

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Nagy Péter

Debrecen

2026

DEBRECENI EGYETEM
GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR

GAZDÁLKODÁS- ÉS SZERVEZÉSTUDOMÁNYOK DOKTORI
ISKOLA

Doktori iskola vezető: **Prof. Dr. Dajnoki Krisztina** egyetemi tanár

A BLOKKLÁNC TERMELÉKENYSÉGI
PARADOXONA: ÉRTÉKTEREMTÉS, SZERVEZETI
BIZALOM ÉS ADAPTÁCIÓS GÁTAK A VÁLLALATI
GYAKORLATBAN

Készítette:

Nagy Péter

Témavezető:

Prof. Dr. Nagy Adrián Szilárd

egyetemi tanár

DEBRECEN

2026

A doktori értekezés betétlapja

A BLOKKLÁNC TERMELÉKENYSÉGI PARADOXONA: ÉRTÉKTEREMTÉS, SZERVEZETI BIZALOM ÉS ADAPTÁCIÓS GÁTAK A VÁLLALATI GYAKORLATBAN

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében

a tudományágban

Írta: okleveles

Készült a Debreceni Egyetem Gazdálkodás- és Szervezéstudományok doktori iskolája
(..... programja) keretében

Témavezető: Dr.

A doktori komplex vizsga bizottság:

elnök: Dr.

tagok: Dr.

Dr.

A doktori komplex vizsga időpontja: 20... .

Az értekezés bírálói:

Dr.

Dr.

Dr.

A bírálóbizottság:

elnök: Dr.

tagok: Dr.

Dr.

Dr.

Dr.

Az értekezés védésének időpontja: 20... .

NYILATKOZAT

Alulírott, Nagy Péter (szül.: Mátészalka, 1995.05.18.) büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírásommal igazolom, hogy a doktori (Ph.D) fokozat megszerzése céljából benyújtott értekezésem kizárólag saját, önálló munkám.

Nyilatkozom továbbá, hogy:

- a Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola szabályzatát megismertem, és az abban foglaltak megtartását magamra nézve kötelezően elismerem;
- a felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, a disszertációra vonatkozó jogszabályokat és rendelkezéseket betartottam;
- a disszertációban található másoktól származó, nyilvánosságra hozott vagy közzé nem tett gondolatok és adatok eredeti lelőhelyét a hivatkozásokban, az irodalomjegyzékben, illetve a felhasznált források között hiánytalanul feltüntettem a mindenkori szerzői jogvédelem figyelembevételével;
- a benyújtott értekezéssel azonos, vagy részben azonos tartalmú értekezést más egyetemen, illetve doktori iskolában nem nyújtottam be tudományos fokozat megszerzése céljából.

Debrecen, 2026.03.23.

Nagy Péter

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	7
1. TÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS.....	10
1.1. A kutatási probléma és a téma tudományos aktualitása.....	10
1.2. A kutatás célkitűzései.....	14
1.3. Kutatási hipotézisek és elméleti levezetésük.....	16
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	19
2.1. A szisztematikus szakirodalmi áttekintés módszertani megalapozása	19
2.2. Bibliometriai elemzés	24
2.3. A blokklánc technológia lehatárolása és jelentősége	28
2.4. A bizalom, adatbiztonság és értékteremtés mechanizmusai blokklánc-alapon	53
2.5. Elméleti modellek a technológiai adaptáció kutatásában	59
2.6. Egyéni elfogadási modellek.....	66
2.7. A blokklánc-technológia vállalati hatásai: empirikus eredmények szintézise.....	72
2.8. Költségcsökkentés, hatékonyság és a blokklánc termelékenység paradoxona	82
3. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN.....	89
3.1. Szisztematikus irodalomkutatás	90
3.2. Nyílt forráskódú adatgyűjtés	90
3.3. Kvantitatív elemzés	92
3.4. Adatelemzési stratégia: A PLS-SEM megközelítés	95
3.5. Kvalitatív elemzés	95
3.6. Mintavételi eljárás és a minta összetétele.....	96
4. EREDMÉNYEK	99
4.1 A szisztematikus szakirodalom-kutatás eredményei (C1-H1).....	99
4.2. OSINT-alapú elemzés eredményei (C2-H2).....	102
4.3. A kvantitatív kutatás eredményei (C3-H3;C4-H4;C5-H5;C6-H6)	105
4.4. A kvalitatív kutatás eredményei (C7-H7;C8-H8).....	119

5. KÖVETKEZTETÉSEK	129
6. AZ ÉRTEKEZÉS FONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSAI, ÚJ ÉS ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI	141
ÖSSZEFOGLALÁS.....	144
SUMMARY	147
IRODALOMJEGYZÉK.....	150
SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE	173
TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	175
ÁBRAJEGYZÉK	176
MELLÉKLETEK	177

BEVEZETÉS

„Az internet első negyven éve az információ internetét hozta el számunkra. Mostantól az érték internete következik. Ez egy olyan elosztott főkönyv, amelyet mindenki láthat, de egyetlen szereplő sem kontrollálhat. Ez a blokklánc, amely alapjaiban írja felül a bizalom fogalmát a globális gazdaságban.”(TAPSCOTT és TAPSCOTT, 2016, p. 4.)

A XXI. század harmadik évtizedének világgazdaságát a negyedik ipari forradalom technológiai vívmányainak exponenciális terjedése és a digitális transzformáció kényszere határozza meg. SCHWAB (2017) iránymutatása szerint a fizikai, a digitális és a biológiai rendszerek fúziója olyan sebességgel alakítja át a termelési láncokat és az üzleti modelleket, amelyre a történelemben nem volt példa. Ezen paradigmaváltás egyik leginkább diszruptív, ugyanakkor legtöbb vitát kiváltó technológiai pillére a blokklánc (Blockchain Technology - BCT), amely a kriptovaluták árnyékából kilépve mára a vállalati versenyképesség potenciális kulcstényezőjévé vált.

A globális gazdasági rendszerek működésének egyik legkölségeőbb eleme a bizalom hiánya és az ebből fakadó tranzakciós súrlódás. NORTH (1990) intézményi közgazdaságtani tézise szerint a gazdasági szereplők jelentős erőforrásokat áldoznak a szerződések betartatására, az ellenőrzésre és a közvetítők finanszírozására. Ez a megállapítás jelenleg is aktuális. A blokklánc-technológia ígérete éppen ebben a dimenzióban a legrelevánsabb: egy olyan decentralizált, megmásíthatatlan és transzparens adatbázis-technológiát kínál, amely képes lehet minimalizálni az ügynökköltségeket és az információaszimmetriát (CASEY és VIGNA, 2018).

Ugyanakkor a technológia vállalati adaptációja korántsem problémamentes. A GARTNER (2023) technológiai érettségi görbéje alapján a blokklánc-megoldások többsége éppen elhagyta a „túlzott elvárások csúcsát”, és belépett a „kiábrándultság völgyébe”, ahol a piaci szereplőknek szembesülniük kell a megvalósítás gyakorlati nehézségeivel. A szakirodalomban egyre gyakrabban azonosítható az úgynevezett „termelékenységi paradoxon” digitális változata: a vállalatok hatalmas összegeket fektetnek a blokklánc-fejlesztésekbe, de a megtérülés és a hatékonyságnövekedés sokszor nem, vagy csak jelentős késéssel jelentkezik (NAGY ET AL., 2025).

A téma aktualitását három, egymással szorosan összefüggő gazdasági és menedzsment-probléma adja, amelyek vizsgálata a hazai tudományos diskurzusban eddig csak részlegesen valósult meg. Elsőként említhető a költség-haszon elemzés paradoxona. Míg a korai elméleti modellek SWAN (2015) a közvetítők kiiktatásából fakadó radikális költségcsökkenést

vizionáltak, addig a gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a technológia implementációs és fenntartási költségei, valamint az energiaigénye gyakran felülmúlják a rövid távú nyereséget. CASATI ET AL. (2024) részben igazolták, hogy a blokklánc nem csupán egy hagyományos technológiai innováció, hanem egy „alapozó technológia”, amelynek valódi értéke csak az ökoszisztéma teljes átalakulásával, évtizedes távlatban realizálódik. Kutatásom egyik központi kérdése, hogy miként oldható fel ez az ellentmondás, és milyen tényezők befolyásolják a tényleges értékteremtést a KKV-k és a nagyvállalatok körében. A második problémakör a bizalom és az adatvezérelt működés kapcsolata. Az Európai Unió digitális stratégiája és a GDPR szabályozás új kihívások elé állította a vállalatokat az adatvagyon kezelése terén. SAMAD ET AL. (2023) kutatásai szerint a blokklánc-technológia képes növelni az ellátási láncok ellenállóképességét és átláthatóságát, ezáltal növelve a fogyasztói bizalmat. Ugyanakkor kérdéses, hogy ez a hatásmechanizmus közvetlen-e, vagy – ahogyan azt a Resource-Based View (RBV) elmélet sugallja – a technológia csak egy erőforrás, amelynek hatását a szervezeti képességek (például az adatintegritás biztosítása) közvetítik. A harmadik, és a hazai gazdaság szempontjából talán legkritikusabb terület a Kis- és Középvállalkozások adaptációs képessége. Míg a multinacionális nagyvállalatok kísérleti, részleges, vagy teljes körűen bevezetett projektjei dominálják a híreket, a KKV szektor technológiai lemaradása kockázatot jelent a beszállítói láncokba való integrálódásukra (JACKSON & ALLEN, 2024; CHOTIA ET AL., 2025). A nemzetközi szakirodalomban számos modell (TOE, TAM, UTAUT) vizsgálja az adaptációs gátaikat, azonban a közép-kelet-európai régióra, és specifikusan Magyarországra vonatkozó kutatás jelenleg hiányzik (WONG ET AL., 2020).

A BCT az elmúlt években túllépett a kísérleti fázison, és a globális gazdaság stratégiai jelentőségű technológiává vált. Ezt a folyamatot a piaci előrejelzések és a vállalati beruházások volumene is igazolja. A FORTUNE BUSINESS INSIGHTS (2023) legfrissebb jelentése szerint a globális blokklánc-technológiai piac mérete a 2023-as értékekről dinamikusan növekszik, és az előrejelzések szerint 2030-ra eléri a 469,49 milliárd dollárt. Ezt a növekedési trendet támasztják alá a STATISTA (2023) adatai is, amelyek a blokklánc-megoldásokra fordított világméretű kiadások folyamatos emelkedését mutatják a 2017–2024-es időszakban, jelezve a technológia iparági integrációjának mélyülését. A beruházások szerkezete azonban átalakulóban van. Míg korábban a technológiai infrastruktúra kiépítése dominált, a legújabb kutatások szerint a vállalatok ma már a profitabilitásra és a konkrét üzleti értékteremtésre fókuszálnak. GÜRPINAR ET AL. (2025) rámutatnak, hogy a vállalati blokklánc-projektek költségszerkezete jelentősen megváltozott: a fejlesztési és licenccdíjak mellett a tanácsadási, képzési és működési költségek váltak a megtérülés kritikus tényezőivé. Ezzel párhuzamosan a

nagyvállalati szektorban a technológia már nem csupán IT-beruházásként, hanem stratégiai erőforrásként jelenik meg, amelynek célja a működési hatékonyság növelése és a tranzakciós költségek csökkentése, bár a bevezetési költségek rövid távon gyakran meghaladják a realizált megtakarításokat (NAGY ET AL., 2025)

A kutatás relevanciáját adja, hogy a blokklánc-technológia ma már nemcsak a pénzügyi szektor kiváltsága, hanem az ipari termelés, az egészségügy és az államigazgatás területén is megjelent. A vállalatok hatalmas összegeket fektetnek a blokklánc-technológiába abban a reményben, hogy az kiiktatja a közvetítőket és drasztikusan lecsökkenti a tranzakciós költségeket. A valóságban azonban ez az azonnali haszon sokszor elmarad, sőt, a bevezetés és az üzemeltetés nagyon drága és bonyolult. Ezt a jelenséget a dolgozat „blokklánc termelékenységi paradoxonának” nevezi. Ezzel párhuzamosan hatalmas a technológiai szakadék: míg a multik és az IT cégek gőzerővel fejlesztenek, a hazai kis- és középvállalkozások súlyos lemaradásban vannak az új rendszerek alkalmazásában.

A fentiek alapján a következő kérdésekre keresem a választ:

- Van-e gyakorlati értelme? Valóban teremti-e üzleti értéket a blokklánc, vagy az egész csak egy túlhúzott technológiai divathullám (hype)?
- Hogyan térül meg? Ha van haszna, az pontosan miként jelentkezik a nagyvállalatoknál (pl. a logisztikában vagy az ügyfélkapcsolatokban), és mi oldja fel a költségek és hasznok paradoxonát?
- Mi a baj a hazai KKV-kkal? Miért utasítják el a magyar kkv-k a blokklánc bevezetését, mik a valós (kognitív vagy pénzügyi) akadályok, és mi venné rá őket a használatára?

A disszertáció célja tehát, hogy kevert módszertan segítségével, lehámozza a blokklánc körüli technológiai divathullám rétegeit, és bemutassa a nyers vállalati valóságot. Válaszaimmal nemcsak a tudományos közösségnek, hanem a digitális transzformáció sűrűjében iránymutatást kereső hazai cégvezetőknek is szeretném megmutatni: mikor jelent a blokklánc valódi, mérhető versenyelőnyt, és mikor csupán egy drága, felesleges illúziót.

1. TÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

1.1. A kutatási probléma és a téma tudományos aktualitása

Jelen alfejezet célja, hogy bemutassa az értekezés fókuszában álló kutatási probléma elméleti és gyakorlati relevanciáját, valamint rávilágítson a témakör tudományos időszerűségére. A blokklánc-technológia vállalati alkalmazása körül kialakult ellentmondások és a termelékenységi paradoxon megértéséhez elengedhetetlen a jelenség tágabb keretekbe ágyazása. Ennek megfelelően a témafelvetés a globális makrogazdasági és technológiai hajtóerők bemutatásától deduktív módon halad a specifikus nagyvállalati, illetve hazai KKV-szintű kihívások felé.

1.1.1. Makrogazdasági és technológiai kontextus

A globális gazdaságban zajló digitális transzformáció ma már nem csupán a hatékonyságnövelés opcionális eszköze, hanem a vállalati túlélés, a fenntartható növekedés és a nemzetközi versenyképesség megőrzésének stratégiai kényszere (BHATIA ET AL., 2024; DADSENA ET AL., 2024). Ezen technológiai evolúció – amely magában foglalja a Mesterséges Intelligenciát (AI), a Dolgok Internetét (IoT) és a Big Data analitikát – egyik legígéretesebb, ám tudományos és gyakorlati szempontból mindmáig vitatott eleme a Blokklánc Technológia.

A technológia, amely NAKAMOTO (2008) úttörő munkássága óta kilépett a kriptovaluták árnyékából, mára a vállalati értékteremtés potenciális adatkezelési és automatizációs technológiájává vált (IANSITI & LAKHANI, 2017). A szakirodalmi diskurzusban a blokkláncot gyakran a „bizalom új protokolljaként” aposztrofálják, amely képes alapjaiban átírni a gazdasági tranzakciók évszázados logikáját (TAPSCOTT & TAPSCOTT, 2016). A hagyományos intézményi közgazdaságtan szerint a gazdasági cserefolyamatok jelentős tranzakciós költségekkel járnak, amelyek a bizalom hiányából, az információs aszimmetriából és a szerződések betartatásának kényszeréből fakadnak. A vállalatok ezen súrlódások csökkentése érdekében bonyolult hierarchiákat és közvetítő rendszereket tartanak fenn – bankokat, könyvvizsgálókat, ellenőröket, jogászokat –, ami növeli a működési költségeket és lassítja az üzleti folyamatokat (NORTH, 1990).

A blokklánc-technológia ígérete éppen ebben a dimenzióban a legmeghatározóbb: egy olyan decentralizált, megosztott főkönyvi technológiát (Distributed Ledger Technology – DLT) kínál, amely a kriptográfiai eljárások és a konszenzus-mechanizmusok révén garantálja az adatok megmásíthatatlanságát és a folyamatok transzparenciáját (SWAN, 2015). Elméleti síkon ez a

„bizalom nélküli bizalom” (trustless trust) állapota lehetővé tenné a közvetítők teljes kiiktatását, az okosszerződések általi automatizációt és a tranzakciós költségek radikális minimalizálását (BISWAS & GUPTA, 2019; NAGY, 2025; PATHAK ET AL., 2025).

1.1.2. A „Blokklánc Termelékenységi Paradoxon” és a kutatási rés

A fenti elméleti várakozásokkal szemben azonban a kutatásom központi problémafelvetése a szakirodalomban és a vállalati gyakorlatban egyaránt tapasztalható éles ellentmondás, amelyet a szakmai diskurzus gyakran a „Költség-Haszon Paradoxonaként” vagy „Termelékenységi Paradoxonként” azonosít (CASEY & VIGNA, 2018; BALCI & SURUCU-BALCI, 2021, LI ET AL., 2021). Míg a technológiai korai adaptációs modellek a költségek drasztikus csökkenését vizionálták, addig a legfrissebb empirikus kutatások – köztük saját előzetes vizsgálataim is (OLADEJO ET AL., 2021; CHITTIPAKA ET AL., 2023; NAGY & NAGY, 2024; NAGY et al., 2025; YANG ET AL., 2025) – sokkal árnyaltabb, sőt, helyenként szkeptikus képet festenek.

KOUHIZADEH ET AL. (2021), NAGY (2025), valamint GÜRPINAR ET AL. (2025) szerint a gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a technológia bevezetése gyakran növeli a működési komplexitást, jelentős implementációs és fenntartási költségekkel jár, a magas energiaigény és a szakemberhiány pedig további terheket ró a szervezetekre. Ami még kritikusabb: a pénzügyi megtérülés nem közvetlenül, vagy csak jelentős időbeli késéssel, közvetett módon jelentkezik. Ez a jelenség szoros párhuzamba állítható a Solow-féle termelékenységi paradoxonnal (A számítógépek mindenhol ott vannak, kivéve a termelékenységi statisztikákban), amely most a blokklánc kapcsán éled újjá: a vállalatok hatalmas összegeket fektetnek a fejlesztésekbe, de a makrogazdasági vagy vállalati szintű hatékonyságnövekedés statisztikailag nehezen kimutatható, vagy nem a várt területeken jelentkezik, pl.: adminisztráció helyett logisztika (BRYNJOLFSSON, 1993, HASSAN ET AL., 2023). Mi okozza ezt a törést az elmélet és a gyakorlat között? A válasz az adatok minőségében és a bizalom mechanizmusában keresendő. A blokkláncot gyakran tévesen egy önműködő „bizalomgépként” kezelik, holott az pusztán egy hordozó közeg. Megmásíthatatlanná teszi a rögzített adatokat, de azok valóságtartalmát nem képes ellenőrizni (BIANCONE ET AL., 2025).

A kutatási probléma gyökere véleményem szerint abban rejlik, hogy a szakirodalomban a TOE-TAM modellek kerültek túlsúlyba és a szakirodalom eddig nem kezelte megfelelően a Resource-Based View (RBV) elméletének relevanciáját a blokklánc-kutatásokban. BARNEY, (1991) erőforrás-alapú elmélete szerint az informatikai eszközök önmagukban nem, csak a

kiegészítő szervezeti képességekkel ötvözve képesek fenntartható versenyelőnyt generálni. QUEIROZ & WAMBA (2019) kutatása felveti, hogy a blokklánc hatékonysága függ a meglévő IT-infrastruktúra fejlettségétől és a szervezeti kultúrától, azonban ennek empirikus bizonyítása, különösen európai kontextusban, még kezdeti fázisban jár.

A tudományos aktualitást tovább erősíti a bizalom és az adatvezérelt működés közötti kapcsolatrendszer átalakulása. A modern ellátási láncok komplexitása és a fogyasztói elvárások változása (pl. etikus beszerzés, nyomon követhetőség) új kihívások elé állítja a vállalatokat. LIAO ET AL. (2025) és ABUGHAZALEH & ABDELRAHIM (2021) kutatásai rámutatnak, hogy a blokklánc nem önmagában teremt értéket, hanem azáltal, hogy garantálja az adatintegritást. Bár a blokkláncot gyakran „bizalomgépként” vagy „trustless” technológiaként emlegetik, a szakirodalomban hiányos a bizalomteremtés pontos hatásmechanizmusának empirikus modellezése. GARAUS & TREIBLMAIER (2021) és ABUGHAZALEH & ABDELRAHIM (2021) szerint a technológia és az üzleti teljesítmény (pl. ügyfélkapcsolat-kezelés, logisztikai hatékonyság) közötti kapcsolat nem minden esetben közvetlen, hanem látens változók, mint az adatintegritás és a fogyasztói bizalom közvetíthetik.

A meglévő kutatások gyakran feltételezik, hogy a blokklánc automatikusan bizalmat generál, de nem vizsgálják empirikusan (pl. PLS-SEM módszerrel) a mediáló hatásokat (RIEDEL, 2024; RIEDL ET AL., 2024)

A kutatásom egyik legfontosabb kérdése, hogy ez a hatásmechanizmus közvetlen-e, vagy mediált. A szakirodalomban hiányzik az a komplex, vállalati szintű hatásvizsgálat, amely empirikus úton, strukturális modellezéssel tárná fel, hogy a technológia miként transzformálható valós üzleti értéké – különösen az adminisztrációs költségek, logisztika, a tranzakciós biztonság és az ügyfélkapcsolat-kezelés dimenzióiban.

Különösen kritikus hiányosság az „Oracle-probléma” és a „Garbage In, Garbage Out” (GIGO) jelenség menedzsment-szemponthú kezelése. A szakirodalom technikai megoldásokat kínál (pl.: IoT integráció), de kevés tanulmány vizsgálja, hogy a szervezeti bizalom hogyan változik, ha a fizikai és digitális világ közötti adatkapcsolat nem hiteles (DANESE & ROMANO, 2025). Feltételezésem szerint a technológia csak egy "hordozó", amelynek hatását a bizalom és az adatintegritás közvetíti: ha a rendszerbe "szemét" kerül, a blokklánc csak megmásíthatatlanná teszi a hibát, de nem növeli a biztonságot. Ennek a finommechanikai összefüggésnek a feltárása hiánypótló a menedzsmenttudományban.

1.1.3. A KKV szektor technológiai szakadéka és a hazai ökoszisztéma

A kutatás társadalmi és gazdasági relevanciáját különösen indokolja a hazai és európai KKV-k sajátos, sokszor hátrányos helyzete. Míg a multinacionális nagyvállalatok esetében az erőforrások bősége és a K+F kapacitások lehetővé teszik a kísérletezést, a KKV szektorban a blokklánc-adaptáció egzisztenciális kérdés lehet. A hazai és nemzetközi szakirodalom (NURYEV ET AL., 2020; KERESZTES ET AL., 2022; POPOVICSNÉ, 2022; ALIMOHAMMADLOU & ALINEJAD, 2025) egyaránt rámutat, hogy a KKV-k technológiai lemaradása kockázatot jelent a globális értékláncokba való integrálódásukra.

Ugyanakkor a közép-kelet-európai régióra vonatkozóan kevés vizsgálat készült, amely feltárná az adaptációt gátló specifikus tényezőket. A szakirodalom gyakran a magas költségeket jelöli meg fő akadályként, azonban a Technology Readiness Index (TRI) és a Technológia Elfogadási Modell (TAM) pszichológiai megközelítése alapján feltételezhető, hogy a döntéshozói attitűdök – mint a technológiai tudatosság hiánya, a bizonytalanság, és a vélt hasznosság alacsony szintje – legalább olyan fontos, ha nem fontosabb szerepet játszanak (DAVIS, 1989, PARASURAMAN, 2000).

A téma aktualitását a hazai blokklánc-ökoszisztéma feltérképezetlensége is adja. Míg nemzetközi szinten számos tanulmány vizsgálja a technológia térbeli diffúzióját, Magyarországon hiányzik egy átfogó nyilvántartás. 2019-ben az akkori releváns források alapján KALOCSAI & KALOCSAI (2019) elkészítette a Magyar Blokklánc Térképet, de azóta jelentősen változott a piaci és technológiai környezet. A hivatalos statisztikai nomenklatúrák (TEÁOR) nem követik le a technológiai innovációt, így a "blokklánc-vállalkozások" láthatatlanok maradnak a hagyományos adatgyűjtés számára. Ennek hiányában a gazdaságpolitikai döntéshozók és a piaci szereplők is „vakon repülnek”, nem látva a hazai innovációs potenciál valós térbeli és funkcionális szerkezetét. A nemzetközi irodalomban is ritka az olyan kutatás, amely a nyílt forrású hírszerzést (OSINT), a munkaerőpiaci adatok (pl.: álláshirdetések) és médiaforrások elemzését kombinálná a pénzügyi beszámolók adataival a valós piaci szereplők azonosítására.

Megállapítható, hogy a blokklánc-technológia vállalati alkalmazásának kutatása túllépett a technikai megvalósíthatóság kérdéskörén, és a menedzsmenttudományok komplex problémájává vált. A jelenlegi tudományos diskurzusban azonosítható kutatási rés a technológia költség-haszon profiljának tisztázását, a bizalomteremtő mechanizmusok empirikus modellezését, valamint a KKV szektor specifikus kognitív és szervezeti korlátainak feltárását igényli.

1.2. A kutatás célkitűzései

A fent vázolt ellentmondások – a termelékenységi paradoxon, az adatintegritás kihívásai és a hazai KKV-k láthatatlan küzdelme – egyértelművé teszik: a blokklánc vállalati alkalmazását nem lehet tisztán informatikai kérdésként kezelni. A disszertáció célrendszerét ezért szigorú deduktív logikával építettem fel, amely a makroszintű elmélettől halad a hazai mikroszintű valóság felé. A kutatás három, egymásra épülő pilléren nyugszik: (1) a nemzetközi szakirodalom ellentmondásainak szintetizálása, (2) a technológia valós hatásainak mérése az európai nagyvállalatoknál, és (3) a technológiai szakadék okainak feltárása a magyar KKV-szektorban. E három pillér mentén összesen nyolc (C1-C8) specifikus célkitűzést fogalmaztam meg, melyekből a kutatás nyolc alapvető hipotézisét (H1-H8) vezettem le.

1.2.1. Szekunder kutatási célok és elméleti keretrendszer

Az elsődleges cél a technológia gazdasági természetének tisztázása és a szakirodalomban fellelhető ellentmondások rendszerezése a nemzetközi szakirodalom alapján.

- *C1 - Célkitűzés:* A blokklánc technológia vállalati értékteremtési mechanizmusainak rendszerezése és egy vállalat-elméleti lehatárolás megalkotása szisztematikus szakirodalom-elemzés (PRISMA) alapján.

Céлом a PRISMA-módszertan alkalmazásával feltárni, hogy a 2015–2026 közötti tudományos diskurzusban milyen hasznosító faktorok jelennek meg, és ezekből egy egységes, vállalati döntéshozatali támogató szintézist alkossak.

- *C2 - Célkitűzés:* A hazai blokklánc-ökoszisztéma térbeli szerkezetének és szektorális megoszlásának feltárása, valamint a szereplők tevékenységét tipizáló funkcionális klaszter-modell megalkotása a teljesség igénye nélkül.

A módszer elveti a hagyományos cégadatbázisok (pl. OPTEN, e-beszámoló) kizárólagos használatát, mivel azok nem detektálják az operatív technológiai integrációt. Ehelyett a kutatás háromszintű digitális OSINT-lábnymelemzésre (média, munkaerőpiaci igények és éves pénzügyi beszámolók vizsgálata) épít. A célkitűzés nem a hazai szereplők teljes körű azonosítására irányul, hanem arra, hogy empirikus bizonyítékot szolgáltatasson a technológia közvetlen hazai jelenlétére és tényleges alkalmazására.

1.2.2. Primer kutatás – Nagyvállalati értékteremtés modellje

A második szinten az európai nagyvállalatok – az Európai Bizottság által meghatározott keretrendszer alapján - tükrében vizsgálom a technológia valós teljesítményhatásait, különös tekintettel a közvetlen és közvetett hatások szétválasztására.

- *C3 - Célkitűzés:* A technológia logisztikai folyamatokra gyakorolt hatásának mérése nagyvállalati környezetben.

Annak empirikus vizsgálata, hogy a technológia (pl.: megosztott főkönyv és az átláthatóság) valóban csökkenti-e a nyomon követési időt és az adminisztratív terheket az ellátási láncban, igazolva a technológia operatív hatékonyságát.

- *C4 - Célkitűzés:* A tranzakciós biztonság és a technológia kapcsolatának feltárása.

A szakirodalom gyakran axiómaként kezeli a blokklánc biztonságosságát. Céлом statisztikailag bizonyítani, hogy ez a biztonság nem automatikus következmény, hanem az adatintegritás meglétének és minőségének függvénye.

- *C5 - Célkitűzés:* Az ügyfélkapcsolatok (CRM) és a technológia közötti összefüggések vizsgálata.

Céлом feltárni, hogy a technológiai háttér hogyan transzformálható mérhető ügyfélélménnyé, és ebben milyen szerepet játszik a fogyasztói bizalom, mint közvetítő változó.

- *C6 - Célkitűzés:* A vállalati digitalizáltság moderátor szerepének vizsgálata a technológia hasznosulásában.

Annak bizonyítása, hogy a magasabb digitális érettség felerősíti a blokklánc pozitív hatásait, míg az alacsony érettség gátolja a megtérülést.

1.2.3. Primer kutatás – A KKV szektor adaptációs korlátai

A harmadik szinten a hazai KKV-k technológiai elmaradásának okait kutatom, ötvözve a szervezeti (TOE) és az egyéni (TRI, TAM, UTAUT) döntéshozatali modelleket.

- *C7 - Célkitűzés:* A technológiai adaptációt gátló legfőbb akadályok azonosítása a hazai KKV szektorban, különös tekintettel a technológiai felkészültség és a vélt hasznosság szerepére.

Annak tisztázása, hogy a pénzügyi korlátok vagy a kognitív akadályok (tudáshiány, bizalmatlanság) dominálnak-e a hazai piacon.

- *C8 - Célkitűzés:* Az adaptációs szándék külső és belső mozgatórugóinak elkülönítése.

Annak vizsgálata, hogy a cégek belső innovációs kényszerből (proaktív stratégia), vagy a piaci környezet – partnerek, versenytársak – nyomására (reaktív, kényszer szülte stratégia) nyitnak-e a technológia felé.

1.3. Kutatási hipotézisek és elméleti levezetésük

A fenti célkitűzésekhez kapcsolódóan nyolc hipotézist fogalmaztam meg, melyeket a szakirodalmi előzményekből és a feltárt kutatási résekből vezettem le.

C1->H1 - Hipotézis: A blokklánc-technológia vállalati szinten nem diszruptív költségcsökkentő eszközként, hanem alapozó technológiaként viselkedik, amelynek gazdasági előnyei (költséghatékonyság) csak az adatintegritás és a szervezeti bizalom, mint közvetítő változók megléte esetén realizálódnak.

- Elméleti levezetés: IANSITI & LAKHANI (2017), BISWAS & GUPTA (2019) és LI ET AL. (2021), valamint GÜRPINAR ET AL. (2025) elméletei szerint az alapozó technológiák (mint az internet vagy a TCP/IP) bevezetése kezdetben magas költséggel és szervezeti átalakítással jár. Az értékteremtés feltétele az új intézményi struktúrák kiépülése, ami magyarázza a „költség-paradoxont” és a közvetlen megtérülés hiányát a korai szakaszban.

C2->H2 Hipotézis: A hazai blokklánc-piacon a mezőgazdasági, logisztikai és kiskereskedelmi szereplők blokklánc-alkalmazása azonos mértékben van jelen, mint az informatikai, pénzügyi cégeké és kutatóintézeteké.

- Elméleti levezetés: Bár a nemzetközi szakirodalom alapján a mezőgazdasági, logisztikai és kiskereskedelmi szektorokban globálisan egyre dinamikusabban növekszik a technológia üzleti folyamatokba történő integrációja (KAMILARIS ET AL., 2019; WONG ET AL., 2020), a hipotézis arra keresi a választ, hogy ez az ágazati kiegyenlítődés a hazai ökoszisztémában is megjelent-e már, vagy továbbra is a technológiai fókuszú szektorok dominálnak.

C3->H3 Hipotézis: A blokklánc-technológia alkalmazása közvetlen és szignifikáns pozitív hatást gyakorol a nagyvállalatok logisztikai hatékonyságára (átláthatóság, nyomon követhetőség).

- Elméleti levezetés: WANG & YANG (2022) és SABERI ET AL. (2019) kutatásai empirikusan igazolták, hogy az ellátási láncokban a valós idejű adatmegosztás és a közös főkönyv használata azonnal csökkenti az információs aszimmetriát és a koordinációs költségeket. Ezen a területen – ellentétben a pénzügyi vagy adminisztratív funkciókkal – a technológia hatása közvetlenül érvényesül.

C4->H4 Hipotézis: A blokklánc-technológia tranzakciós biztonságra gyakorolt hatása nem közvetlen, hanem kizárólag a megnövekedett adatintegritáson keresztül érvényesül.

- Elméleti levezetés: ALI ET AL. (2024) és LIAO ET AL. (2025) szerint a technológia önmagában csak egy eszköz; a biztonság érzete abból fakad, hogy az adatokat nem lehet manipulálni. Ha az adatintegritás nem biztosított a beviteli oldalon, akkor a technológia pusztá megléte nem növeli a tranzakciós biztonságot.

C5->H5 Hipotézis: A technológiai adaptáció és az ügyfélkapcsolati teljesítmény (CRM) között nincs közvetlen kapcsolat; a pozitív hatást teljes mértékben a megnövekedett fogyasztói bizalom közvetíti.

- Elméleti levezetés: ABUGHAZALEH és ABDELRAHIM (2021) kutatása alapján a végfelhasználót nem a technikai háttér (a blokklánc mint adatbázis) érdekli, hanem az általa garantált transzparencia és etikus működés. Így a CRM teljesítmény csak akkor javul, ha a technológiai előnyöket a vállalat sikeresen konvertálja fogyasztói bizalommmá.

C6->H6 Hipotézis: A szervezet meglévő digitális érettsége szignifikáns moderátor hatással bír: magasabb érettségi szint esetén a technológia logisztikai hatékonyságra gyakorolt pozitív ereje felerősödik.

- Elméleti levezetés: JACKSON & ALLEN (2024) és AN ET AL. (2024) kutatása alapján a technológiai kompetencia (TRI) kulcsfontosságú a komplex rendszerek integrációjánál. Alacsony digitális érettség esetén a blokklánc bevezetése zavarokat okozhat ("technológiai sokk"), míg érett rendszereknél szinergiát teremt.

C7->H7 Hipotézis: A hazai KKV szektorban a blokklánc-adaptáció elsődleges gátja nem a technológiai komplexitás vagy a költség, hanem a technológiai tudatosság hiánya és a vélt üzleti hasznosság alacsony szintje.

- Elméleti levezetés: PARASURAMAN (2000) TRI modellje és LIN ET AL. (2007) kutatásai rávilágítanak, hogy a kognitív akadályok – azaz, hogy a döntéshozók nem

értik, mire jó a technológia – gyakran erősebbek a pénzügyi korlátoknál a korai adaptációs szakaszban. A "nem tudás" költségesebb, mint maga a technológia.

C8->H8 Hipotézis: A KKV-k blokklánc-használati szándékát erősebben befolyásolja a külső környezeti nyomás (versenytársak, partnerek elvárása), mint a belső szervezeti innovációs hajlandóság.

- Elméleti levezetés: Az intézményi elmélet és OLIVEIRA ET AL. (2014) szerint a KKV-k gyakran reaktív magatartást követnek, és csak akkor lépnek, ha a piac, a szabályozók vagy a domináns partnerek (kényszerítő izomorfizmus) rákényszerítik őket.

A disszertáció koherenciájának és módszertani átláthatóságának biztosítása érdekében az 1. táblázat foglalja össze a célkitűzések, a kutatási hipotézisek, a vizsgált változók és az alkalmazott módszertani eszközök közötti szerves, logikai kapcsolatot.

1. táblázat: A kutatás célkitűzéseinek, hipotéziseinek és módszereinek összefoglalása

Célkitűzés (C)	Kutatási Hipotézis (H)	Vizsgált változók / Fókuszterület	Alkalmazott Módszertan
C1 – Költség-haszon keretrendszer	H1 – Alapozó technológia jelleg	Költségszerkezet, Megtérülés, Értékteremtés	PRISMA, Szekunder elemzés
C2 – Hazai ökoszisztéma térkép	H2 – Hazai alkalmazók	Blokklánc technológia megléte, szektorok súlya	OSINT és Klaszteranalízis
C3 – Logisztikai hatásmérés	H3 – Közvetlen pozitív hatás	Logisztikai hatékonyság, Nyomon követhetőség	PLS-SEM
C4 – Biztonsági összefüggések	H4 – Adatintegritás általi mediáció	Tranzakciós biztonság, Adatintegritás	PLS-SEM
C5 – Ügyfélkapcsolatok	H5 – Bizalom általi mediáció	CRM teljesítmény, Fogyasztói bizalom	PLS-SEM
C6 – Digitális érettség szerepe	H6 – Moderátor hatás	Digitális érettség, Implementációs siker	PLS-SEM
C7 – KKV adaptációs gátak	H7 – Tudatosság vs. Költség	Tudatosság, Észlelt hasznosság	Kvalitatív mélyinterjú és tartalomelemzés
C8 – Adaptációs szándék	H8 – Külső nyomás dominanciája	Használati szándék, Környezeti nyomás	Kvalitatív mélyinterjú és tartalomelemzés

Forrás: Saját szerkesztés

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A szisztematikus szakirodalmi áttekintés módszertani megalapozása

A blokklánc technológia, az elosztott főkönyvi technológiák és az okosszerződések vállalati fókuszú adaptációjának vizsgálata az elmúlt években exponenciálisan növekvő, ugyanakkor rendkívül fragmentált kutatási területté vált. Bár a technológia potenciális hatása széles körben elismert, az implementációt gátló és ösztönző tényezők, valamint a költség-haszon elemzések szervezeti szintű szintetizálása hiányos. Ennek a kutatási űrnek az azonosítása és a disszertáció elméleti, valamint empirikus modelljének megalapozása érdekében jelen kutatás egy szisztematikus szakirodalmi áttekintésre épül. A transzparencia, a reprodukálhatóság és a tudományos megbízhatóság maximális biztosítása érdekében a szakirodalmi bázis összeállítása a PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) protokoll 2020-as, frissített irányelveinek szigorú követésével történt (PAGE ET AL., 2021). A szisztematikus irodalomkutatás előnye a hagyományos narratív összefoglalókkal szemben, hogy a kutatási eredmények aggregálása révén olyan összetett, interdiszciplináris kérdések megválaszolását teszi lehetővé, amelyek a torzítások minimalizálásával rajzolják fel az aktuális tudáshalmaz határait (TRANFIELD ET AL., 2003; SNYDER, 2019).

2.1.1. Adatgyűjtés és keresési stratégia

A releváns tudományos közlemények felkutatásához két globálisan elismert, a legmagasabb tudományos minőséget garantáló, interdiszciplináris adatbázist alkalmaztam: a Scopus és a Web of Science (WoS) Core Collection adatbázisokat. Ezen adatbázisok választását a magas impakt faktorral rendelkező, lektorált folyóiratok széleskörű lefedettsége, valamint az üzleti, menedzsment és informatikai tudományágak metszéspontjában lévő tanulmányok magas indexálása indokolta. A keresési karakterlánc megalkotása során egy háromdimenziós, Boole-algebrára (AND, OR) épülő keresési mátrixot hoztam létre, a korábbi – disszertációhoz köthető – kutatási munkáim nyomán. Ez a struktúra biztosította, hogy a kapott találatok kizárólag a kutatási kérdések szempontjából releváns metszeteket fedjék le:

1. **Technológiai dimenzió:** A technológia alapvető formáit azonosító kulcsszavak ("blockchain", "DLT", "smart contract*").
2. **Üzleti és kimeneti dimenzió:** A vállalati adaptációra, a kkv-szektorra (SME), az ellátási láncokra és a teljesítménymutatókra (költség-haszon, hatékonyság) fókuszáló fogalmak.

3. **Elméleti és akadémiai dimenzió:** A technológiaelfogadást és szervezeti viselkedést magyarázó domináns elméleti keretrendszerek – mint a Technológia-Szervezet-Környezet (TOE), a Technológiaelfogadási Modell (TAM), a Technológiaelfogadás és -használat Egységesített Elmélete (UTAUT), valamint az Erőforrás-alapú Vállalatelmélet (RBV) –, kiegészítve a bizalom és a gátló tényezők fogalmaival.

A Scopus és a WoS adatbázisok keresőmotorjainak szintaktikai sajátosságaihoz igazodva a lekérdezések a "Cím-Absztrakt-Kulcsszavak" (TITLE-ABS-KEY, illetve Topic) mezőkre korlátozódtak. Az 2. táblázat foglalja össze az alkalmazott keresési stratégiát és a szűrési paramétereket. A részletes keresési string a 1. és 2. számú mellékletben található.

2. táblázat: Adatbázisok és alkalmazott keresési paraméterek

Paraméter	Scopus keresési protokoll	Web of Science keresési protokoll
Keresési mező	TITLE-ABS-KEY	Topic
Keresési String	("blockchain" OR "distributed ledger technology" OR "DLT" OR "smart contract*") AND ("adoption" OR "implementation" OR "business value" OR "supply chain" OR "SME" OR "small and medium enterprise*" OR "cost-benefit" OR "efficiency") AND ("TOE" OR "technology-organization-environment" OR "TAM" OR "technology acceptance model" OR "UTAUT" OR "resource-based view" OR "RBV" OR "trust" OR "barrier*")	("blockchain" OR "distributed ledger technology" OR "DLT" OR "smart contract*") AND ("adoption" OR "implementation" OR "business value" OR "supply chain" OR "SME" OR "small and medium enterprise*" OR "cost-benefit" OR "efficiency") AND ("TOE" OR "technology-organization-environment" OR "TAM" OR "technology acceptance model" OR "UTAUT" OR "resource-based view" OR "RBV" OR "trust" OR "barrier*")
Időintervallum	2015 – 2026	2015 – 2026
Dokumentum típusa	Article (ar), Review (re)	Article, Review Article
Nyelv	English	English
Finomhangolás	Csak a technológiai (kriptográfiai) kifejezések kizárása indirekt módon a menedzsment kulcsszavak révén	Szűrés a "Refine Results" panelen a menedzsment és gazdaságtudományi fókusz biztosítására
Hozzáférés	All Open Access, Final Publication Stage	All Open Access

Forrás: Saját szerkesztés

A technológia dinamikus fejlődésére és a tudományos diskurzus gyors avulási idejére való tekintettel a keresési intervallumot a 2015 és 2026 közötti időre került szűkítésre. A kutatás aktualitásának és a legfrissebb tudományos eredmények integrálásának biztosítása érdekében az adatbázisok lekérdezése longitudinális, iteratív módon történt. Az elsődleges adatgyűjtést

(2024. december 5.) követően a keresési protokoll 2025. szeptember 7-én, majd a végleges kutatási adatbázis lezárásakor, 2026. január 10-én is megismétlésre került. Az iteratív keresés eredményeként a WoS adatbázisból 2142, míg a Scopus adatbázisból 1848, összesen 3990 nyers találatot rögzítettem.

3. táblázat: A szakirodalmi kutatás során alkalmazott keresési karakterláncok és célkitűzések összefüggései

Fogalmi Pillér	Keresési Kulcsszavak	Kapcsolódó Célkitűzés
1. Technológia	("blockchain" OR "distributed ledger technology" OR "DLT" OR "smart contracts")	C1, C2, C4, C5
2. Üzleti Hatás	AND ("adoption" OR "acceptance" OR "business value" OR "cost efficiency" OR "supply chain" OR "SME")	C1, C2, C3, C7, C5
3. Elméleti Keret	AND ("TOE framework" OR "TAM" OR "UTAUT" OR "Resource-Based View" OR "technology readiness")	C1, C6, C7, C8

Forrás: Saját szerkesztés

2.1.2. Kiválasztási és kizárási kritériumok

A megfelelő tudományos fókusz megtartása érdekében szigorú beválasztási (Inclusion Criteria – IC) és kizárási kritériumokat (Exclusion Criteria – EC) határoztam meg. Ezen kritériumok hivatottak biztosítani, hogy a végső elemzésbe csak a legrelevánsabb, a disszertáció elméleti modelljéhez szervesen kapcsolódó szakirodalmak kerüljenek be. A kritériumrendszert a 4. táblázat foglalja össze.

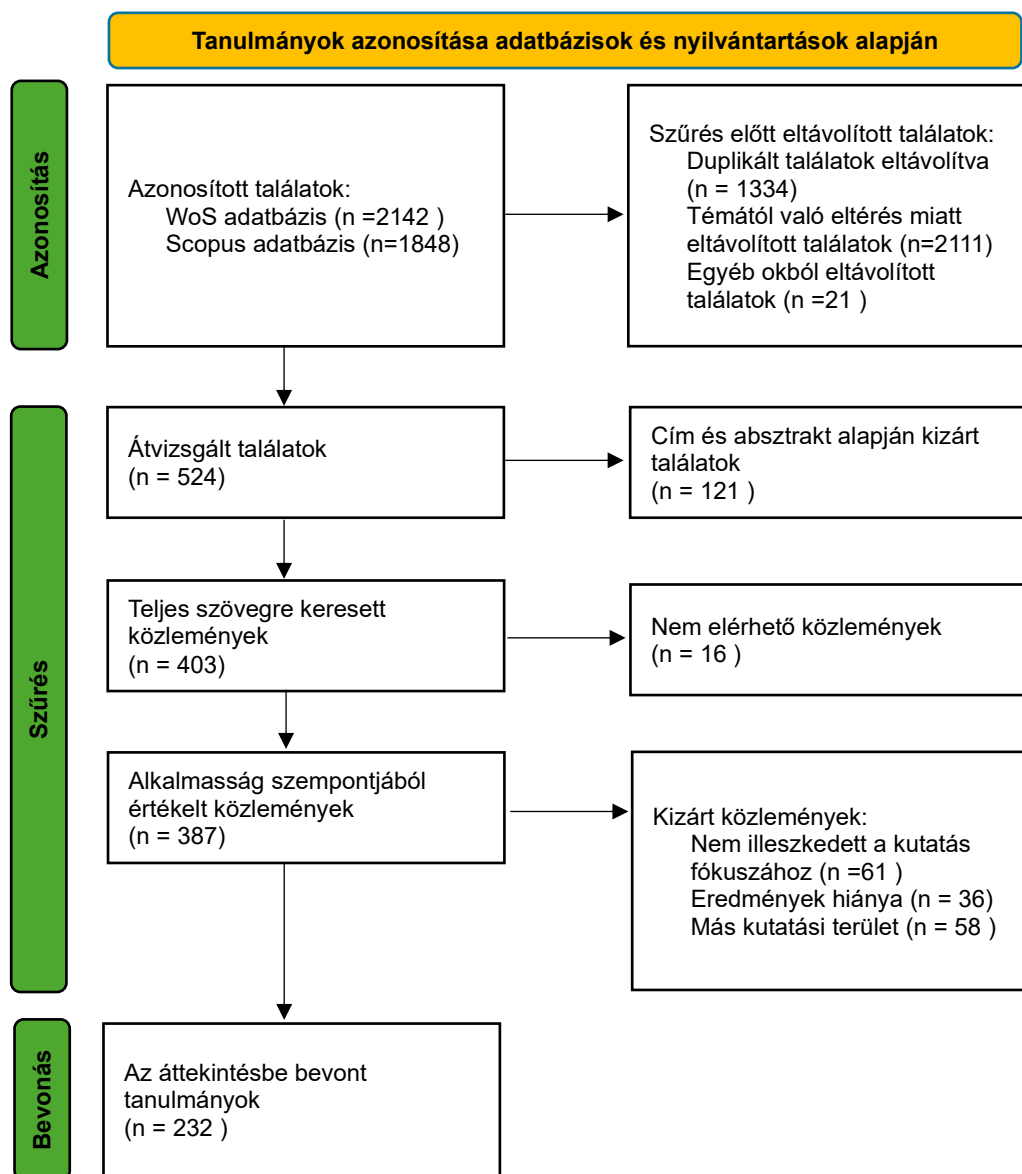
4. táblázat: Szisztematikus szakirodalmi beválasztási és kizárási kritériumok

Kód	Kritérium megnevezése és leírása
IC1	Elméleti fókusz: A tanulmány empirikus vagy elméleti úton vizsgálja a blokklánc technológia adaptációját, előnyben részesültek a releváns elméleti keretrendszerek (TOE, TAM, UTAUT, RBV) alkalmazása.
IC2	Tematikus fókusz: A kutatás középpontjában a vállalati felhasználás, a bizalom, az átláthatóság, a költség-haszon elemzés, vagy a kkv/nagyvállalati adaptációs gátak állnak.
IC3	Módszertani kiválóság: Elsőbbséget élveznek a szisztematikus irodalmi áttekintések (SLR), a vegyes módszertanú (mixed-method) és a kvantitatív (pl. SEM, PLS-SEM) kutatások.
EC1	Relevancia hiánya: Témától idegen tanulmányok, amelyek tisztán informatikai/kriptográfiai algoritmusokra, technikai implementációra, kódolásra vagy pusztán spekulatív kriptovaluta-kereskedelemre fókuszálnak, menedzsment aspektusok nélkül.
EC2	Nyelvi és időbeli korlátok: Nem angol nyelven íródott, illetve 2015 előtt megjelent publikációk.
EC3	Minőségi korlátok: Nem elérhető teljes szövegű tanulmányok, working paper-ek, konferencia absztraktok és könyvfejezetek (szürke irodalom), amelyek nem estek át szigorú peer-review folyamaton.

Forrás: Saját szerkesztés

2.1.3. A szűrés és a beválasztás folyamata

A találati lista szűrése egy deduktív, többlépcsős tölcsermodell alapján valósult meg, amelynek folyamatát az 1. ábra (PRISMA folyamatábra) szemlélteti.



1. ábra: PRISMA flow-chart

Forrás: saját szerkesztés PAGE ET AL. (2021) alapján

- **Duplikációk szűrése és adatbázis harmonizáció:**

Az első fázisban a Scopus és WoS adathalmazok exportálása történt CSV formátumban. A két eltérő metaadat-struktúrával rendelkező adatbázis sorait egy egységesített kódolási mátrixba konvertáltam a duplikációk azonosítása céljából. A kettő alapadatbázis egységesítése a 3. számú mellékletben található, ami alapján a duplikációk törlése történt. A szoftveres (Excel) és manuális tisztítás eredményeként az eredeti 3990 találatból (WoS: 2142, Scopus: 1848)

összesen 1334 redundáns rekord, 2111 fókuszcsoporton kívüli rekord, valamint 21 egyéb okból (hiányos) kizárt rekord került eltávolításra. Így a tényleges szűrési fázisba 524 egyedi tanulmány lépett át.

- **Cím, absztrakt és kulcsszavak alapján történő szűrés:**

Az 524 egyedi cikk esetében a PRISMA protokollnak megfelelő, szigorú kritérium-alapú szűrési eljárást alkalmaztam (PAGE ET AL., 2021; SNYDER, 2019). Ennek során a tanulmányok címét, absztraktját és kulcsszavait közvetlenül összevettem az EC1, EC2 és EC3 kizárási kritériumokkal. Ebben a fázisban 121 tanulmány került kizárássra, legfőképpen azért, mert a blokklánc technológiát kizárólag mérnöki-kriptográfiai (pl. konszenzus algoritmusok technikai részletei) vagy pénzügyi-spekulatív (kriptoaluta árfolyam-ingadozások) oldalról vizsgálták, s nem tartalmaztak értékelhető menedzsment, szervezeti adaptációs vagy ellátáslánc-vonatkozásokat. Ennek eredményeként a következő fázisba 403 tanulmány került, amelyből 16 cikk teljes szövegű elérése nem volt lehetséges, így a teljes szövegű feldolgozásra 387 tanulmány maradt.

- **Teljes szövegű vizsgálat:**

A fennmaradó 387 tanulmány esetében a teljes cikk elolvasására és kritikai értékelésére került sor az IC1, IC2 és IC3 beválasztási kritériumok mentén. A technológiaadaptáció és a szervezeti integráció vizsgálatánál alapkövetelmény volt a tudományosan erős elméleti vagy empirikus megalapozottság. Jóllehet a specifikus modellek megléte nem szolgált abszolút beválasztási feltételként, az értékelés során kiemelt figyelmet szenteltem azoknak a kutatásoknak, amelyek a technologiaelfogadást validált keretrendszereken (pl. TOE, TAM, TRI, UTAUT, RBV) keresztül interpretálták. A teljes szövegű vizsgálat után további 155 tanulmány került kizárássra (ebből 61 nem releváns, 36 értékelhető eredményeket nélkülöző, 58 pedig egyéb diszciplináris területhez tartozó volt). A végső kizárások legfőbb okai a metodológiai szigor hiánya és az eredmények nem általánosíthatósága voltak.

- **Végső beválasztás:**

A szűrési folyamat eredményeként 232 forrásból álló végső tudásbázis jött létre. Ezek a tanulmányok képezik a disszertáció primer szakirodalmi gerincét, és támogatják a megfogalmazott hipotézisek (H1-H8) tesztelését, különös tekintettel az első célkitűzésre (C1, H1).

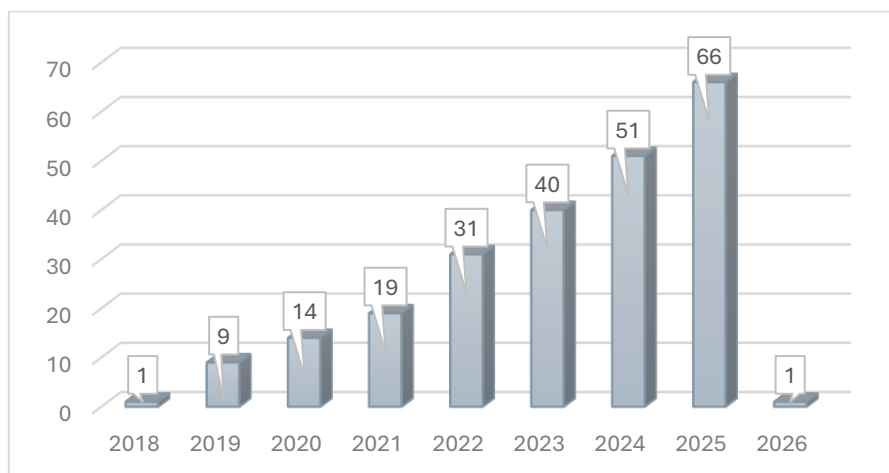
2.1.4. Adatextrakció és minőségértékelés

A beválasztott 232 cikkből a releváns adatok kinyerése és strukturálása egy előre definiált extrakciós protokoll szerint történt. A tartalomelemzés megkönnyítése érdekében a következő adatpontokat rögzítettem minden egyes tanulmány esetében: (1) Szerző(k) és publikáció éve; (2) Alkalmazott elméleti keretrendszer (pl. TOE, TAM); (3) Kutatási módszertan (kvantitatív, kvalitatív, vegyes); (4) Földrajzi és iparági fókusz (pl. ellátási lánc, KKV); (5) Fő megállapítások a költség-haszon paradoxon és a bizalom tekintetében; valamint (6) A blokklánc adaptációt hátráltató főbb akadályok. A beválasztott tanulmányokból származó bizonyítékok megbízhatóságának és minőségének értékelésére, a publikáló folyóiratok tudományos metrikái, kiemelten a Q minősítés és az impakt faktor is figyelembe lett véve. Ez a megközelítés garantálta, hogy a szakirodalmi szintézisbe és a modellalkotásba kizárólag a szigorú peer-review folyamaton átesett, legmagasabb módszertani elvárásoknak is megfelelő kutatások eredményei kerüljenek be. Ez az adatextrakciós eljárás tette lehetővé az irodalomban azonosítható kutatási rések egzakt definiálását, valamint a blokklánc technológia elosztott bizalmi mechanizmusainak és a hagyományos szervezeti integrációs kihívásoknak az egymásba fűzését, amely a disszertáció primer empirikus kutatásának fundamentumát képezi.

A minőségértékelés eredményeként megállapítható, hogy a végső elemzésbe bevont mind a 232 tanulmány sikeresen megfelelt a torzítási kockázatot minimalizáló kritériumoknak, mivel kivétel nélkül szigorú lektori folyamaton átesett folyóiratokban jelentek meg. Ennek következtében a felhasznált primer szakirodalmi bázis módszertani torzításának kockázatát alacsonynak tekintem.

2.2. Bibliometriai elemzés

1. Megoszlás



2. ábra: Publikációk megoszlása megjelenési év szerint

Forrás: Saját szerkesztés

A PRISMA által vizsgált források halmaza (2. ábra) egyértelműen bizonyítja, hogy a blokklánc technológia vállalati fókuszú kutatása az elmúlt években exponenciális növekedést mutatott (REJEB ET AL., 2021). Míg 2018-2019 magasságában a technológia még a "hype" fázisban volt és főként konceptuális kereteket vizsgáltak (ANDONI ET AL., 2019), addig a 2023–2026 közötti időszakban a kutatások fókuszába a technológia konkrét iparági implementációja és a valós elfogadási gátak empirikus vizsgálata került (SESHADRINATHAN & CHANDRA, 2025).

5. táblázat: Publikációs szakaszok értelmezése

Évek	Kutatási szakaszok	Kutatási Fázis Jellemzője
2015-2019	Korai szakasz (Alacsony darabszám, de kiemelkedő idézettség)	Technológiai potenciál, konceptuális modellek, IoT integráció, szisztematikus áttekintések (KAMILARIS ET AL., 2019).
2020-2022	Növekedési szakasz (Közepes darabszám)	Korlátok azonosítása, korai empirikus vizsgálatok, Covid-19 hatásai az ellátási láncokra (MUSAMIH ET AL., 2022).
2023-2026	Érett szakasz (A kutatások túlnyomó többsége)	Kiterjedt empirikus modellek, iparág-specifikus esettanulmányok, mesterséges intelligencia és Metaverse integráció (DAVIES ET AL., 2024).

Forrás: Saját szerkesztés

2. Idézettségi elemzés

A tudományos hatás mérésének egyik legjobb indikátora az idézettség. A forrásdokumentumban szereplő cikkek közül a legkorábban (2019-2020) megjelent szisztematikus áttekintések és konceptuális alapvetések rendelkeznek a legmagasabb idézettségi számokkal (6. táblázat).

6. táblázat: A legidézettebb publikációk a PRISMA-ban vizsgált kutatások között

Hivatkozás	Cikk címe (Rövidítve)	Idézettség (2026.01.17)	Fókusz / Módszertan
(ANDONI ET AL., 2019)	Blockchain technology in the energy sector...	1979	Energiaszektor, decentralizáció, szisztematikus áttekintés (SLR).
(HASSIJA ET AL., 2019)	A Survey on IoT Security: Application Areas...	1226	IoT biztonság, blokklánc és edge computing integráció.

Hivatkozás	Cikk címe (Rövidítve)	Idézettség (2026.01.17)	Fókusz / Módszertan
(KAMILARIS ET AL., 2019)	The rise of blockchain technology in agriculture...	773	Mezőgazdaság, élelmiszer-ellátási láncok, transzparencia.
(JANSSEN ET AL., 2020)	A framework for analysing blockchain technology...	384	Intézményi, piaci és technikai faktorok, elfogadási keretrendszer.
(ORJI ET AL., 2020)	Evaluating the factors that influence blockchain...	306	Teherfuvarozás logisztikája, TOE keretrendszer, ANP módszer.
(BISWAS & GUPTA, 2019)	Analysis of barriers to implement blockchain...	284	Implementációs akadályok az iparban, DEMATEL módszer.
(MONTECCHI ET AL., 2019)	It's real, trust me! Establishing supply chain...	282	Termékek eredete (provenance), bizalom, kockázatsökkentés.

Forrás: Saját szerkesztés

3. Kulcsszó elemzés

A szerzői kulcsszavak alapján a kutatások jól definiálható klaszterekbe sorolhatók, amelyek megmutatják a diszciplína fő csapásirányait (ZHANG ET AL., 2024).

- **Alaptechnológia és eszközök:** Blockchain, Smart Contracts, Distributed Ledger Technology (DLT), Internet of Things (IoT), Traceability (SHAMSUZZOHA ET AL., 2025).
- **Menedzsment és elméleti keretek:** Supply Chain Management (SCM), Technology Adoption, TOE framework, TAM, UTAUT, Bibliometric analysis (SESHADRINATHAN & CHANDRA, 2025).
- **Hozzáadott Érték és célok:** Trust (Bizalom), Transparency (Átláthatóság), Sustainability, Circular Economy (REJEB ET AL., 2023).
- **Fő Iparági Fókuszok:**
 - *Agrár- és élelmiszeripar (Agrifood/Wine):* Kiemelt figyelem hárul az élelmiszerbiztonságra, az organikus termékekre és a borászatokra (CRICELLI ET AL., 2025).
 - *Logisztika és Szállítmányozás:* Tengeri szállítmányozás (Maritime), teherfuvarozás, kikötők (NGUYEN ET AL., 2023).

- *Építőipar (Construction)*: Okosszerződések, építőanyagok nyomon követése, BIM integráció (OBIDALLAH ET AL., 2024).
- *Egészségügy és Gyógyszeripar*: Biztonságos adatmegosztás, gyógyszerhamisítás elleni küzdelem, vakcinahulladék csökkentése (BAK ET AL., 2023).

4. Alkalmazott elméletek és módszertanok

A korai, tisztán leíró jellegű kutatásokat mára felváltották az összetett statisztikai és döntéstudományi modellek.

Elméleti keretek: A leggyakrabban alkalmazott elméleti megközelítés a TOE keretrendszer, amely a technológiai, szervezeti és környezeti tényezőket integrálja a blokklánc elfogadásának vizsgálatakor. Ezt gyakran kiegészítik a TAM és a UTAUT / UTAUT2 elméletekkel, hogy az egyéni és szervezeti felhasználói hajlandóságot is mérjék.

Módszertanok:

1. **Strukturális egyenletek modellezése (PLS-SEM):** Széles körben használt a kvantitatív kérdőíves felmérések kiértékelésére a hipotézisek (például a bizalom és a teljesítmény elvárás kapcsolatának) tesztelése céljából.
2. **Többszemponútú döntéstámogató rendszerek (MCDM):** A kutatók előszeretettel alkalmazzák a hibrid, gyakran "Fuzzy" logikával ötvözött matematikai modelleket a blokklánc bevezetését gátló akadályok rangsorolására. Ide tartozik a Fuzzy DEMATEL (CHEN ET AL., 2024), az Analytic Hierarchy Process (AHP) (CHAUHAN & VIMALA RANI, 2025), valamint a Best-Worst Method (BWM) (SANGARI ET AL., 2025).
3. **Konfigurációs Elemzés (fsQCA):** A legújabb kutatások (Fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis) segítségével azt vizsgálják, hogy a tényezők milyen egyedi kombinációi vezetnek a sikeres implementációhoz (LI ET AL., 2022).

5. Affiliációk és földrajzi megoszlás

Az affiliációk (szerzői intézmények) elemzése szorosan integrált, globális kutatási hálózatot mutat.

- **Európa:** Kiemelkedően aktívak az olasz egyetemek (pl. Politecnico di Milano, Università degli Studi di Napoli), az Egyesült Királyság (Surrey, Brunel, Sheffield

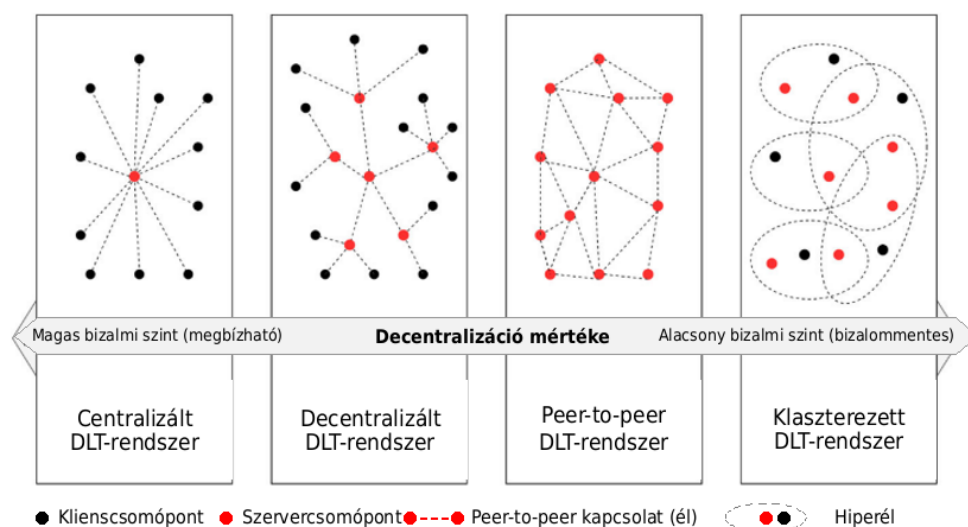
Hallam) és a skandináv országok (pl. Aalto University Finnországban), amelyek gyakran a fenntarthatóságra és a minőségbiztosításra fókuszálnak.

- **Ázsia és Közel-Kelet:** Kína (Xi'an Jiaotong, Shantou University), India (IIT hálózat) és Malajzia nagyszámú kvantitatív, logisztikai fókuszú publikációt jegyez. A Közel-Keleten (Szaúd-Arábia, EAE, Jordánia) az okosszerződések építőipari és egészségügyi alkalmazása hangsúlyos.
- A szerzői gárdák gyakran ötvözik a mérnöki, informatikai és az üzleti, gazdasági karok tudásbázisát, ami elengedhetetlen egy ilyen komplex, szocio-technikai rendszer megértéséhez.

A 232 forrás átfogó elemzése alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a blokklánc technológia megítélése túllépett a "technológiai csodaszer" mítoszan, és a kutatások egy pragmatikusabb, technológiai, megterülés és fenntarthatóságot támogató irányba fordultak.

2.3. A blokklánc technológia lehatárolása és jelentősége

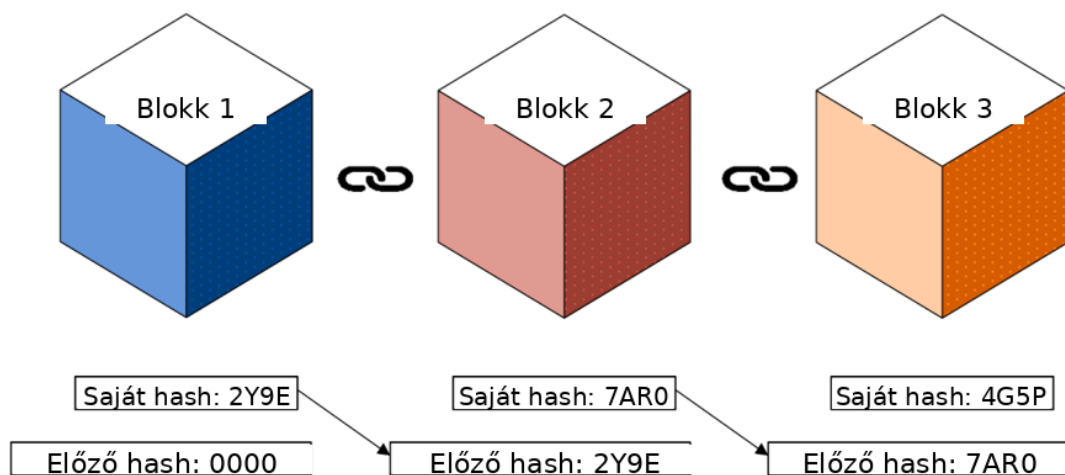
A blokklánc technológia (BCT) az elmúlt évtized egyik legmeghatározóbb technológiai innovációja, amelyet a szakirodalom gyakran az internet hajnalához mérhető forradalmi áttörésként, az információs korszak ötödik evolúciós lépcsőfokaként értelmez (BISWAS & GUPTA, 2019; PATHAK ET AL., 2025). Alapvető értelmezésben a blokklánc egy olyan megosztott főkönyvi technológia (Distributed Ledger Technology – DLT), amely tranzakciók digitális rekordjait tárolja egy decentralizált hálózaton (amelynek felépítését a 3. ábra szemlélteti) keresztül, biztosítva azok megváltoztathatatlanágát, átláthatóságát és visszakövethetőségét (KAFEEL ET AL., 2023; WIBOWO & YAZID, 2023).



3. ábra: Hálózati modellek típusai

Forrás: saját szerkesztés KARUMBA ET AL. (2023) alapján

Bár a technológia gyökerei a digitális dokumentumok időbélyegzésével kapcsolatos 1991-es kutatásokig nyúlnak vissza, a széles körű ismertséget a 2008-as Bitcoin „White Paper” hozta meg (PATHAK ET AL., 2025; KUMTEPE, 2025). A white paper egy mélyreható informatív dokumentum, amely egy specifikus problémát vagy témát dolgoz fel. A Bitcoin esetében a 2008-as világgazdasági válságra reflektálva a bankszektor okozta problémákat próbálta feloldani. A blokklánc lényegében egy olyan adatbázis, amelynek elsődleges célja a tranzakciók időbeli tárolása, viszont a hagyományos központosított rendszerektől eltérően az adatok tárolásának és biztosításának módjában rejlik az egyedisége (KAHEEL ET AL., 2023; GARRARD & FIELKE, 2020). A blokklánc technikai lehatárolása során kiemelendő annak szerkezete: a blokkok meghatározott méretű adatcsomagok, amelyek tranzakciókat tartalmaznak, és egy láncolatot alkotnak (BISWAS & GUPTA, 2019; BOTTONI ET AL., 2020).

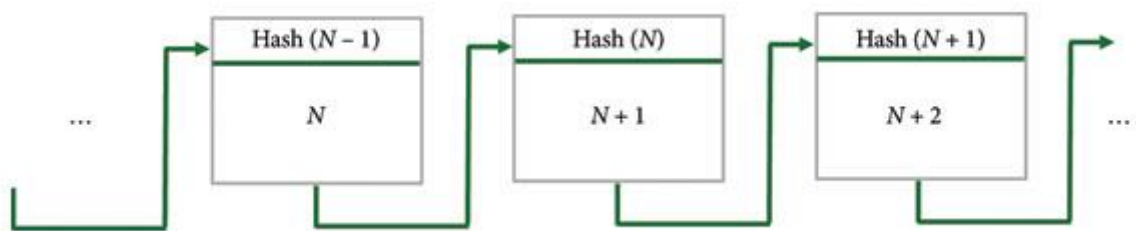


4. ábra: A blokklánc működésének szemléltetése

Forrás: saját szerkesztés BISWAS & GUPTA (2019) alapján.

Ahogy az 4. ábrán is látható minden blokk három fő összetevőből áll: az adatokból, a blokk saját hash-értékéből (digitális ujjlenyomat) és az előző blokk hash-értékéből (PATHAK ET AL., 2025; BISWAS & GUPTA, 2019).

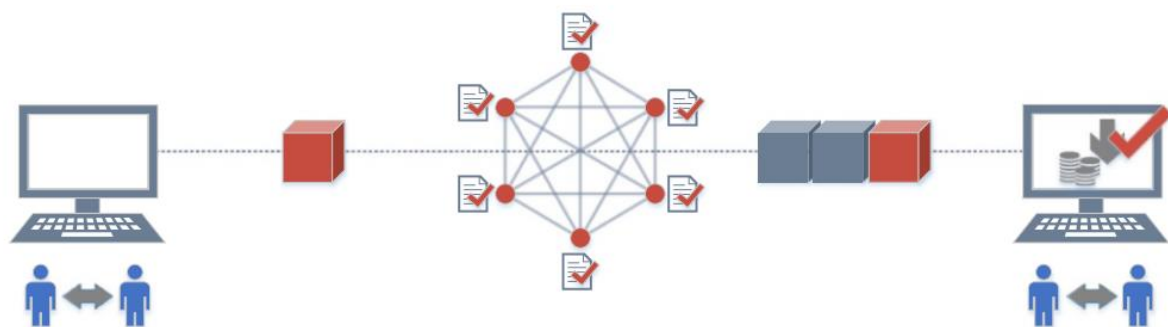
Az 5. ábra bemutatja, hogy kriptográfiai hash-függvények biztosítják az adatok integritását, mivel bármely tranzakció legkisebb módosítása megváltoztatja a blokk hash-ét, ami érvényteleníti a lánc összes rákövetkező elemét (BOUSTANI ET AL., 2025). Ez a visszaláncolt struktúra, amely gyakran a Merkle-fa hierarchikus adatszerkezetére épül, teszi a rendszert ellenállóvá a manipulációval szemben, mivel egyetlen blokk módosításához a hálózat jelentős részének konszenzusára lenne szükség (KARUMBA ET AL., 2023; GAUR ET AL., 2025). A lánc legelső eleme az úgynevezett „genesis blokk”, amely az alapkövét adja az összes rákövetkező adatkapcsolatnak (POPOOLA ET AL., 2024).



5. ábra: Alap blokklánc architektúra

Forrás: SHAMSUZZOHA ET AL. (2025)

A blokklánc rendszerek lehatárolása során kritikus fontosságú a hagyományos adatbázisoktól való megkülönböztetés. Míg a relációs adatbázisokat központi hatóság kezeli, amelynek kizárólagos joga van az adatok írására és törlésére, a blokklánc egy P2P (peer-to-peer) hálózaton alapul, ahol minden résztvevő rendelkezik a teljes főkönyv másolatával (GARRARD & FIELKE, 2020; MAHYUNI ET AL., 2020). A blokkláncban nincs szükség bizalmi közvetítőre, mivel a tranzakciók hitelesítése matematikai algoritmusok és konszenzusmechanizmusok révén történik (NARAYANAN ET AL., 2024). A konszenzusmechanizmus olyan szabályrendszer, amely koordinálja a résztvevőket a hálózat állapotának egységes elfogadása érdekében; a legismertebb formái a jelentős számítási kapacitást igénylő Proof-of-Work (PoW), valamint a hatékonyabb Proof-of-Stake (PoS) és a Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) (BISWAS & GUPTA, 2019; ANDONI ET AL., 2019).



6. ábra: Tranzakció szemléltetése a blokkláncon, egy új blokk alkotása

Forrás: ANDONI ET AL. (2018)

A 6. ábrán látható, hogy a felhasználók konszenzusra jutnak egy tranzakció létrehozásáról, amely ezt követően egy blokkba kerül. A tranzakció érvényességét a hálózat elosztott csomópontjai kollektíven ellenőrzik, majd a hitelesített blokk hozzáadásra kerül a folyamatosan bővülő blokkláncba. A tranzakció véglegesítése és a kifizetés elszámolása kizárólag ezen validációs és láncolási folyamat lezárását követően történik meg (ANDONI ET AL., 2018).

A technológia osztályozása szerint megkülönböztetünk nyilvános (permissionless), privát (permissioned) és konzorciumi blokkláncokat (BASHEER ET AL., 2024; RAHMAN ET AL., 2024). A nyilvános blokkláncok, mint a Bitcoin vagy az Ethereum, bárki számára hozzáférhetők, teljes decentralizációt és magas szintű átláthatóságot kínálnak, ugyanakkor skálázhatósági és sebességbeli korlátokkal küzdenek (AKTER ET AL., 2024; ÇOBAN ET AL., 2024). A privát blokkláncok egyetlen szervezet ellenőrzése alatt állnak, korlátozott hozzáféréssel, ami nagyobb hatékonyságot és adatvédelmet tesz lehetővé a vállalati folyamatokban (DANESE & ROMANO, 2025; IGLESIAS ET AL., 2025). A konzorciumi blokkláncok a kettő közötti egyensúlyt képviselik, ahol több megbízható entitás közösen irányítja a hálózatot, ami különösen előnyös az ellátási láncok menedzselésében (SAARI ET AL., 2022; AGRAWAL ET AL., 2024; POPOOLA ET AL., 2024). A modern kutatások már a hibrid modelleket is vizsgálják, amelyek ötvözik a privát rendszerek bizalmas adatkezelését a nyilvános hálózatok megváltoztathatatlanságával (BIANCONE ET AL., 2025).

A blokklánc jelentősége abban rejlik, hogy képes „bizalom nélküli bizalmat” (trustless trust) létrehozni, ahol a feleknek nem kell ismerniük vagy bízniuk egymásban ahhoz, hogy biztonságos cserét hajtsanak végre (MONTECCHI ET AL., 2019; MEYERS & KEYMOLEN, 2025). Ez a technológia megszünteti a közvetítők szükségességét, ami radikálisan csökkenti a tranzakciós költségeket és növeli a folyamatok sebességét (CAPECE ET AL., 2020; CAI ET AL., 2023).

A blokklánc jelentőségét tovább növeli az okosszerződések (smart contracts) alkalmazása, amelyek önvégrehajtó kódok a blokkláncon, és automatikusan teljesítik a megállapodás feltételeit, ha bizonyos kritériumok teljesülnek (PHILIPP ET AL., 2019; MARINO & DIAZ PAZ, 2025). Ez az automatizáció minimalizálja az emberi hibák kockázatát és növeli a működési hatékonyságot a pénzügyi szektortól kezdve az egészségügyön át az építőiparig (KUMAR ET AL., 2024; ALKHURAYJI ET AL., 2025; SANGARI ET AL., 2025).

A blokklánc fejlődési szakaszait generációkra osztja a szakirodalom: a Blokklánc 1.0 a kriptovalutákra, a 2.0 az okosszerződésekre, a 3.0 a decentralizált alkalmazásokra (DApps), míg a 4.0 az ipari integrációra és a kiberbiztonságra fókuszál (MOURTZIS ET AL., 2023; EYADAT ET AL., 2025). A legújabb kutatások már a Blokklánc 5.0 lehetőségeit vetítik előre, amely az Ipar 5.0 és a társadalom 5.0 központi elemévé válhat, biztosítva a kiberbiztonságot és a fenntarthatóságot az ipari metaverzum korszakában (LI ET AL., 2022; MOURTZIS ET AL., 2023; OLADEJO ET AL., 2025; NORBU ET AL., 2025). A technológia stratégiai jelentősége különösen az ellátási láncok átláthatóságában és a termékek eredetigazolásában mutatkozik

meg, ahol a blokklánc megváltoztathatatlan audit-naplót biztosít az alapanyagoktól a késztermékekig (MORETTO & MACCHION, 2022; NAEF ET AL., 2024).

Annak ellenére, hogy a blokklánc kutatása még csak pár éve van a tudományos közösségekben, már most látható, hogy általános célú technológiaként (General Purpose Technology – GPT) képes alapjaiban újratervezni a gazdasági és jogi struktúrákat (VERHOEVEN ET AL., 2018; MURANO ET AL., 2026;). Az innováció jelentőségét támasztja alá, hogy képes áthidalni az információs aszimmetriát az üzleti partnerek között, megteremtve a digitális integritás új korszakát (NURYEV ET AL., 2020; XU ET AL., 2025). A blokklánc jelentősége a fenntartható fejlődés kontextusában is kiemelkedő. A technológia elősegíti a körforgásos gazdaság (Circular Economy – CE) megvalósítását azáltal, hogy lehetővé teszi az anyagok és termékek életciklusának pontos nyomon követését, ösztönözve az újrafelhasználást és az erőforrás-hatékonyságot (REJEB ET AL., 2022; PAKSERESHT ET AL., 2022; REJEB ET AL., 2023a). A blokklánc alapú rendszerek, mint például a digitális termékútlel, képesek hitelesíteni a zöld tevékenységeket, mérni a szénlábnyomot, és biztosítani a környezetvédelmi szabványoknak való megfelelést (KHAN ET AL., 2022; GHOBAKHLOO ET AL., 2024).

A blokklánc technológia társadalmi hatása is jelentős, különösen az e-kormányzati szolgáltatások és az inkluzív pénzügyi rendszerek terén. A decentralizált azonosítási rendszerek (Decentralized Identity – DID) és az elektronikus szavazórendszerek növelhetik az állampolgári részvételt és csökkenthetik a korrupciót (NAWAZ & WAGNER, 2025). A pénzügyi szektorban a blokklánc lehetőséget kínál a globális gazdaságba való bekapcsolódásra a P2P hitelezés és a mikrofizetések révén (OSTERN ET AL., 2022; GOU & LIU, 2025). Az egészségügyben a technológia forradalmasíthatja a betegadatok kezelését, biztosítva az interoperabilitást a különböző intézmények között, miközben védi a páciensek magánéletét (AL-SULAMI ET AL., 2024; ALTAMIMI ET AL., 2024, BAK ET AL., 2025).

A blokklánc fogalma messze túlmutat egy egyszerű adatbázison; ez egy új intézményi technológia, amely alapvetően változtatja meg a tranzakciók lebonyolításának, a bizalom építésének és az adatok hitelesítésének módját a modern társadalomban (RATHORE ET AL., 2022; RAPEZZI ET AL., 2025). Bár a technológia még az evolúciós szakaszának elején jár, és számos technikai, jogi, valamint szervezeti akadályt – például a skálázhatósági trilemmát (decentralizáció, biztonság és skálázhatóság közötti kompromisszum) – le kell küzdenie, jövőbeli potenciálja megkérdőjelezhetetlen (BISWAS & GUPTA, 2019; SAHOO ET AL., 2022; PERON ET AL., 2025).

A blokklánc nem csupán egy technikai eszköz, hanem egy olyan katalizátor, amely az Ipar 4.0 és 5.0 keretein belül új üzleti ökoszisztémákat és fenntartható társadalmi interakciós mintákat

hoz létre (DEHGHANI ET AL., 2022; MOURTZIS ET AL., 2023; SHAHZAD ET AL., 2023; HAN & LI, 2025). Jelentősége végső soron abban rejlik, hogy képes egy „egyetlen igazságforrást” létrehozni a digitális térben, amely alapjaiban alakítja át az elszámoltathatóságot és a gazdasági tranzakciók hitelességét (PAUL ET AL., 2021; AKTER ET AL., 2024; BEHL ET AL., 2024).

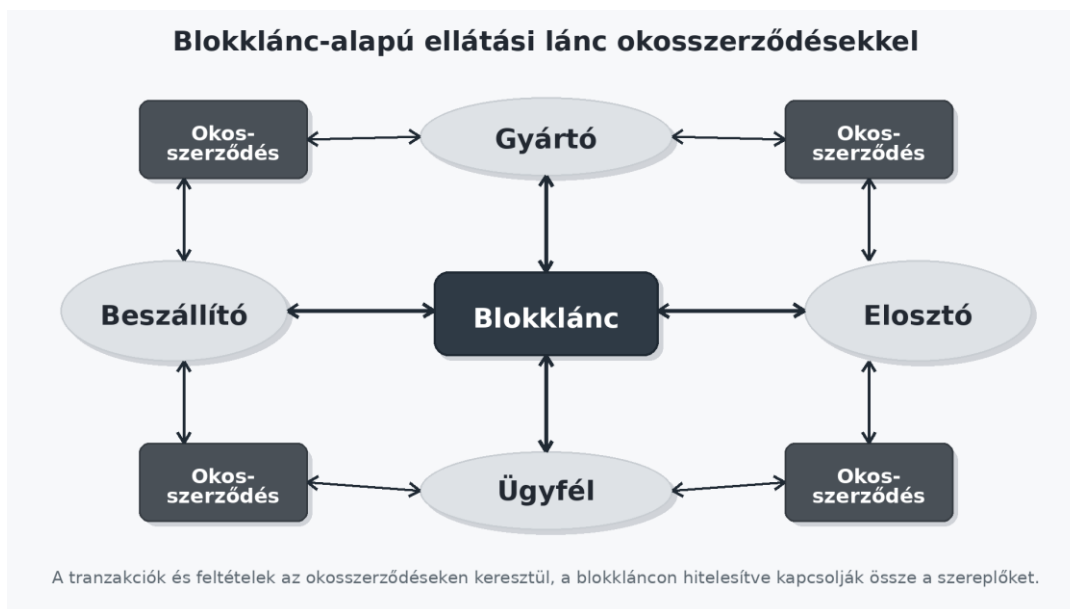
2.3.1. A blokklánc működése és használata az üzleti, szervezeti folyamatokban

A BCT üzleti folyamatokba történő integrálása alapvető paradigmaváltást jelent a szervezeti működésben, mivel a technológia a bizalmat nem egy központi hatóságba, hanem egy decentralizált matematikai algoritmusba helyezi (DEHGHANI ET AL., 2022; KAFEEL ET AL., 2023). Működési szempontból a blokklánc egy megosztott főkönyvi rendszerként funkcionál, ahol minden tranzakciót vagy adatbejegyzést egy kriptográfiai hash-függvény hitelesít, és azokat visszamenőlegesen megváltoztathatatlan módon fűzi láncolatba (ALIMOHAMMADLOU & ALINEJAD, 2025; PATHAK ET AL., 2025). Az üzleti folyamatokban ez a struktúra biztosítja az adatok integritását, kiküszöbölve az információs szigeteket és lehetővé téve egy „egyetlen igazságforrás” létrehozását a partnerszervezetek között (AKTER ET AL., 2024; SHAMSUZZOHA ET AL., 2025). A technológia alkalmazása során a tranzakciók egy P2P hálózaton keresztül terjednek, ahol a konszenzusmechanizmusok biztosítják, hogy minden résztvevő azonos adathalmazzal rendelkezzen, anélkül, hogy szükség lenne egy központi közvetítőre (ANDONI ET AL., 2019; POPOOLA ET AL., 2024).

Az üzleti folyamatok automatizálásának és optimalizálásának központi eszköze az okosszerződés, amely a blokkláncon tárolt, önvégrehajtó programkódként definiálható (BUDAYAN & OKUDAN, 2023; BENCHIS ET AL., 2025).

SHAMSUZZOHA ET AL. (2025) és BIANCONE ET AL. (2025) kutatásai rávilágítanak, hogy ezek a digitális protokollok automatikusan teljesítik a megállapodás feltételeit, ha bizonyos előre meghatározott kritériumok teljesülnek, ami drasztikusan csökkenti az adminisztratív költségeket, az emberi hiba kockázatát és a tranzakciós átfutási időt. A szervezeti folyamatokban az okosszerződések képessé teszik a vállalatokat arra, hogy bizalom nélküli környezetben is hatékonyan működjenek együtt, mivel a szerződés betartatása nem a felek jóindulatán, hanem a blokklánc megváltoztathatatlan logikáján alapul (MEYERS & KEYMOLEN, 2025; OLUSOLA & PHUNG, 2025). Ez különösen fontos a komplex ellátási láncokban, ahol a partnerek közötti információs aszimmetria gyakran vezet hatékonyságvesztéshez és vitákhoz (PARK, 2020; PALIWAL ET AL., 2024; NAWAZ & WAGNER, 2025).

Az ellátási lánc menedzsment (SCM) területén a blokklánc technológia legfontosabb hozadéka a teljes körű nyomonkövethetőség és átláthatóság (MORETTO & MACCHION, 2022; HANISCH ET AL., 2025). A hagyományos folyamatokban a termék életútjának dokumentálása gyakran papíralapú és töredezett, ami lehetőséget ad a csalásokra vagy az eredet meghamisítására (CERCHIONE ET AL., 2023; CASATI ET AL., 2024). A blokklánc használatával minden egyes logisztikai mozzanat – az alapanyag beszerzésétől a gyártáson át a végső kiszállításig – valós időben rögzíthető a láncon, amit az IoT (Internet of Things) szenzorok integrációja tesz még pontosabbá (HASSIJA ET AL., 2019; BOUSTANI ET AL., 2022; PANG ET AL., 2024). Ez a technológiai fúzió lehetővé teszi például a hőmérséklet-érzékeny élelmiszerek vagy gyógyszerek szállítási körülményeinek folyamatos monitorozását, ahol bármilyen eltérés azonnali jelzést küld a rendszerbe (CERCHIONE ET AL., 2023; PERON ET AL., 2025).



7. ábra: Ellátási lánc átláthatóságának biztosítása blokklánc-alapú technológiával

Forrás: saját szerkesztés SHAMSUZZOHA ET AL. (2025) alapján

Az élelmiszeriparban a blokklánc alkalmazása kritikus az élelmiszerbiztonság garantálása érdekében, ahol a szennyezett termékek visszahívása órák helyett másodpercek alatt megvalósítható a visszakövethetőség révén (COZZIO ET AL., 2023; DANESE & ROMANO, 2025). A visszakövethetőség abból adódik, hogy az ellátási lánc minden egyes fázisában rögzítésre kerülnek az adatok, amit a 7. ábra bemutat. A mezőgazdasági szektorban a kistermelők, például a méz- vagy kávétermelők, a blokklánc révén közvetlen bizonyítékot szolgáltathatnak termékeik eredetéről, ami növeli piaci versenyképességüket és a fogyasztói bizalmat (BAGER ET AL., 2022; ALLAHYARI ET AL., 2025; HERRERA ET AL., 2025). A

luxustermékek és a borágazat területén a blokklánc technológia digitális tanúsítványt biztosít, amely igazolja a termék eredetiségét és megakadályozza a hamisítást, ami különösen fontos a globális piacon való védekezéshez (KRAMER ET AL., 2021; BROOKBANKS & PARRY, 2021; DAVIES ET AL., 2024).

A pénzügyi és számviteli folyamatok szintjén a blokklánc a háromszoros könyvelés (triple-entry accounting) irányába hat, ahol minden tranzakció a felek saját könyvei mellett egy közös, megosztott láncon is rögzítésre kerül (OLADEJO ET AL., 2024; LUO & ADELOPO, 2025). Ez a működési modell drasztikusan leegyszerűsíti a könyvvizsgálati és belső ellenőrzési folyamatokat, mivel az adatok hitelessége folyamatosan verifikált, csökkentve a külső ellenőrzések időigényét és költségét (NEFLA & JELLOULI, 2025; SESHADRINATHAN & CHANDRA, 2025). A bankszektorban a technológia felgyorsítja a határokon átnyúló fizetéseket és javítja a likviditáskezelést, miközben a kiberbiztonság magasabb szintjét garantálja a decentralizált technológia révén (KOWALSKI ET AL., 2021; CHOTIA ET AL., 2025).

7. táblázat: A blokklánc hatása a szervezeti hatékonyságra

Vizsgált dimenzió	Hagyományos folyamatok jellemzői	Blokklánc-alapú folyamatok jellemzői	Hatás a hatékonyságra
Tranzakciós költség	Magas: A közvetítők (bankok, brókerek, könyvvizsgálók) díjai és a manuális ellenőrzési folyamatok jelentős költséget generálnak.	Alacsony: A közvetítők kiiktatása (diszintermediáció) és az okosszerződések általi automatizáció csökkenti a működési költségeket.	Költségcsökkentés
Sebesség	Lassú: A tranzakciók elszámolása és az egyeztetés napokat vehet igénybe; az információáramlás késleltetett.	Valós idejű: Azonnali tranzakció-véglegesítés, valós idejű adatmegosztás és gyorsabb elszámolási idő.	Gyorsabb elszámolás
Adatintegritás	Sérülékeny: Centralizált adatbázisok, amelyekben az adatok utólag módosíthatók vagy manipulálhatók; „információs szigetek”.	Magas: Decentralizált, manipulálhatatlan főkönyv, amely garantálja az adatok hitelességét és biztonságát.	Fokozott bizalom és biztonság

Forrás: Saját szerkesztés (REJEB ET AL., 2021; KAFEEL ET AL., 2023; JEANNERET ET AL., 2024) alapján

A vizsgált kutatások szintézise a 7. táblázatban foglalja össze a BCT hatását a szervezeti működésre. A szervezeti folyamatok használata során kiemelendő a körforgásos gazdaságra való átállás támogatása (KOUHIZADEH ET AL., 2019; HASSAN ET AL., 2025). A blokklánc

képesse teszi a vállalatokat a termékek életciklusának pontos nyomon követésére, ami megkönnyíti az újrahasznosítást és a fenntarthatósági előírásoknak való megfelelést (REJEB ET AL., 2023a; ABBAS & MYEONG, 2024). A digitális termékútlevelek bevezetése lehetővé teszi a környezeti lábnyom (például szén-dioxid kibocsátás) hiteles mérését és megosztását az érintettekkel (GHOBAKHLOO ET AL., 2024).

Az építőiparban a blokklánc és a BIM (Building Information Modeling) integrációja biztosítja, hogy a tervezési és kivitelezési adatok minden fázisban integritást mutassanak, csökkentve a jogi viták számát és növelve az átláthatóságot (CELIK ET AL., 2023; BASHEER ET AL., 2024; ALKHURAYJI ET AL., 2025). Az okosszerződések használata az építési projektek kifizetési mérföldköveinél biztosítja, hogy az alvállalkozók időben és automatikusan kapják meg járandóságait a teljesített munka alapján, ami javítja a szektor pénzügyi stabilitását (OLUSOLA & PHUNG, 2025).

A blokklánc implementációja azonban jelentős szervezeti és környezeti akadályokba ütközik. A szakirodalom kiemeli a technológiai érettség hiányát, a magas kezdeti beruházási költségeket és a képzett munkaerő hiányát (MUNIM ET AL., 2022; ALIMOHAMMADLOU & ALINEJAD, 2023; DADSENA ET AL., 2024; TANGSAKUL & SUREEYATANAPAS, 2024). A szervezeti folyamatok megváltoztatása ellenállást szülhet a munkavállalók körében, különösen, ha a technológia előnyeit a menedzsment nem képes transzparens módon kommunikálni (CHOI ET AL., 2020; DEGHANI ET AL., 2022; IGLESIAS ET AL., 2025;). Emellett a szabályozási környezet bizonytalansága és a nemzetközi szabványok hiánya továbbra is fékezi a széles körű adaptációt (BUTHELEZI ET AL., 2022; PERON ET AL., 2025; PRADOS-CASTILLO ET AL., 2025).

A technológia stratégiai sikere nagyban függ az ágazati konzorciumok kialakulásától és a partnerszervezetek közötti együttműködési hajlandóságtól (ZHANG ET AL., 2024; SAARI ET AL., 2025). A vállalatoknak mérlegelniük kell a nyilvános és privát hálózatok közötti választást, figyelembe véve az adatvédelmi igényeket és a skálázhatósági korlátokat (BASHEER ET AL., 2024; BIANCONE ET AL., 2025). A szervezeteknek el kell mozdulniuk az elszigetelt kísérletezéstől a rendszerszintű hálózati együttműködések felé, ahol a blokklánc a bizalom és a hatékonyság új infrastruktúrájává válik (AKTER ET AL., 2024).

Véleményem szerint a blokklánc üzleti folyamatokban való működése a decentralizációra, az automatizációra és a digitális integritásra épül. Bár a bevezetés jelentős kihívásokkal jár, a folyamatok átláthatóságának növelése, a tranzakciós költségek csökkentése és a fenntartható üzleti stratégiák támogatása révén elért előnyök fundamentálisan alakítják át a jövő gazdasági ökoszisztémáit. A technológia végső soron lehetővé teszi a fizikai események és a digitális

rekordok közötti szakadék áthidalását, megteremtve a valós idejű, elszámoltatható és reziliens szervezeti működés új korszakát: A matematikával megteremtett bizalmat.

2.3.2. A blokklánc-technológia fogalmi evolúciója és taxonómiája

2.3.2.1. Definíciós megközelítések: technológiai vs. menedzsment-perspektíva

A BCT tudományos diskurzusában megfigyelhető egyfajta kettősség: a definíciós kísérletek alapvetően két nagy csoportra oszthatók aszerint, hogy a rendszer technikai felépítését vagy annak üzleti-szervezeti értékteremtő képességét helyezik-e a középpontba (KAFEEL ET AL., 2023; PATHAK ET AL., 2025; NAWAZ & WAGNER, 2025). Ez a megosztottság nem csupán elméleti jellegű, hanem alapvetően meghatározza, hogy a szervezetek hogyan közelítik meg az adaptációs folyamatot, és milyen elvárásokat támasztanak a technológiával szemben (DEHGHANI ET AL., 2022; OSTERN ET AL., 2022; ALSMADI ET AL., 2023). A technológiai és menedzsment-perspektívák közötti egyensúly megértése elengedhetetlen, mivel a blokklánc nem csupán egy informatikai eszköz, hanem egy olyan intézményi technológia, amely képes alapjaiban újratervezni a gazdasági tranzakciókat és a bizalmi struktúrákat (CHEN & MURTAZASHVILI, 2024; MURANO ET AL., 2026).

- **Technológiai perspektíva:**

A technológiai fókuszú megközelítések a blokkláncot elsősorban egy megosztott főkönyvi technológiaként (DLT) definiálják, amely egy decentralizált, P2P (peer to peer, közvetlen) hálózaton alapul (WIBOWO & YAZID, 2023; KAFEEL ET AL., 2023). Ebből a nézőpontból a technológia lényege a kriptográfiai algoritmusok – különösen a hash-függvények – alkalmazása, amelyek biztosítják az adatok integritását és megváltoztathatatlanságát (PATHAK ET AL., 2025; CERCHIONE ET AL., 2023). A hash függvény egy olyan egyenlet vagy algoritmus, amely tetszőleges hosszúságú bemeneti adatot (input) egy rögzített hosszúságú kimeneti karaktersorozattá alakít át (LUNA ET AL., 2024); (BISWAS & GUPTA, 2019). Ezt a kimenetet gyakran nevezik hash értéknek, lenyomatnak vagy „digitális ujjlenyomatnak” (SHAMSUZZOHA ET AL., 2025). A legfontosabb tulajdonsága, hogy egyirányú (one-way function vagy irreversible), azaz a generált hash értékből gyakorlatilag lehetetlen visszakövetkeztetni vagy rekonstruálni az eredeti bemeneti adatot (CERCHIONE ET AL., 2023). A technikai definíciók kiemelik a láncolt struktúrát, ahol minden blokk tartalmazza az előző blokk hash-értékét, így teremtve meg a visszakövethetőség fizikai feltételét a digitális térben (NAWAZ & WAGNER, 2025; POPOOLA ET AL., 2024).

Ebben a keretrendszerben a blokklánc egy „állapotgépként” funkcionál, amely rögzíti a tranzakciók sorrendjét és érvényességét egy olyan környezetben, ahol nincs központi hitelesítő fél (ALIMOHAMMADLOU & ALINEJAD, 2023; KAFEEL ET AL., 2023). A konszenzusmechanizmusok (mint a PoW, PoS, PBFT) technikai értelemben azok a protokollok, amelyek a hálózat csomópontjai közötti megegyezést koordinálják, garantálva a főkönyv globális állapotát:

- *Proof of Work (PoW)*: Olyan konszenzusmechanizmus, amelyben a hálózat csomópontjai számításigényes kriptográfiai feladatok megoldásával igazolják egy blokk létrehozásának jogosságát, biztosítva ezzel a tranzakciók hitelességét és a hálózat biztonságát.
- *Proof of Stake (PoS)*: Olyan konszenzusmechanizmus, amelyben a blokkvalidálás joga a hálózat résztvevőinek lekötött vagy birtokolt részesedése alapján kerül kiosztásra, ezáltal csökkentve az energiaigényt és növelve a rendszer működési hatékonyságát
- *Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT)*: Olyan konszenzusmechanizmus, amely elosztott rendszerekben a csomópontok közötti többszintű üzenetcsere építve biztosítja a tranzakciók helyes végrehajtását és véglegességét akkor is, ha a résztvevők egy része hibásan vagy rosszindulatúan működik. (ANDONI ET AL., 2019; POPOOLA ET AL., 2024)

A technológiai perspektíva központi eleme továbbá az okosszerződés, amely a láncon tárolt önvégrehajtó programkódként biztosítja a folyamatok automatizálását emberi beavatkozás nélkül (SHAMSUZZOHA ET AL., 2025; BENCHIS ET AL., 2025; MARINO & DIAZ PAZ, 2025).

- **Menedzsment-perspektíva:**

A menedzsment-központú definíciók ezzel szemben a blokkláncot stratégiai erőforrásként értelmezik, amely képes csökkenteni a tranzakciós költségeket és növelni a szervezetek közötti együttműködés hatékonyságát (SAHOO ET AL., 2022; AKTER ET AL., 2024). Ebből a szempontból a technológia legfontosabb hozadéka az „egyetlen igazságforrás” létrehozása, amely kiküszöböli az ellátási láncokban jelen lévő információs aszimmetriát (AKTER ET AL., 2024; SHAMSUZZOHA ET AL., 2025; RAHMAN ET AL., 2024). A menedzsment perspektíva nem a kód szintjére fókuszál, hanem arra, hogy a technológia hogyan alakítja át az üzleti modelleket és a partneri viszonyokat (BIANCONE ET AL., 2025).

A menedzsment-irodalom gyakran hivatkozik a blokkláncra, mint a „bizalom technológiájára”, amely lehetővé teszi a tranzakciók végrehajtását anélkül, hogy a feleknek ismerniük vagy

bízniuk kellene egymásban (MEYERS & KEYMOLEN, 2023; DAS, 2020; OSTERN ET AL., 2022). A bizalom itt nem személyes, hanem algoritmus alapú, ami radikálisan átalakítja a közvetítők (például bankok, logisztikai brókerek) szerepét a gazdaságban (SESHADRINATHAN & CHANDRA, 2025; DANESE & ROMANO, 2025). Kiemelt jelentőségű a blokklánc-kormányzás kérdése is, amely a döntési jogok megosztását, a szabályrendszerek betartatását és a résztvevők ösztönzési mechanizmusait foglalja magában egy decentralizált hálózaton belül (POLCUMPALLY ET AL., 2024; HANISCH ET AL., 2025). A menedzsment szempontú megközelítés rávilágít a centralizáció és decentralizáció közötti paradoxonra: a vállalatoknak mérlegelniük kell, mekkora kontrollt hajlandóak feladni a hálózati transzparencia javára (HANISCH ET AL., 2025; BAUER & ZIOLKOWSKI, 2023).

8. táblázat: A technológiai és menedzsment-perspektíva összehasonlító elemzése a blokklánc kontextusában

Vizsgálati dimenzió	Technológiai perspektíva	Menedzsment perspektíva
Elsődleges fókusz	A rendszer működése, a kód helyessége, a konszenzus mechanizmusok technikai megvalósítása és a kriptográfiai biztonság garantálása.	A technológia általi értékteremtés , a versenylőny megszerzése és az üzleti modellek átalakítása (pl. közvetítők kiiktatása).
A bizalom forrása	"Trustless" rendszer: A bizalom a matematikában és a kriptográfiában gyökerezik; a kód törvény ("Code is Law"), nincs szükség emberi beavatkozásra a hitelesítéshez.	Intézményi és Rendszerbizalom: A technológia csak eszköz; a bizalom a konzorciumi partnerek közötti kormányzásban és a közös szabályrendszerben nyilvánul meg.
Adaptációs motiváció	A technikai problémák (pl. adatmanipuláció, "single point of failure") megoldása decentralizált architektúrával.	Innovációs jelzés és Tanulás: Gyakran a "kísérletezés" és a piac felé történő innovációs képesség jelzése a fő hajtóerő, nem azonnali profit.
Költség-szemlélet	A fejlesztési költségek, a tranzakciós díjak (gas fees) és az energiaigény technikai optimalizálása.	ROI és TCO: A magas kezdeti beruházási költségek és a lassú megtérülés miatti pénzügyi kockázatok mérlegelése.
Adatkezelés	Megmásíthatatlanság: Az adatok végleges rögzítése a főkönyvben, a törlés technikai lehetetlensége.	Compliance és Rugalmasság: Feszültség a megmásíthatatlanság és az üzleti igények (pl. GDPR, téves tranzakciók korrekciója, üzleti titkok védelme) között.
Siker kritériuma	A hálózat stabilitása, skálázhatósága, interoperabilitása és a tranzakciós sebesség.	A szervezeti elfogadás: A partnerek közötti együttműködés minősége és a stratégiai célokhoz való illeszkedés.

Forrás: Saját szerkesztés (KAFEEL ET AL., 2023; BAUER & ZIOLKOWSKI, 2023) alapján.

- **A két perspektíva szintézise: A szocio-technikai szemlélet**

A legújabb kutatások a technológiai és menedzsment-perspektívák integrációjára, az úgynevezett szocio-technikai megközelítésre törekszenek (MANSKI & BAUWENS, 2020;

BAUER & ZIOLKOWSKI, 2023; PALIWAL ET AL., 2024, MURANO ET AL., 2026). A két nézőpont összehasonlítása a 8. táblázatban került részletezésre. A szemlélet elismeri, hogy a blokklánc technikai jellemzői (például a megváltoztathatatlanság) közvetlenül befolyásolják a szervezeti kimeneteket (például a megnövekedett auditálhatóságot), de az implementáció sikere végső soron a humán tényezőkön, a szervezeti kultúrán és a külső szabályozási környezeten múlik (DEHGHANI ET AL., 2022; LEGESSE ET AL., 2024). A Technology-Organization-Environment (TOE) keretrendszer alkalmazása ebben a kontextusban segít azonosítani, hogy a technikai komplexitás és a relatív előny mellett a vezetőségi támogatás és a piaci nyomás hogyan határozza meg az adaptációs hajlandóságot (DEHGHANI ET AL., 2022; LEGESSE ET AL., 2024; CRICELLI ET AL., 2025).

A technológiai és menedzsment-perspektíva szétválása különösen szembeötlő a nyilvános és privát blokkláncok közötti választásnál (BASHEER ET AL., 2024). Míg technológiai szempontból a nyilvános blokkláncok képviselik az ideális decentralizációt, menedzsment szempontból a privát vagy konzorciumi modellek gyakran vonzóbbak, mivel biztosítják az adatvédelmet, a skálázhatóságot és a szabályozási megfelelést (BENDAGAR ET AL., 2022; DANESE & ROMANO, 2025; IGLESIAS ET AL., 2025). A döntéshozóknak tehát nem csupán a technikai specifikációkat (például blokkméret vagy áteresztőképesség) kell mérlegelniük, hanem azt is, hogy a választott architektúra hogyan illeszkedik a hosszú távú üzleti stratégiába és a partnerszervezetekkel való együttműködési formákba (PRADOS-CASTILLO ET AL., 2023; PERON ET AL., 2025).

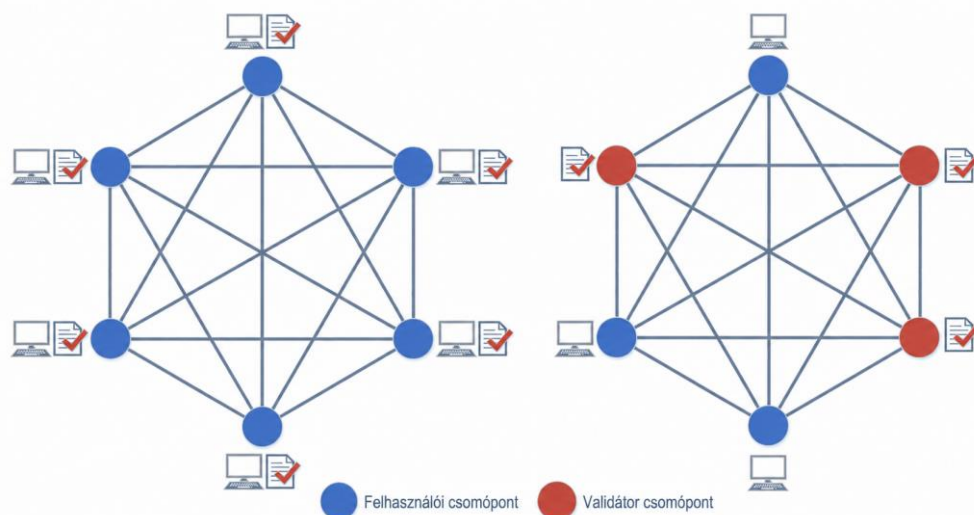
A blokklánc technológia jelentősége a fenntartható menedzsment kontextusában is túlmutat a pusztán technikai implementáción. A menedzsment perspektíva itt a technológiát a körforgásos gazdaság katalizátoraként értelmezi (REJEB ET AL., 2023a; ABBAS & MYEONG, 2024; GHOBANKHLOO ET AL., 2024). A technológiai definíciók ebben az esetben az IoT-szenzorok és a blokklánc közötti adatkapcsolatot (Oracle-probléma) hangsúlyozzák, míg a menedzsment-perspektíva a fogyasztói bizalom növelését és a zöld tevékenységek hitelesítését tekinti a fő célkitűzésnek (GARAUS & TREIBLMAIER, 2021; KHAN ET AL., 2022; CONTINI ET AL., 2023).

Véleményem szerint a blokklánc definíciós megközelítései közötti feszültség a technológia éretlenségéből és komplexitásából adódik. A technológiai perspektíva biztosítja a rendszer működési kereteit és biztonságát, míg a menedzsment-perspektíva adja meg az implementáció gazdasági racionalitását és célját. A szervezetek számára a legnagyobb kihívás e két világ harmonizációja: olyan technikai megoldások választása, amelyek valódi üzleti értéket teremtenek, miközben képesek kezelni a decentralizált hálózatok kormányzási és szabályozási

nehézségeit. A blokklánc jelentősége végső soron abban áll, hogy egy olyan digitális infrastruktúrát kínál, amely képes automatizálni a bizalmat és optimalizálni az értékláncokat egy egyre inkább adatvezérelt és transzparenciát igénylő globális gazdaságban.

2.3.2.2. Technológiai architektúrák: publikus, privát és konzorciumi blokkláncok

A BCT tudományos diskurzusában az egyik legmeghatározóbb elemzési szempont a rendszerek hálózati architektúrája és a hozzáférési jogosultságok rendszere szerinti osztályozás. A rendelkezésre álló szakirodalom rámutat, hogy az architektúra megválasztása nem csupán technikai kérdés, hanem alapvető stratégiai döntés, amely meghatározza a rendszer bizalmi modelljét, teljesítményét és kormányzási struktúráját (KAFEEL ET AL., 2023; DANESE & ROMANO, 2025; PATHAK ET AL., 2025). Az architektúrák alapvető lehatárolása a hálózati láthatóság és a tranzakciók hitelesítésében való részvétel joga szerint történik, megkülönböztetve a nyilvános, a privát és a konzorciumi (federated) modelleket, valamint az ezeket ötvöző hibrid megoldásokat. Ahogy a 8. ábra szemlélteti a nyilvános, engedély nélküli blokkláncok esetében a hálózathoz való csatlakozás, valamint a tranzakciók validálásában való részvétel bárki számára nyitott, központi jogosultságkezelés nélkül. Ezzel szemben a privát, engedélyköteles blokkláncok zárt hálózati struktúrát alkalmaznak, ahol a hozzáférést és a konszenzusfolyamatban való részvételt kizárólag előzetesen autorizált csomópontok számára engedélyezik (WIBOWO & YAZID, 2023).



8. ábra: Nyilvános és privát blokklánc szemléltetése

Forrás: saját szerkesztés ANDONI ET AL. (2018) alapján

A blokklánc-rendszerekben a résztvevők köre az alkalmazott architektúrától függően eltér, azonban az alábbi fő szereplők általánosan azonosíthatók:

- *Felhasználók*: Olyan egyének vagy szervezetek, akik tranzakciókat kezdeményeznek, adatokat rögzítenek, illetve a blokkláncon tárolt információkat lekérdezik. Nyilvános hálózatokban bárki lehet felhasználó, míg privát rendszerekben csak engedéllyel rendelkező szereplők.
- *Validáló csomópontok (validatorok / bányászok)*: A tranzakciók ellenőrzését és a blokkok létrehozását végző hálózati szereplők. Nyilvános, engedély nélküli rendszerekben ezek a szereplők nyíltan csatlakozhatnak, míg engedélyköteles hálózatokban kizárólag kijelölt, autorizált csomópontok tölthetik be ezt a funkciót.
- *Hálózati csomópontok*: A blokklánc teljes vagy részleges másolatát tároló szereplők, amelyek biztosítják az adatok redundanciáját, az átláthatóságot és a rendszer ellenálló képességét. Nem minden csomópont vesz részt közvetlenül a validálásban.
- *Irányító vagy adminisztratív szereplők*: Különösen privát vagy konzorciumi blokkláncok esetében jelennek meg, és felelősek a hozzáférési jogok kezeléséért, a szabályok meghatározásáért, valamint a hálózat működési kereteinek fenntartásáért.
- *Alkalmazás- és szolgáltatásfejlesztők*: Olyan technikai szereplők, akik okosszerződéseket, decentralizált alkalmazásokat (DAppokat) vagy vállalati megoldásokat fejlesztenek a blokklánc-infrastruktúrára építve (ESMAEILZADEH, 2022; POPOOLA ET AL., 2024; WIBOWO & YAZID, 2023).

Nyilvános blokkláncok: A nyilvános vagy engedély nélküli blokkláncok képviselik a technológia eredeti koncepcióját, amely egy teljesen nyitott és decentralizált ökoszisztémát feltételez (TAHERDOOST, 2022; PATHAK ET AL., 2025). Ebben a modellben bárki csatlakozhat a hálózathoz csomópontként, olvashatja a főkönyv teljes tartalmát, és részt vehet a konszenzus-folyamatban, azaz a tranzakciók hitelesítésében (ESMAEILZADEH, 2022; POPOOLA ET AL., 2024). A bizalom ebben az architektúrában nem egy központi entitásba, hanem magába az algoritmusba és a hálózat kollektív integritásába vetett (POLCUMPALLY ET AL., 2024; RIEDL ET AL., 2024). Az ilyen rendszerek legfőbb előnye a cenzúraellenállás és a rendkívül magas szintű adatbiztonság, mivel a hálózat manipulálása egyetlen szereplő számára szinte lehetetlen a résztvevők nagy száma és a konszenzusmechanizmusok (pl.: PoW, PoS) szigorú szabályai miatt (POPOOLA ET AL., 2024; TAHERDOOST, 2022).

Ugyanakkor a publikus blokkláncok jelentős korlátokkal küzdenek a nagyüzemi szervezeti alkalmazások terén, különösen a skálázhatóság, a tranzakciós sebesség és a környezeti fenntarthatóság tekintetében (PERON ET AL., 2025; GHOBAKHLOO ET AL., 2024). A nagy

számú csomópont közötti egyeztetés jelentős késleltetést (latency) okoz, ami alkalmatlanná teszi ezeket a rendszereket a valós idejű üzleti folyamatok kiszolgálására (POPOOLA ET AL., 2024). Üzleti szempontból további kritikus akadály a teljes transzparencia: a vállalatok gyakran nem engedhetik meg, hogy bizalmas kereskedelmi adataik, árazási stratégiáik vagy beszállítói adataik bárki számára szabadon hozzáférhetőek legyenek a nyilvános hálózaton (DANESE & ROMANO, 2025; BIANCONE ET AL., 2025).

Privát blokkláncok: A privát vagy engedélyhez kötött blokkláncok egyetlen szervezet vagy entitás kizárólagos ellenőrzése alatt állnak (ESMAEILZADEH, 2022; DANESE & ROMANO, 2025). Ebben az architektúrában a hálózat üzemeltetője határozza meg, hogy ki férhet hozzá az adatokhoz és ki vehet részt a validációs folyamatban (WIBOWO & YAZID, 2023; POPOOLA ET AL., 2024). A kormányzás itt centralizáltabb, és sok szempontból hasonlít a hagyományos vállalati adatbázisokhoz, azonban megtartja a blokklánc technológia integritást biztosító elemeit, például a kriptográfiai láncolást és a megváltoztathatatlanságot (KAFEEL ET AL., 2023; DANESE & ROMANO, 2025). A privát architektúrák legfőbb előnye, amit a 9. táblázat is részletez, a rendkívüli hatékonyság és skálázhatóság. Mivel a hitelesítő csomópontok száma korlátozott és azok ismert, megbízható felek, nincs szükség az energiaigényes bányászati folyamatokra, helyettük sokkal gyorsabb algoritmusokat alkalmaznak, mint a Proof-of-Authority (PoA) vagy a PBFT (POPOOLA ET AL., 2024; MBADLISA & JOKONYA, 2024). Ez lehetővé teszi a tranzakciók másodpercek alatti végrehajtását, ami elengedhetetlen a vállalati erőforrás-tervezési (ERP) rendszerekbe történő integrációhoz (VASILEIOU ET AL., 2025). Bár a decentralizáció mértéke itt a legalacsonyabb, az üzleti szektor számára ez a modell biztosítja a szükséges egyensúlyt a technológiai innováció, a bizalmas adatkezelés és a szabályozási megfelelés között (DANESE & ROMANO, 2025; PERON ET AL., 2025).

9. táblázat: A blokklánc architektúrák összehasonlító jellemzői

Vizsgálati dimenzió	Nyilvános blokklánc	Privát blokklánc
Hozzáférés és Részvétel	Nyitott: Bárki csatlakozhat csomópontként, olvashatja és írhatja a főkönyvet engedély nélkül. A rendszer decentralizált, nincs központi kapuőr.	Korlátozott: A részvétel engedélyhez kötött; csak ismert és hitelesített entitások (pl. konzorciumi tagok) válhatnak csomóponttá és férhetnek hozzá az adatokhoz.
Konszenzus mechanizmus	Erőforrás-igényes: Versenyalapú (pl. PoW) vagy stake-alapú (pl. PoS) mechanizmusok, amelyek sok résztvevőt igényelnek a bizalom fenntartásához, de lassabbak.	Hatékony: Könnyűsúlyú mechanizmusok vagy kijelölt validátorok (pl. hatóságok, harmadik fél), mivel a résztvevők identitása ismert.

Vizsgálati dimenzió	Nyilvános blokklánc	Privát blokklánc
Sebesség és Skálázhatóság	Alacsony: A tranzakciók sebessége korlátozott, a hálózati késleltetés magas a globális konszenzusigény miatt.	Magas: Nagy tranzakciós áteresztőképesség és valós idejű válaszkészség, mivel kevesebb csomópontnak kell egyeztetnie.
Adatvédelem és Biztonság	Átlátható (Pseudo-anonim): A tranzakciók nyilvánosak és visszakövethetők, ami adatvédelmi aggályokat vethet fel üzleti titkok esetén.	Szigorúan szabályozott: Részletes hozzáférés-vezérlés és titkosítás biztosítja az üzleti titkok és személyes adatok védelmét.

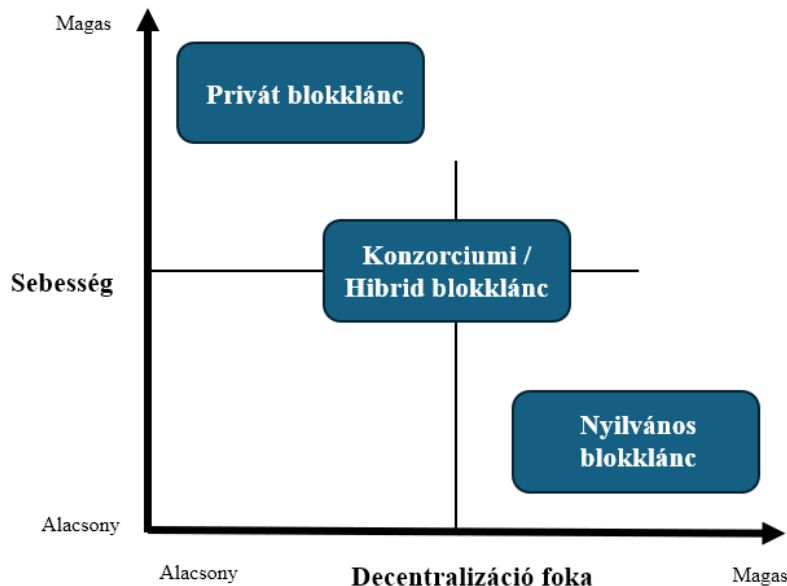
Forrás: Saját szerkesztés (DANESE & ROMANO, 2025; POPOOLA ET AL., 2024) alapján.

Konzorciumi blokkláncok: A konzorciumi vagy federatív blokkláncok a publikus és a privát modellek közötti átmenetet képviselik, ahol a hálózat irányítása nem egyetlen cég, hanem több független, de egymással üzleti kapcsolatban álló szervezet (például egy iparági szövetség tagjai) kezében van (SAARI ET AL., 2022; HANISCH ET AL., 2025). A konszenzus-mechanizmusért a konzorciumi tagok által kijelölt csomópontok csoportja felel, biztosítva a részleges decentralizációt (DANESE & ROMANO, 2025; POPOOLA ET AL., 2024). Ez az architektúra különösen népszerű az ellátási lánc menedzsmentben és a pénzügyi szektorban, ahol a partnereknek közös, hiteles adatbázisra van szükségük, de egyikük sem akarja a teljes kontrollt átadni egyetlen versenytársnak sem (MORETTO & MACCHION, 2022; VASILEIOU ET AL., 2025).

A konzorciumi blokkláncok jelentőségét támasztják alá az olyan ágazati kezdeményezések, ahol a közös, megosztott főkönyv révén növelhető az átláthatóság és csökkenthető az információs aszimmetria az érintettek között (AKTER ET AL., 2024; MADANCHIAN & TAHERDOOST, 2025). A kormányzás itt a legkomplexebb feladat: a konzorciumi tagoknak meg kell egyezniük a részvételi szabályokban, az okoszerződések logikájában és a költségmegosztási protokollokban (HANISCH ET AL., 2025; ZHANG ET AL., 2025). Ez a modell képes kezelni a „centralizáció-decentralizáció paradoxonát”, ahol a hatékonyság növeléséhez szükség van némi központi koordinációra, de a bizalom fenntartásához elengedhetetlen a decentralizált felügyelet (HANISCH ET AL., 2025).

Hibrid megoldások: Az elmúlt évek kutatásai elvezettek a hibrid modellekig, amelyek ötvözik a különböző architektúrák előnyeit. Egy hibrid rendszerben például egy vállalat használhat privát blokkláncot a belső folyamataihoz és a szenzitív adatok tárolásához, de bizonyos hash-értékeket publikus láncon is rögzíthet, hogy külső felek vagy hatóságok számára is megkérdőjelezhetetlenül igazolni tudja az adatok változatlanóságát (BIANCONE ET AL., 2025; ESMAEILZADEH, 2022). Ez a megközelítés közvetlen választ ad a „blokklánc trilemmára”,

amely szerint egy rendszer nem lehet egyszerre maximálisan decentralizált, biztonságos és skálázható (POPOOLA ET AL., 2024). A technológiai architektúra kiválasztásakor a szervezeteknek mérlegelniük kell az úgynevezett „Oracle-problémát” is, amely a fizikai világ adatai és a láncon tárolt digitális rekordok közötti hiteles kapcsolat megteremtésére vonatkozik (KAFEEL ET AL., 2023; BIANCONE ET AL., 2025). A dolgozat erről részletesebben a 2.4.4. fejezetben értekezik. A Layer-2 (második rétegű) megoldások és az off-chain (nem a blokkláncon) tárolási technikák alkalmazása egyre gyakoribb a hibrid rendszerekben, mivel ezek segítik a fő lánc tehermentesítését, csökkentik a költségeket és növelik a rendszer áteresztőképességét anélkül, hogy a biztonsági szint érdemben csökkenne (YADLAPALLI ET AL., 2022; TAN-VO ET AL., 2025). Az architektúra megválasztása során figyelembe kell venni a kiberbiztonsági kockázatokat is. Míg a publikus láncok az 51%-os támadásokkal szemben sebezhetőbbek, ha a számítási kapacitás koncentrálódik, addig a privát rendszerekben a belső visszaélések és a központi hitelesítési pontok jelentik a fő kockázatot (POPOOLA ET AL., 2024; PERON ET AL., 2025). Az interoperabilitás – vagyis a különböző architektúrájú blokkláncok közötti kommunikáció képessége – a jövőbeni kutatások kulcsfontosságú iránya, mivel ez akadályozhatja meg az újabb technológiai „adatszigetek” kialakulását a digitális gazdaságban (BIANCONE ET AL., 2025; AKTER ET AL., 2024).

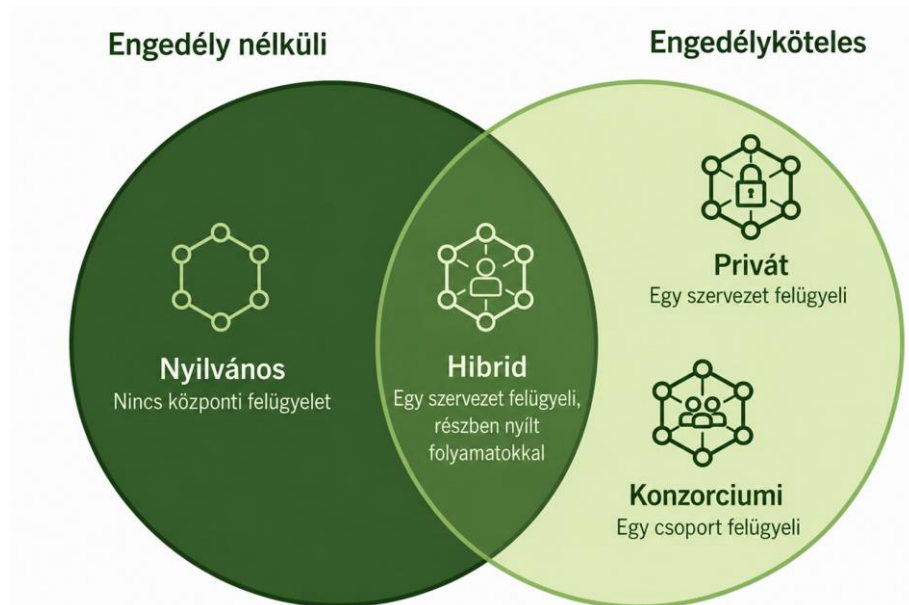


9. ábra: Blokklánc típusok mátrixa a decentralizáció foka és a tranzakciós áteresztőképesség függvényében

Forrás: saját szerkesztés (POPOOLA ET AL., 2024; DANESE & ROMANO, 2025) alapján

A szakirodalomból szintetizálható, hogy nem létezik egyetlen, minden szervezeti célra optimális blokklánc architektúra (9. ábra). A választás mindig a konkrét üzleti esettől, a résztvevők közötti bizalom szintjétől, az adatvédelmi követelményektől és a szükséges

technikai teljesítménytől függ. A publikus blokkláncok maradnak az ideális platformok a globális, határ nélküli fizetésekhez és a teljes társadalmi transzparenciát igénylő folyamatokhoz, míg a privát és konzorciumi modellek fogják uralni a vállalati belső hatékonyságjavítást és az értéklánc-szintű együttműködéseket (10. ábra). A szervezeteknek fel kell készülniük arra, hogy architektúra-szintű döntéseik hosszú távú stratégiai következményekkel járnak, és alapvetően meghatározzák versenyképességüket egy egyre inkább adatvezérelt globális piacon.



10. ábra: A blokklánc-hálózatok tipológiája az irányítási és hozzáférési modell alapján

Forrás: saját szerkesztés KUBLER ET AL. (2023) és POPOOLA ET AL (2024) alapján

2.3.3. Decentralizált vs. centralizált adatbázisok: vállalati döntési szempontok

A BCT lényegi értelmezése során a szakirodalom egyetért abban, hogy az alapvetően egy adatbázisként funkcionál, amelynek elsődleges célja a tranzakciók időbeli tárolása (KAFEEL ET AL., 2023; SINGH ET AL., 2023). Ugyanakkor a blokklánc és a hagyományos, központosított relációs adatbázisok közötti különbség az adatok tárolásának, biztosításának és a felettük gyakorolt kontrollnak a módjában rejlik (KAFEEL ET AL., 2023; AKTER ET AL., 2024). A vállalati döntéshozók számára a legkritikusabb kérdés nem az, hogy a blokklánc technológiailag fejlettebb-e, hanem az, hogy egy adott üzleti problémára a decentralizált megosztott főkönyv vagy egy jól bevált központi adatbázis kínál-e hatékonyabb megoldást (GARRARD & FIELKE, 2020; HRIBERNIK ET AL., 2020; BAUER ET AL., 2023).

2.3.3.1. Technikai és operatív összehasonlítás

A hagyományos adatbázisok, mint például a MySQL, egy kliens-szerver architektúrára épülnek, ahol egy központi adminisztrátor teljes körű ellenőrzéssel bír az adatok felett: ő jogosult az adatok létrehozására, olvasására, frissítésére és törlésére (CRUD műveletek – Create, Read, Update, Delete) (SAHOO ET AL., 2022). Ezzel szemben a blokklánc egy peer-to-peer (P2P) hálózaton alapul, ahol minden résztvevő rendelkezik a teljes főkönyv másolatával, és az adatok kezelése nem törölhető, csupán hozzáírható műveletekre korlátozódik (AKTER ET AL., 2024; WANG ET AL., 2023). A döntési szempontok egyik legfontosabb eleme a teljesítmény és a hatékonyság. A központosított adatbázisok rendkívül gyors írási sebességgel rendelkeznek, és könnyen lekérdezhetők, ami alkalmassá teszi őket nagy adatmennyiség valós idejű kezelésére (GARRARD & FIELKE, 2020; DUONG ET AL., 2024). A publikus blokkláncok ezzel szemben jelentős skálázhatósági korlátokkal küzdenek: a tranzakciók hitelesítése időigényes, az áteresztőképesség pedig alacsony a konszenzusmechanizmusok komplexitása miatt (PERON ET AL., 2025; BISWAS & GUPTA, 2019). Vállalati környezetben ez azt jelenti, hogy ha a folyamat magas tranzakciós sebességet igényel bizalmi kockázat nélkül, a centralizált megoldás marad a racionális választás (GARRARD & FIELKE, 2020; HRIBERNIK ET AL., 2020).

2.3.3.2. A bizalmi modell és a közvetítők szerepe

Az osztott főkönyvi technológia mellett szóló legerősebb érv a bizalom algoritmizálása. Míg a hagyományos rendszerekben a feleknek bízniuk kell egy központi hitelesítőben vagy az adatbázis adminisztrátorában, a blokklánc ezt a bizalmat kriptográfiai hash-függvényekbe és konszenzus-algoritmusokba helyezi át (GARRARD & FIELKE, 2020; MEYERS & KEYMOLEN, 2023; LU ET AL., 2025). SAHOO ET AL. (2022) rámutatnak egy kritikus szervezeti kockázatra: a központi adatbázisoknál fennáll a „visszaélés” veszélye, mivel az adminisztrátor – akit jellemzően csak az egyik fél fizet – módosíthatja az adatokat a megbízója javára anélkül, hogy a partnerek erről tudomást szereznének. A blokklánc ezzel szemben megváltoztathatatlan audit-naplót biztosít, ahol minden módosítási kísérlet azonnal láthatóvá válik a hálózat egésze számára (CERCHIONE ET AL., 2023; AKTER ET AL., 2024). A hagyományos adatbázis és blokklánc alapú technológia összehasonlítása a 10. táblázatban került összegzésre.

10. táblázat: Blokklánc vs. Relációs adatbázis összehasonlító mátrixa

Vizsgálati dimenzió	Blokklánc technológia	Hagyományos relációs adatbázis
Decentralizáció	Maximális: Minden résztvevő tárolja a főkönyv teljes másolatát. Nincs központi	Centralizált: Az adatbázist egy központi hatóság vagy adminisztrátor kezeli és tárolja egy

Vizsgálati dimenzió	Blokklánc technológia	Hagyományos relációs adatbázis
	adminisztrátor, aki egyedül döntene a hozzáférésről.	szerveren. Ő dönt a jogosultságokról.
Megváltoztathatatlan	Magas: Az adatok csak hozzáfűzhetők, a korábbi rekordok módosítása vagy törlése kriptográfiailag lehetetlen (vagy rendkívül erőforrás-igényes).	Alacsony (CRUD): Támogatja a létrehozás (Create), olvasás (Read), frissítés (Update) és törlés (Delete) funkciókat. Az adminisztrátor bármikor módosíthatja vagy törölheti az adatokat.
Írási sebesség	Alacsony / Lassú: A konszenzus mechanizmusok (pl. PoW) és a hálózati terjedés miatt az új blokkok létrehozása és hitelesítése időigényes (nagy késleltetés).	Rendkívül gyors: Nagy mennyiségű adat írása azonnal megtörténhet, mivel csak a központi szerver hitelesítése szükséges, nincs szükség hálózati konszenzusra.
Lekérdezhetőség	Nehézkes: A láncolt adatszerkezet miatt a komplex keresések (pl. „minden tranzakció X és Y dátum között”) nehezen és nem hatékonyan kivitelezhetők.	Kiváló (SQL): A strukturált lekérdező nyelvek (SQL) segítségével bonyolult szűrések és adatmanipulációk végezhetők gyorsan és egyszerűen.

Forrás: Saját szerkesztés (GARRARD & FIELKE, 2020; SAHOO ET AL., 2022) alapján

2.3.3.3. Vállalati döntési keretrendszerek (Döntési fák)

A szakirodalom számos strukturált döntési modellt kínál annak meghatározására, hogy egy projektnek szüksége van-e blokkláncra (ANDREOULAKI ET AL., 2024). HRIBERNIK ET AL. (2020) és JEANNERET ET AL. (2024) elemzései alapján a legfontosabb kérdések, amelyeket a vállalatoknak fel kell tenniük:

1. *Szükség van-e adatbázisra?* Ha nincs szükség strukturált adattárolásra, egyik technológia sem releváns.
2. *Több írója van-e a rendszernek?* Ha csak egyetlen entitás módosítja az adatokat, a blokklánc feleslegesen növeli a komplexitást.
3. *Van-e bizalom az írók között?* Ha a felek ismerik és megbízhatónak tartják egymást, vagy egy elfogadott harmadik fél (Trusted Third Party – TTP) rendelkezésre áll, a centralizált adatbázis hatékonyabb.
4. *Szükséges-e a megváltoztathatatlan?* Ha az adatok integritásának külső igazolása és a visszamenőleges módosítás tilalma alapkövetelmény, a blokklánc értéke felülmúlja a centralizált rendszerekét.

QUTTAINAH & SINGH (2024) és SAMAD ET AL. (2023) hangsúlyozzák, hogy a blokklánc akkor nyújt valódi többletértéket, ha a partnerek érdekei nem feltétlenül egyeznek meg (pl. beszállító vs. vevő), mégis közös, hiteles adatalapra van szükségük a tranzakciók

lebonyolításához. Amennyiben azonban a szabályok gyakran és dinamikusan változnak, a DLT rugalmatlansága akadályozhatja a működést, míg a központi adatbázisok rugalmasabban kezelik az ilyen jellegű módosításokat.

2.3.3.4. Gazdasági és stratégiai szempontok

A döntés során nem szabad figyelmen kívül hagyni a költségtényezőket sem. A hagyományos adatbázisok üzemeltetése olcsó és széles körben rendelkezésre álló szakértelmet igényel (GARRARD & FIELKE, 2020; KAFEEL ET AL., 2023). Ezzel szemben a blokklánc implementációja magas kezdeti beruházási költséggel, drága szakértői gárdával és jelentős energiaigénnyel járhat (BISWAS & GUPTA, 2019; DADSENA ET AL., 2024; KANNAN ET AL., 2024). A „blokklánc-megoldás blokklánc nélkül” jelenség rávilágít arra, hogy sok esetben a folyamatok egyszerű digitalizálása és szabványosítása már önmagában meghozza a várt hatékonyságjavulást anélkül is, hogy a DLT technikai komplexitását bevezetnék (DAS, 2020; MEYERS & KEYMOLEN, 2023).

Ugyanakkor stratégiai szempontból a blokklánc integrációja képessé teheti a vállalatokat az Ipar 4.0 és 5.0 ökoszisztémáiba való bekapcsolódásra, ahol az automatizált, gép-gép közötti interakciók és az okosszerződések alapvető követelmények (KUNKCÜ ET AL., 2023; MOURTZIS ET AL., 2023; SHAHZAD ET AL., 2023; HAN & LI, 2025). A DLT alkalmazása javíthatja a szervezeti rezilienciát is: a decentralizált hálózatok ellenállóbbak a központi hibaforrásokkal és a célzott kibertámadásokkal szemben, mivel nincs egyetlen olyan szerver, amelynek kiesése az egész rendszert megbénítaná (POPOOLA ET AL., 2024; CHOWDHURY ET AL., 2024).

A DLT és a centralizált adatbázisok közötti választás (11. ábra) nem technológiai divat, hanem kockázat- és költségmenedzsment kérdése. A vállalatoknak akkor érdemes a blokkláncot választaniuk, ha a decentralizációból eredő biztonság, az adatvédelem és a manipulálhatatlanság fontossága megelőzi a sebesség és az alacsony fenntartási költség igényét. A jövőbeni megoldások valószínűleg a hibrid rendszerek felé mutatnak, ahol a tranzakciók sebességét centralizált rétegek biztosítják, míg a végső elszámolás és hitelesítés a blokkláncon történik, kihasználva mindkét architektúra előnyeit.



11. ábra: Blokklánc döntési fa vállalatoknak

Forrás: saját szerkesztés (HRIBERNIK ET AL., 2020; JEANNERET ET AL., 2024) alapján

2.3.4. Konszenzusmechanizmusok és az immutabilitás gazdasági jelentősége

A blokklánc technológia gazdasági és szervezeti hatásmechanizmusának megértéséhez kulcsfontosságú a konszenzusmechanizmusok és az adatok megváltoztathatatlanságának vizsgálata. Ezek technikai értelemben protokollok, menedzsment-tudományi szempontból azonban a digitális gazdaság új bizalmi infrastruktúráját jelentik (RIEDL ET AL., 2024). A konszenzusmechanizmusok a tranzakciók hitelesítését és sorrendiségét biztosítják központi felügyelet nélkül, míg az immutabilitás a szerződéses kapcsolatok biztonságát és az auditálhatóságot erősíti (BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024).

2.3.4.1. A konszenzusmechanizmusok, mint a decentralizált bizalom motorjai

A konszenzusmechanizmus olyan szabályrendszer vagy algoritmus, amely lehetővé teszi, hogy a hálózat egymástól független, gyakran egymásban nem bízó csomópontjai egyetértésre jussanak a főkönyv aktuális állapotáról (ANDONI ET AL., 2019; POPOOLA ET AL., 2024). Gazdasági értelemben részben helyettesíti a hagyományos közvetítőket, például bankokat, klíringházakat vagy közjegyzőket, ezáltal csökkentheti a tranzakciós és ügynöki költségeket (MORETTO & MACCHION, 2022). A különböző protokollok eltérő kompromisszumot teremtenek a biztonság, a skálázhatóság és a decentralizáció között, amelyet a szakirodalom „blokklánc trilemmaként” ír le (BISWAS & GUPTA, 2019; LIU & ZHAO, 2025; MAWRIDES ET AL., 2025). A Proof-of-Work a legismertebb konszenzusmechanizmus, amelyben a

bányászok számítási kapacitással versenyeznek a blokkok validálásáért (ANDONI ET AL., 2019). Előnye, hogy a hálózat manipulálását rendkívül költségessé teszi, ugyanakkor magas energiaigénye és alacsony tranzakciós sebessége korlátozza vállalati alkalmazhatóságát (BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024; POPOOLA ET AL., 2024; JANSSEN ET AL., 2020; AKELLA ET AL., 2023; GHOBAKHLOO ET AL., 2024).

A modern üzleti alkalmazásokban ezért egyre nagyobb szerepet kapnak az alternatív megoldások. A Proof-of-Stake a validálási jogot a hálózatban lekötött vagyonhoz kapcsolja, így energiahatékonyabb és gyorsabb működést tesz lehetővé (KANNAN ET AL., 2024; POPOOLA ET AL., 2024). A vállalati és konzorciumi rendszerekben gyakori a Proof-of-Authority és a Practical Byzantine Fault Tolerance alkalmazása is, mivel ezek ismert validátorokra építve nagyobb tranzakciós sebességet biztosítanak, bár alacsonyabb decentralizáció mellett (ANDONI ET AL., 2019; DANESE & ROMANO, 2025). A döntéshozóknak ezért azt kell mérlegelniük, hogy az adott üzleti modellben a biztonság, a költséghatékonyság vagy a teljesítmény a meghatározó szempont (ANDONI ET AL., 2019; POPOOLA ET AL., 2024).

2.3.4.2. Az immutabilitás gazdasági jelentősége és az opportunizmus csökkentése

Az immutabilitás azt jelenti, hogy a blokkláncon validált és rögzített adat utólag nem módosítható vagy törölhető anélkül, hogy a lánc későbbi elemeit is újra kellene számolni, ami a gyakorlatban rendkívül nehéz vagy lehetetlen (PERON ET AL., 2025; BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024). Ez létrehoz egy közös, manipulálhatatlan „igazságforrást”, amely csökkenti az információs aszimmetriát és erősíti a felek közötti bizalmat (AKTER ET AL., 2024; SHAMSUZZOHA ET AL., 2025).

Gazdasági jelentősége különösen az ex-post opportunizmus mérséklésében jelenik meg, vagyis abban, hogy a felek a megállapodás után kevésbé tudják letagadni vagy utólag módosítani a teljesítést (DAS, 2020; DANESE & ROMANO, 2025). Ez különösen fontos komplex ellátási láncokban, ahol gyakori probléma lehet például a szállítmány minőségének, eredetének vagy átvételi idejének vitatása. A blokklánc auditálható nyilvántartása minden tranzakcióról bizonyítékot szolgáltat, ezért növeli a szerződéses fegyelem és az elszámoltathatóság szintjét (AL AMIN ET AL., 2023; MEYERS & KEYMOLEN, 2023). Ez a funkció különösen értékes a magas bizalmatlansággal vagy információs aszimmetriával jellemezhető piacokon, például a nemzetközi kereskedelemben vagy a használt javak piacán (BATWA & NORMAN, 2021; KOWALSKI ET AL., 2021; BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024).

2.3.4.3. A bizalom automatizálása

A konszenzus és az immutabilitás együttesen lehetővé teszik, hogy a blokklánc a vállalati minőségjelzés eszközévé váljon. Mivel az adatok hitelesítését nem kizárólag a vállalat, hanem a hálózat végzi, a fogyasztók nagyobb bizalommal fogadhatják például egy élelmiszer eredetére vagy egy luxustermék valódiságára vonatkozó információkat (DAVIES ET AL., 2024). Ezt a szakirodalom a „bizalom nélküli bizalom” paradoxonaként írja le: a feleknek nem egymás jóindulatában, hanem a technológiai rendszer működésében kell megbízniuk (BODÓ & JANSEN, 2022; DAAH ET AL., 2024).

Az immutabilitás értéke ugyanakkor csak akkor realizálódik, ha a blokkláncra kerülő adatok valóban pontosak. A „garbage in, garbage out” elve alapján a hibás vagy manipulált bemeneti adatot a blokklánc nem javítja ki, hanem változatlanul konzerválja (KAFEEL ET AL., 2023; BIANCONE ET AL., 2025). Ezért a blokklánc gazdasági hatékonysága nagymértékben függ az IoT-eszközök és hiteles adatforrások integrációjától, amelyek emberi beavatkozás nélkül képesek megbízható adatokat szolgáltatni a hálózat számára (SHAMSUZZOHA ET AL., 2025; DANESE & ROMANO, 2025).



12. ábra: A konszenzus és immutabilitás gazdasági hatásmechanizmusa

Forrás: saját szerkesztés (BODÓ & JANSEN, 2022; MORETTO & MACCHION, 2022; BIANCONE ET AL., 2025) alapján

Ahogy a 12. ábra szemlélteti, a konszenzusmechanizmusok és az immutabilitás nem csupán a blokklánc technikai attribútumai, hanem alapvető gazdasági intézmények. A konszenzusmechanizmusok decentralizálják a hitelesítést, megszüntetve a monopolhelyzetben lévő közvetítők szükségességét, míg az immutabilitás stabilizálja a szerződéses környezetet és kikényszeríti az elszámoltathatóságot. Ezen elemek együttes hatása teszi lehetővé a tranzakciós költség elmélet (Transaction Cost Economics – TCE) által leírt piaci súrlódások

minimalizálását és új, hatékonyabb koordinációs mechanizmusok (pl. okosszerződések) létrejöttét a globális gazdaságban (CHEN ET AL., 2022; KLÖCKNER ET AL., 2023). A szervezetek számára a kihívás abban rejlik, hogy olyan architektúrát válasszanak, amelyben a konszenzus költsége nem haladja meg a bizalom és a biztonság által teremtett gazdasági értéket (GHOBAKHLOO ET AL., 2024; SAHOO ET AL., 2022).

2.4. A bizalom, adatbiztonság és értékteremtés mechanizmusai blokklánc-alapon

2.4.1. A „trustless trust” elméleti paradoxona

A blokklánc technológia megjelenése alapvető kihívást intézett a bizalom hagyományos szociológiai és közgazdaságtani fogalmaihoz, létrehozva a „bizalom nélküli bizalom” paradoxonát. Ez a fogalmi ellentmondás abból fakad, hogy míg a technológia támogatói gyakran a bizalom szükségességének teljes kiküszöbölését hirdetik, a szakirodalom mélyrehatóbb elemzései rámutatnak, hogy valójában a bizalom szerkezetének radikális átalakulásáról, nem pedig annak megszűnéséről van szó (MEYERS & KEYMOLEN, 2023; RIEDL ET AL., 2024). Az intézményi közgazdaságtan perspektívájából vizsgálva a blokklánc egy új intézményi technológiaként értelmezhető, amely a tranzakciós költségek csökkentését és az ügynöki problémák kezelését nem központi közvetítőkön, hanem decentralizált, algoritmikus mechanizmusokon keresztül kíséri meg (JEANNERET ET AL., 2024; BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024).

A „trustless” - bizalommentes - kifejezés a blokklánc kontextusában félrevezető lehet, mivel azt sugallja, hogy a feleknek egyáltalán nincs szükségük bizalomra a tranzakciók lebonyolításához. A valóságban azonban a rendszer működése csupán a bizalom tárgyát helyezi át: az interszónális és az intézményi (bankokba, kormányokba vetett) bizalom helyett a technológiai architektúrába, a kriptográfiai kódba és a konszenzus-protokollokba vetett bizalom válik elsődlegessé (RIEDL ET AL., 2024; POLCUMPALLY ET AL., 2024). Ezt a jelenséget MEYERS & KEYMOLEN (2023) a „funkcionális fikció” fogalmával írja le, rámutatva, hogy a felhasználók úgy cselekszenek, mintha a rendszer inherensen megbízható lenne, miközben paradox módon vakon kell bízniuk a rendszert fejlesztő programozókban és a hálózatot fenntartó csomópontokban, bányászokban vagy validátorokban.

A paradoxon lényege, hogy a közvetítők kiiktatásának ígérete – amelyet a diszintermediáció elmélete hirdet – gyakran új típusú, technikai közvetítők megjelenéséhez vezet (BODÓ & JANSSEN, 2022). A felhasználók többsége nem rendelkezik a kód auditálásához szükséges technikai tudással, így a bizalom nem szűnik meg, hanem az emberi közvetítőkről a technológiai szakértőkre és a szoftverekre száll át, ami újfajta információs aszimmetriát és

sebezhetőséget teremt (MEYERS & KEYMOLEN, 2023; HANISCH ET AL., 2025). Ez a „bizalom nélküli bizalom” különösen kritikussá válik a privát és konzorciumi blokkláncok esetében, ahol a decentralizáció foka korlátozott, és a résztvevőknek bízniuk kell a hálózatot irányító konzorciumban vagy a domináns szereplőben, ami visszavezet a „centralizáció-decentralizáció paradoxonához” (HANISCH ET AL., 2025; DANESE & ROMANO, 2025). A paradoxon másik dimenziója az úgynevezett „Oracle-probléma”, amely a fizikai és a digitális világ közötti kapcsolatra vonatkozik. Ebben az esetben a „bizalommentes” rendszer valójában továbbra is igényli a fizikai világ szereplőibe vetett hagyományos bizalmat, ami aláássa a technológia tisztán algoritmikus bizalmi modelljét (BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024; CASATI ET AL., 2024).

2.4.2. Tranzakciós költségek és ügynökelmélet

Az új intézményi közgazdaságtan, különösen a tranzakciós költségek elmélete és az ügynökelmélet, megfelelő keretet ad a blokklánc gazdasági funkciójának értelmezéséhez. A TCE szerint az intézmények és közvetítők célja a piaci súrlódások, az információs aszimmetria és az oportunizmus mérséklése (JEANNERET MEDINA ET AL., 2024; BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024). Ebben a megközelítésben a blokklánc „bizalomtechnológiaként” működik, mivel automatizálja a hitelesítést és a szerződéses teljesítést, ezáltal csökkentheti az ex-post ellenőrzési és végrehajtási költségeket (DANESE & ROMANO, 2025; SHAMSUZZOHA ET AL., 2025).

Az ellátási láncokban a blokklánc átalakítja a klasszikus megbízó-ügynök viszonyokat. A megbízó számára hagyományosan nehéz az ügynök tevékenységének ellenőrzése, ami morális kockázathoz és oportunizmushoz vezethet. A blokklánc átláthatósága és megváltoztathatatatlansága azonban „egyetlen igazságforrást” hoz létre, amely csökkenti az ügynök információs előnyét, és támogatja a valós idejű monitorozást (REJEB ET AL., 2023b; JEANNERET ET AL., 2024). Az okosszerződések tovább erősítik ezt a mechanizmust, mivel a kifizetéseket és szankciókat automatikusan hajtják végre, mérsékelve az utólagos alkudozás és a szerződésszegés kockázatát (SHAMSUZZOHA ET AL., 2025; BENCHIS ET AL., 2025). A technológia ugyanakkor önmagában nem oldja meg a kormányzási problémákat. A gyakorlati üzleti alkalmazások, különösen a konzorciumi láncok, gyakran igényelnek központi koordinációt a szabványok, vitarendezési mechanizmusok és rendszerfrissítések kezelése érdekében (HANISCH ET AL., 2025; POLCUMPALLY ET AL., 2024). Ezért a blokklánc nem megszünteti az intézményi struktúrákat, hanem hibrid kormányzási modelleket hoz létre, ahol

a „kód törvénye” és a hagyományos jogi keretek egymást kiegészítik (BODÓ & JANSSEN, 2022; MEYERS & KEYMOLEN, 2023).

Gazdaságilag a blokklánc akkor tekinthető racionális választásnak, ha a decentralizált konszenzus fenntartási költsége alacsonyabb, mint a közvetítők díjai és az opportunizmusból eredő veszteségek (BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024; SAHOO ET AL., 2022). Alacsony bizalmi szintű, heterogén és komplex ökoszisztémákban hatékonyságjavulást eredményezhet a keresési, tárgyalási és ellenőrzési költségek csökkentésével (PERON ET AL., 2025; CRICELLI ET AL., 2025). Erős relációs bizalommal és hatékony jogi kikényszerítéssel rendelkező környezetben viszont redundáns és költséges megoldássá válhat, amit a szakirodalom a „blokklánc megoldás blokklánc nélkül” kritikájaként értelmez (MEYERS & KEYMOLEN, 2023).

Véleményem szerint a blokklánc nem a bizalom végét, hanem annak új intézményesülési formáját jelenti. Gazdasági értéke abban áll, hogy algoritmizálhatja a bizalmat és automatizálhat bizonyos kormányzási funkciókat, de csak akkor működik hatékonyan, ha a technikai réteg összhangban van az ösztönzőkkel, a jogi keretekkel és a szervezeti működéssel.

2.4.3. Adatintegritás és vállalati kockázatok

A BCT vállalati alkalmazásának egyik legkritikusabb területe az adatminőség és az adatbiztonság kérdése. Bár a technológia alapvető ígérete a megváltoztathatatlan és transzparens főkönyv biztosítása, a szakirodalom rámutat egy alapvető korlátra: a blokklánc csak a láncon belüli adatok integritását garantálja, a láncra kerülő adatok valóságtartalmát nem (CALDARELLI ET AL., 2020; HASSAN ET AL., 2024). Ez a korlát vezet el az úgynevezett „Garbage In, Garbage Out” (GIGO) elvhez, amely jelentős működési és reputációs kockázatot jelent a szervezetek számára (MEYERS & KEYMOLEN, 2023; MANZOOR ET AL., 2025). Az adatintegritás fenntartása és a kiberbiztonsági kockázatok kezelése ezért nem csupán technikai, hanem stratégiai menedzsment feladat is (MARINO & PAZ, 2025; OWUOR ET AL., 2025).

A blokklánc rendszerekben az adatintegritás fogalma kettős. Egyrészt jelenti a technikai integritást, amelyet a kriptográfiai hash-függvények és a konszenzusmechanizmusok biztosítanak, garantálva, hogy a rögzített adatokat utólag ne lehessen manipulálni (TREIBLMAIER ET AL., 2021; QUTTAINAH & SINGH, 2024). Másrészt jelenti az adatok szemantikai helyességét, vagyis azt, hogy a digitális rekord mennyire hűen tükrözi a fizikai valóságot (CASATI ET AL., 2024). A szakirodalom figyelmeztet, hogy a blokklánc nem képes önmagában ellenőrizni a bemeneti adatok minőségét. Ha egy ellátási láncban hamis információ

kerül rögzítésre egy termék eredetéről vagy állapotáról – akár emberi hiba, akár szándékos csalás következtében –, a technológia ezt a hamis adatot teszi megváltoztathatatlanná és visszakövethetővé (MEYERS & KEYMOLEN, 2023; BHATIA ET AL., 2024).

Ez a jelenség, amelyet a GIGO elvként ismer a szakirodalom, alááshatja a blokkláncba vetett bizalmat (TEISSERENC & SEPASGOZAR, 2021). Különösen kritikus ez az élelmiszeriparban és a gyógyszeriparban, ahol a fizikai paraméterek (pl. hőmérséklet, összetétel) hitelessége életbevágó (MUSAMIH ET AL., 2022; OKORIE ET AL., 2022; HAN & GOOI, 2025). A probléma megoldására a kutatók az IoT eszközök és szenzorok integrációját javasolják, amelyek képesek automatizálni az adatbevitelt, minimalizálva az emberi beavatkozás lehetőségét (CAMMARANO ET AL., 2023; GUO & LI, 2025; MAWRIDES ET AL., 2025). Ugyanakkor az IoT eszközök maguk is sebezhetők, ami elvezet a blokklánc és a fizikai világ közötti interfész, az „Oracle” problémájához (KOWALSKI ET AL., 2021; AHMED & MACCARTHY, 2022; AGRAWAL ET AL., 2023).

2.4.4. Az Oracle-probléma

Az „oracle” olyan harmadik fél vagy szolgáltatás, amely külső, láncon kívüli adatokat szolgáltat a blokklánc és az okoszerződések számára (KAMILARIS ET AL., 2019; KUMTEPE, 2025). Mivel a blokkláncok zárt rendszerek, önállóan nem férnek hozzá például tőzsdei árfolyamokhoz, időjárási adatokhoz vagy szállítmányozási információkhoz. Az oracle-probléma lényege, hogy a közvetítők kiiktatására épülő rendszer egy új bizalmi pontot vezet be: ha az oracle hibás, manipulált vagy kompromittált adatot szolgáltat, az okoszerződés is hibásan hajtható végre (CALDARELLI, 2020; AGRAWAL ET AL., 2023; HASSAN ET AL., 2024; KOWALSKI ET AL., 2021).

A probléma mérséklésére a szakirodalom decentralizált oracle-hálózatokat, több adatforrásból történő ellenőrzést és hardveres biztonsági megoldásokat, például „Trusted Execution Environment”-eket (megbízható / védett végrehajtási környezet) javasol (CALDARELLI, 2020; HASSAN ET AL., 2024; LEE & YEON, 2021; LI ET AL., 2021). Ugyanakkor a fizikai és digitális világ közötti szakadék teljesen nem szüntethető meg: az adatforrások hitelessége továbbra is intézményi bizalmat, auditálást és kormányzási kontrollokat igényel (MEYERS & KEYMOLEN, 2023; ORABY, 2025).

2.4.5. Kiberbiztonsági kockázatok és okoszerződés-sérülékenység

A blokklánc vállalati bevezetése új kiberbiztonsági kockázatokat is teremt. Bár a technológia kriptográfiai alapjai robusztusak, az alkalmazási rétegek, interfészek és okoszerződések

gyakran sérülékenyek (BHATIA ET AL., 2024; PAPAPOSTOLOU ET AL., 2025). Kiemelt kockázatot jelentenek az okosszerződések programozási hibái, mivel a megváltoztathatatlan és automatikusan végrehajtódó kód pénzügyi veszteségeket okozhat, amelyeket utólag nehéz korrigálni (CHANG ET AL., 2022; BENCHIS ET AL., 2025). A „Code is Law” elve ezért kétélű: a hibás kód is végrehajtódik a láncon belül (BAGER ET AL., 2022; BODÓ & JANSSEN, 2022).

További kritikus terület a privát kulcsok kezelése. A hozzáférés és az identitás a privát kulcsokon alapul, ezért azok elvesztése vagy ellopása az eszközök feletti kontroll végleges elvesztését okozhatja (DWIVEDI ET AL., 2023). Vállalati környezetben a kulcskezelési eljárások, például a multi-signature megoldások hiányosságai belső visszaélésekhez vagy külső támadásokhoz vezethetnek (POPOOLA ET AL., 2024; CAO ET AL., 2025). Az Ipar 4.0 környezetben a blokklánc elleni támadások ugyan nehezebben kivitelezhetők, de a rendszerek összekapcsoltsága miatt súlyos következményekkel járhatnak (ANDREOULAKI ET AL., 2024).

2.4.6. Adatvédelmi és szabályozási kockázatok

A blokklánc megváltoztathatatlansága adatvédelmi és jogi konfliktusokat is okozhat, különösen a GDPR „adatok törléséhez való jogával” kapcsolatban (DEHGHANI ET AL., 2022; KAFEEL ET AL., 2023; ZHANG ET AL., 2024). Ha személyes adat kerül nyilvános vagy privát blokkláncra, annak törlése a lánc integritásának sérülése nélkül technikailag nehezen megoldható. Ez a szabályozási bizonytalanság jelentős akadálya lehet a vállalati adaptációnak (KOUHIZADEH ET AL., 2019; WIBOWO & YAZID, 2023; LIU & ZHAO, 2025).

A lehetséges megoldások közé tartozik a láncon kívüli adattárolás, amelyben a blokklánc csak az adatok hash-lenyomatát rögzíti, míg a szenzitív tartalom külső rendszerben marad (SINGH ET AL., 2023; ZHANG ET AL., 2025). Emellett a blokklánc-alapú folyamatok auditálása új módszertanokat igényel, mivel a hagyományos ellenőrzési pontok részben átalakulnak (AKTER ET AL., 2024; OLADEJO ET AL., 2024). A vállalati kockázatkezelésnek ezért egyszerre kell kezelnie a technológiai auditot, a jogi megfelelést és a partnerek átvilágítását (GHADGE ET AL., 2023).

Véleményem szerint a blokklánc növelheti az adatbiztonságot és az átláthatóságot, de új kockázatokat teremt az adatbevitel, a kódminőség és a szabályozási megfelelés területén. A sikeres vállalati alkalmazás feltétele egy holisztikus kockázatkezelési keretrendszer, amely a technológiát nem önmagában, hanem az adatforrások, folyamatok, auditmechanizmusok és jogi környezet összefüggésében kezeli.

2.4.7. Tranzakciós biztonság és auditálhatóság empirikus eredményei

A blokklánc technológia vállalati integrációjának egyik fő ígérete a tranzakciós biztonság növelése és az auditálási folyamatok automatizálása. Az empirikus kutatások alapján a technológia képes erősíteni az adatbiztonságot, az átláthatóságot és az elszámoltathatóságot, de hatékonysága jelentősen függ a választott rendszerarchitektúrától, a szervezeti érettségtől és a kormányzási mechanizmusoktól.

2.4.7.1. A tranzakciós biztonság és adatvédelem empirikus tapasztalatai

A tranzakciós biztonság területén a kutatások megerősítik, hogy a blokklánc megváltoztathatatlan jellege védelmet nyújt a visszamenőleges adatmanipulációval szemben. MÜLLER (2025), valamint SESHADRINATHAN & CHANDRA (2025) PLS-SEM alapú vizsgálata szerint a biztonság és a nyomonkövethetőség pozitívan hat a felhasználói bizalomra és a rendszer elfogadására. Hasonló eredményre jutott ULLAH ET AL. (2024), akik szerint a blokklánc észlelt biztonsága és átláthatósága különösen bizalomhiányos szektorokban növeli a használati szándékot.

DANESE & ROMANO (2025) élelmiszeripari ellátási láncokat vizsgáló többesettanulmánya szerint a legmagasabb biztonsági szintet a hibrid engedélyezési modellek és az IoT-eszközökkel támogatott automatikus adatbevitel kombinációja biztosítja. Ezzel szemben manuális adatbevitel esetén a csalás kockázata továbbra is fennmarad, ami empirikusan igazolja a „Garbage In, Garbage Out” elv jelentőségét. SHAMSUZZOHA ET AL. (2025) kutatása emellett rámutat, hogy a blokklánc és az okosszerződések integrációja gyorsíthatja a folyamatokat, csökkentheti az adminisztratív terheket, és privát láncok, például Hyperledger Fabric esetén szerepkör-alapú hozzáféréssel biztosíthatja az üzleti titkok védelmét.

2.4.7.2. A könyvvizsgálás átalakulása

A könyvvizsgálás területén a blokklánc legfontosabb hatása a hagyományos, utólagos mintavételes ellenőrzésről a folyamatos könyvvizsgálás és a teljes körű populációvizsgálat irányába történő elmozdulás (ANH ET AL., 2025). OLADEJO ET AL. (2024) interjú-alapú kutatása szerint a technológia lehetővé teszi a háromszoros könyvelés alkalmazását, amelyben a tranzakciók nemcsak a felek saját rendszereiben, hanem egy közös, kriptográfiailag védett főkönyvben is megjelennek. Ez csökkenti az könyvvizsgálati kockázatot, mivel a tranzakciók visszakövethetővé és megváltoztathatatlaná válnak.

BIANCONE ET AL. (2025) olasz élelmiszeripari esettanulmánya szerint a blokklánc ERP-rendszerbe történő integrálása javította az adatok pontosságát és az elszámoltathatóságot. A hibrid blokklánc-megoldás egyszerre támogatta az adatvédelmet és a pénzügyi tranzakciók

hitelesítését, miközben az okosszerződések csökkentették az emberi hibákból és csalásból eredő kockázatokat. AKTER ET AL. (2024) szisztematikus áttekintése szerint a blokklánc „egyetlen igazságforrásként” mérsékli az információs aszimmetriát, ugyanakkor a szerepe a tranzakciók ellenőrzéséről egyre inkább a rendszerek, algoritmusok, bemeneti adatok és kiberbiztonsági kontrollok értékelésére helyeződik át.

2.4.7.3. Korlátok és kihívások az auditálhatóságban

Az empirikus eredmények a blokklánc-alapú auditálás korlátaira is rámutatnak. RIEDL ET AL. (2024) szerint a technológiai biztonság önmagában nem garantálja a felhasználói bizalmat, ha a szabályozási környezet hiányos vagy a vélt kockázatok magasak. OLADEJO ET AL. (2024) alapján a gyakorlati alkalmazás egyik fő akadály a könyvvizsgálók technológiai kompetenciájának és a szabványosításnak a hiánya. Emellett az okosszerződések auditálása is kritikus, mivel a programozási hibák automatikusan végrehajthatódnak, visszafordíthatatlan pénzügyi következményeket okozva (ALI ET AL., 2024; BENCHIS ET AL., 2025).

Az empirikus kutatások igazolják, hogy a blokklánc jelentősen növelheti a tranzakciós biztonságot és az auditálhatóságot, különösen a háromszoros könyvelés, a folyamatos auditálás és az okosszerződések révén. A technológia azonban csak akkor teremthet valódi értéket, ha a fizikai és digitális adatok kapcsolata hiteles, a kiberbiztonsági kockázatok kezeltek, és a szervezeti folyamatok illeszkednek a technológiai architektúrához.

2.5. Elméleti modellek a technológiai adaptáció kutatásában

2.5.1. Technológia–Szervezet–Környezet (TOE) keretrendszer

A BCT szervezeti szintű elfogadásának és diffúziójának vizsgálatakor a szakirodalom legdominánsabb elméleti modellje a Technológia–Szervezet–Környezet (Technology-Organization-Environment, TOE) keretrendszer. A modell azzal a céllal jött létre, hogy feltárja azokat a kontextuális tényezőket, amelyek befolyásolják egy szervezet döntését a technológiai innovációk bevezetéséről (AN ET AL., 2024). A TOE keretrendszer ereje abban rejlik, hogy holisztikus nézőpontot kínál: nem csupán a technológia belső tulajdonságaira fókuszál, hanem integrálja a szervezeti képességeket és a külső környezeti kényszereket is, amelyek a blokklánc esetében – lévén egy hálózati technológia – különösen kritikusak (BARAL ET AL., 2023; AKTER ET AL., 2024). A modell rugalmassága lehetővé teszi a kutatók számára, hogy a három fő dimenzióon belül specifikus, a blokklánc technológiára jellemző változókat vizsgáljanak (PATHAK ET AL., 2025).

A technológiai kontextus: A technológiai kontextus magában foglalja mindazokat a belső és külső technológiákat, amelyek relevánsak a szervezet számára. Ez a dimenzió vizsgálja a bevezetni kívánt innováció jellemzőit, valamint a szervezet meglévő technológiai infrastruktúráját (AN ET AL., 2024). A blokklánc szakirodalmában a leggyakrabban vizsgált technológiai tényezők a relatív előny, a komplexitás, a kompatibilitás, valamint a biztonság és adatvédelem kérdései (TENG ET AL., 2025). A relatív előny arra utal, hogy a szervezet mennyivel észleli jobbnak a blokkláncot a jelenleg használt rendszereknél. A kutatások, mint például DEGHANI ET AL. (2022) és SHAMSUZZOHA ET AL. (2025) rámutatnak, hogy a blokklánc esetében a relatív előnyt elsősorban az átláthatóság növekedése, a nyomkövethetőség javulása, a tranzakciós idők csökkenése és a bizalom növelése jelenti. Amikor a vezetők úgy látják, hogy a technológia stratégiai előnyt biztosít a versenytársakkal szemben – például a hitelesebb auditálási folyamatok révén –, a bevezetési szándék szignifikánsan növekszik (OLADEJO ET AL., 2024). Ugyanakkor a komplexitás gátló tényezőként jelenik meg. A blokklánc technológia, különösen a kriptográfiai eljárások és az okoszerződések programozása, magas szintű technikai tudást igényel, amely sok szervezetnél hiányzik. OWUOR ET AL. (2025) kvalitatív elemzése kiemeli, hogy a technológia észlelt bonyolultsága és a használatához szükséges meredek tanulási görbe elriaszthatja a vállalatokat, különösen a kis- és középvállalkozásokat. A technológiai érettség hiánya és a szabványok kiforratlansága tovább növeli ezt a komplexitást (DADSENA ET AL., 2024).

A kompatibilitás kérdése arra vonatkozik, hogy a blokklánc mennyire illeszthető be a szervezet meglévő üzleti folyamataiba, vállalati kultúrájába és örökölt IT rendszereibe (pl. ERP rendszerek). BIANCONE ET AL. (2025) esettanulmánya hangsúlyozza, hogy a sikeres implementáció feltétele a blokklánc zökkenőmentes integrációja a meglévő informatikai architektúrával; ennek hiánya technikai szigeteket és adatinkonzisztenciát eredményezhet.

A biztonság és adatvédelem a technológiai kontextus kétélű fegyvere. Míg a blokklánc alapvető ígérete a biztonság növelése a megváltoztathatatlanág révén, a szervezetek aggódnak a privát adatok megosztása és a GDPR-megfelelés miatt, különösen a nyilvános láncok esetében (HINA ET AL., 2024). AKTER ET AL. (2024) elemzése szerint a biztonsági aggályok, beleértve a kiberbiztonsági kockázatokat és az okoszerződések sebezhetőségét, negatívan befolyásolhatják az adaptációs döntést.

A szervezeti kontextus: A szervezeti kontextus a vállalat belső jellemzőire és erőforrásaira összpontosít, amelyek lehetővé teszik vagy gátolják az innováció befogadását. A szakirodalom leggyakrabban a felsővezetői támogatást, a szervezeti méretet, a szervezeti készenlétet

(technikai és pénzügyi erőforrások) és a befogadó képességet vizsgálja ebben a dimenzióban (IGLESIAS ET AL., 2025).

A felsővezetői támogatás kritikus sikertényező. Mivel a blokklánc bevezetése gyakran az üzleti folyamatok radikális újratervezését és jelentős erőforrás-allokációt igényel, a stratégiai szintű elköteleződés nélkülözhetetlen. PATHAK ET AL. (2025) felsőoktatási intézményekben végzett kutatása rávilágít, hogy erős vezetői vízió nélkül a kezdeményezések elszigetelt kísérleti projektek maradnak. A vezetőknek nemcsak az anyagi forrásokat kell biztosítaniuk, hanem a szervezeti ellenállás leküzdésében és a változásmenedzsmentben is kulcsszerepet játszanak (DEHGHANI ET AL., 2022)

A szervezeti készenlét magában foglalja a szükséges pénzügyi források és a szakképzett munkaerő rendelkezésre állását. MUNIM ET AL. (2022) és OWUOR ET AL. (2025) egyaránt azonosították a „magas kezdeti beruházási költségeket” és a blokklánc-szakértők hiányát mint jelentős akadályokat. A szervezeteknek rendelkezniük kell azzal a technikai kompetenciával, hogy ne csak bevezessék, hanem üzemeltessék és karbantartsák is a komplex decentralizált rendszereket.

A vállalat mérete szintén meghatározó tényező, bár a hatása ellentmondásos lehet. A nagyobb vállalatok általában több tartalék erőforrással rendelkeznek a kísérletezéshez és a kockázatviseléshez, ami pozitívan hat az adaptációra (ALFALAH ET AL., 2024; JACKSON & ALLEN, 2024). Ugyanakkor a kkv-k esetében a döntéshozatali struktúra rugalmasabb lehet, ami gyorsabb adaptációt tenne lehetővé, ha a pénzügyi korlátok nem lennének jelen (BHARDWAJ ET AL, 2021; FANG ET AL., 2025). QUTTAINAH ET AL. (2024) szerint a nagyobb szervezetek gyakran kezdeményező szerepet töltenek be a konzorciumi blokkláncok létrehozásában, magukkal húzva a kisebb beszállítókat.

A környezeti kontextus: A környezeti kontextus az a külső tér, amelyben a szervezet működik, beleértve az iparági jellemzőket, a versenytársakat, a kormányzati szabályozást és a kereskedelmi partnerekkel való kapcsolatot. Mivel a blokklánc hálózati technológia, amelynek értéke a résztvevők számával nő (hálózati hatás), a környezeti tényezők befolyása kiemelkedő (HANISCH ET AL., 2025).

A szabályozási környezet és a kormányzati támogatás a leggyakrabban idézett környezeti tényezők. A blokklánc jogi státuszának bizonytalansága (pl. az okosszerződések jogi érvényesíthetősége, adatvédelmi kérdések) jelentős gátló tényező (BALCI & SURUCU-BALC, 2021). PATHAK ET AL. (2025) és CAO ET AL. (2025) kutatásai hangsúlyozzák, hogy a támogató jogszabályi keretrendszer és a kormányzati ösztönzők alapvető feltételei a

technológia széles körű elterjedésének. Ahol a kormányzat aktívan támogatja a digitalizációt (pl. Kína, EU bizonyos projektjei), ott az adaptációs hajlandóság magasabb.

A versenykényszer szintén erős hajtóerő. Ha egy iparág domináns szereplői vagy a versenytársak elkezdik alkalmazni a blokkláncot (pl. nyomonkövetési céllal), a többi piaci szereplőre is nyomás nehezedik, hogy ne maradjanak le (ORJI ET AL., 2020; LUSTENBERGER ET AL., 2021). AKTER ET AL. (2024) metaanalízise megerősíti, hogy a külső nyomás szignifikáns pozitív kapcsolatban áll a blokklánc elfogadásával.

A kereskedelmi partnerek nyomása és készenléte különösen az ellátási lánc menedzsmentben kritikus. A blokklánc bevezetése értelmetlen, ha a partnerek nem csatlakoznak a hálózathoz (LI ET AL., 2022). AL-ASHMORI ET AL. (2023) malajziai szoftvercégek körében végzett kutatása kimutatta, hogy a partnerek technológiai készenléte szignifikánsan befolyásolja az adoptációs döntést. QUTTAH ET AL. (2024) szerint a "kritikus tömeg" elérése elengedhetetlen a hálózati externáliák realizálásához.

2.5.2. A Technológia–Szervezet–Környezet (TOE) keretrendszer integrációja más modellekkel

A szakirodalomban gyakori a TOE keretrendszer ötvözése más technológiai modellekkel, mint például a Technológia Elfogadási Modellel (TAM). Ez az integrált megközelítés növeli a modellek magyarázó erejét. Például PRADOS-CASTILLO ET AL. (2025) és KHOKHAR ET AL. (2025) kutatásai a TAM és TOE integrációját alkalmazták, hogy az egyéni (észlelt hasznosság, könnyű használat) és a szervezeti szintű tényezőket egyszerre vizsgálhassák. IGLESIAS ET AL. (2025) a humán erőforrás-menedzsment kontextusában javasol egy többszintű keretrendszert, amely a TOE mellett a társadalmi tőke elméletét is bevonja a bizalom és a hálózati kapcsolatok mélyebb megértése érdekében.

A TOE keretrendszer megfelelő alapot nyújt a blokklánc technológia szervezeti adaptációjának vizsgálatához. Az elemzett források alapján megállapítható, hogy a blokklánc bevezetését nem egyetlen tényező, hanem a technológiai előnyök (átláthatóság, biztonság), a szervezeti képességek (erőforrások, vezetés) és a környezeti kényszerek (szabályozás, partnerek) komplex kölcsönhatása határozza meg. A jövőbeli kutatásoknak és a vállalati döntéshozóknak e három dimenzió dinamikus egyensúlyára kell összpontosítaniuk a sikeres implementáció érdekében.

2.5.2.1. Resource-Based View (RBV) és a blokklánc mint stratégiai erőforrás

A stratégiai menedzsment szakirodalmában az erőforrás-alapú nézet (Resource-Based View – RBV) vált az egyik legmeghatározóbb elméleti keretrendszerré annak magyarázatára, hogy a

vállalatok hogyan érnek el és tartanak fenn versenyelőnyt a digitális transzformáció korában. Az elmélet alaptézise, amelyet a blokklánc kontextusában számos kutató alkalmaz (pl. PAŃKOWSKA, 2019; LOHMER ET AL., 2022, BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024), azt állítja, hogy a vállalatok heterogén erőforrásokkal és képességekkel rendelkeznek, és azok a cégek, amelyek képesek értékes, ritka, nehezen másolható és nem helyettesíthető erőforrásokat birtokolni, tartós versenyelőnyre tehetnek szert. A BCT ebben a keretrendszerben nem csupán egy informatikai eszközként jelenik meg, hanem egy olyan stratégiai erőforrásként, amely alapvetően képes átalakítani a vállalati képességeket és az ellátási lánc dinamikáját.

2.5.2.2. A blokklánc mint stratégiai érték elemzése

A blokklánc technológia stratégiai értékét a VRIO (Value, Rarity, Inimitability, Organization) keretrendszeren keresztül vizsgálva megérthetjük, miért tekinthető az kritikus vállalati eszköznek.

- **Érték (Value):** A blokklánc értéket teremt a működési hatékonyság növelése, a költségek csökkentése és az átláthatóság javítása révén. AKTER ET AL. (2024) metaanalízise rámutat, hogy a technológia képes csökkenteni az információs aszimmetriát a partnerek között, ami közvetlen gazdasági értéket jelent a tranzakciós költségek és az ügynöki költségek mérséklése által. Az értékteremtés abban is megnyilvánul, hogy a blokklánc lehetővé teszi a termékek életútjának hiteles nyomon követését, ami a fogyasztói bizalom növekedéséhez és a márkaérték erősödéséhez vezet, különösen a fenntarthatóságra érzékeny piacokon (PARRY ET AL., 2024; GHOBAKHLOO ET AL., 2024, ALKHADER ET AL., 2025)
- **Ritkaság (Rarity):** Bár a szoftveres alapok (pl. Hyperledger) nyílt forráskódúak lehetnek, a sikeres vállalati implementációhoz szükséges tudás, a technológiai infrastruktúra és a szervezeti integráció képessége továbbra is ritka erőforrásnak számít. GOVINDAN (2022), DADSENA ET AL. (2024) és GOGOLA ET AL. (2024) kutatásai kiemelik a „magas kezdeti beruházási költségeket” és a „képzett munkaerő hiányát” mint jelentős akadályokat, ami azt jelzi, hogy jelenleg csak kevés vállalat rendelkezik azzal a tőkeerővel és humántőkével, amely a technológia hatékony kiaknázásához szükséges. Ez a szűkösség stratégiai előnyt biztosít a korai alkalmazóknak.
- **Másolhatatlanság (Inimitability):** A blokklánc rendszerek komplexitása és a szervezeti folyamatokba való mély beágyazottsága nehezíti a versenytársak számára a másolást. BIANCONE ET AL. (2025) esettanulmánya bemutatja, hogy a blokklánc integrációja a meglévő ERP rendszerekkel egyedi, cégspecifikus tudást igényel. Továbbá, a technológia

hálózati jellege miatt a létrehozott ökoszisztéma és a partnerek közötti bizalmi hálózat társadalmi komplexitása gyakorlatilag lemásolhatatlan. Egy versenytárs lemásolhatja a kódot, de nem tudja egyszerűen reprodukálni a konzorciumi partnerek közötti együttműködési kultúrát és kormányzási struktúrát (BAUER ET AL., 2023; HANISCH ET AL., 2025)

- **Szervezettség (Organization):** Ahhoz, hogy a blokklánc valódi versenyelőnyt jelentsen, a vállalatnak szervezeti oldalról is készen kell állnia annak kiaknázására. Ez magában foglalja a megfelelő irányítási mechanizmusokat, a felsővezetői támogatást és a változáskezelési képességeket. A szakirodalom hangsúlyozza, hogy az intézményi környezet és a belső szervezeti struktúrák alapvetően meghatározzák, hogy egy technológiai erőforrás képes-e értéket generálni (LUSTENBERGER ET AL., 2021; DWIVEDI ET AL., 2023; NUDIN ET AL., 2024)

2.5.3. A blokklánc mint dinamikus képesség

Az RBV kiterjesztéseként a dinamikus képességek elmélete (Dynamic Capabilities View – DCV) arra fókuszál, hogy a szervezetek hogyan képesek integrálni, építeni és újrakonfigurálni belső és külső kompetenciáikat a gyorsan változó környezethez való alkalmazkodás érdekében. A blokklánc technológia ebben az értelemben nem csupán statikus erőforrás, hanem egy olyan „támogató technológia”, amely fokozza a vállalat dinamikus képességeit, különösen az ellátási lánc rezilienciáját és agilitását (ALI ET AL., 2024).

SHAMSUZZOHA ET AL. (2025) kutatása szerint a blokklánc valós idejű adatmegosztási képessége lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy gyorsabban érzékeljék a piaci változásokat vagy az ellátási lánc zavarait, és az okosszerződések révén automatizáltan reagáljanak azokra. Ez a fajta technológiai agilitás kritikus erőforrássá válik a VUCA (változékony, bizonytalan, komplex, kétértelmű) üzleti környezetben. Továbbá, a blokklánc támogatja a tudásmenedzsmentet, mint szervezeti képességet. A megosztott főkönyv egy decentralizált tudásbázisként funkcionál, amely megőrzi a szervezeti memóriát és biztosítja az adatok integritását hosszú távon. AHMED & MACCARTHY (2022) alapján a tudásmenedzsment stratégiai eszköz; a blokklánc pedig ezt az eszközt teszi robusztusabbá azáltal, hogy összekapcsolja a korábban elkülönült adatforrásokat és biztosítja az adatokhoz való hozzáférést a jogosult felek számára.

Mivel a blokklánc alapvetően egy hálózati technológia, az RBV hagyományos, cégközpontú megközelítése önmagában nem elegendő; ki kell egészíteni a kapcsolati nézettel (Relational View - RV), amely szerint a versenyelőny forrása nem a vállalaton belül, hanem a partnerek közötti kapcsolatokban rejlik (BENTIVOGLIO ET AL., 2025) A blokklánc egy olyan

kapcsolati erőforrás, amely lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy bizalommentes környezetben is magas szintű együttműködést valósítsanak meg.

CASATI ET AL. (2024), CRICELLI ET AL. (2025) és FANI ET AL. (2025), valamint BENTIVOGLIO ET AL. (2025) kifejezetten azt vizsgálja, hogy a blokklánc hogyan generál bizalom-alapú versenyelőnyt a borágazatban RBV perspektívából. A technológia lehetővé teszi a „rendszerbe vetett bizalom” kiépítését, amely csökkenti a tranzakciós költségeket és növeli a szállítási lánc hatékonyságát. Ez a bizalom nem egyetlen cég tulajdona, hanem a hálózat közös erőforrása, amelyből minden résztvevő profitál, de amelyet nehéz kívülről lemásolni.

NAEF ET AL. (2024) és HANISCH ET AL. (2025) kutatásai rávilágítanak, hogy a blokklánc platformok kormányzása maga is stratégiai képesség. Az a képesség, hogy egy vállalat képes egyensúlyozni a centralizáció és decentralizáció között, és hatékonyan koordinálni egy heterogén partnerhálózatot, egy olyan szervezeti kompetencia, amely meghatározza a hálózati hatások érvényesülését. A jól irányított konzorciumi blokklánc egy olyan „klub-jószág”, amely kizárólag a tagok számára biztosít hozzáférést a hitelesített adatokhoz és a hatékony folyamatokhoz, ezzel belépési korlátot teremtve a versenytársak számára.

2.5.4. Technológiák közötti szinergia

Az RBV modern értelmezése hangsúlyozza, hogy a technológiák ritkán teremtenek értéket önmagukban; szükség van azok más erőforrásokkal való kombinálására. A blokklánc esetében ez különösen igaz: a technológia akkor válik stratégiai erőforrássá, ha integrálják más Ipar 4.0 technológiákkal, mint például a IoT, a mesterséges intelligenciával vagy a Big Data analitikával (AKTER ET AL., 2024; HAN & LI, 2025). DANESE & ROMANO (2025) empirikus bizonyítékokat szolgáltat arra, hogy a blokklánc és az IoT eszközök (pl.: szenzorok) kombinációja magasabb szintű adatminőséget és hitelességet eredményez, mint a blokklánc önmagában. Ez az erőforrás képes megoldani a fizikai és digitális világ közötti integrációs problémákat (Oracle-probléma), és ezáltal egy olyan egyedi képességet hoz létre (valós idejű, manipulálhatatlan nyomon követéssel), amellyel a versenytársak nehezen tudnak versenyezni. Hasonlóképpen, SHAMSUZZOHA ET AL. (2025) az okosszerződések és a decentralizált adatbázisok kombinációját emeli ki, mint a költséghatékonyság és átláthatóság kulcsát.

2.5.5. Korlátok és erőforrás-hátrányok

Az RBV perspektívából fontos megvizsgálni azokat a tényezőket is, amelyek gátolják a blokklánc stratégiai erőforrássá válását. DADSENA ET AL. (2024) azonosítja a „pénzügyi korlátokat” és a „technológiai érettség hiányát” mint kritikus akadályokat. Ha egy vállalat

számára a technológia bevezetése aránytalanul nagy erőforrás-elvonással jár (pl. magas energiaigény, drága szakértők), akkor az versenyhátrányt is okozhat a „termelékenységi paradoxon” révén. Ezenfelül a technológia merevsége (az okosszerződések nehézkes módosíthatósága) bizonyos esetekben csökkentheti a szervezeti rugalmasságot, ami ellentétes a dinamikus képességek követelményével (BENCHIS ET AL., 2025).

Az RBV elmélet keretében a blokklánc egy potenciálisan nagy értékű, ritka és nehezen másolható stratégiai erőforrásként definiálható, amelynek valódi ereje nem önmagában, hanem a szervezeti képességekkel, a partneri kapcsolatokkal és más technológiákkal való integrációban rejlik. A versenyelőny nem a technológia pusztá birtoklásából, hanem annak a vállalati folyamatokba való innovatív beágyazásából és a hálózati kormányzás hatékonyságából származik.

2.6. Egyéni elfogadási modellek

A BCT implementációjának sikeressége nem csupán a szervezeti készenléten és a technológiai infrastruktúrán múlik, hanem alapvetően függ az egyéni végfelhasználók – legyenek azok alkalmazottak, menedzserek vagy fogyasztók – elfogadási hajlandóságától is. A szakirodalom számos pszichológiai és viselkedéskutatási modellt alkalmaz annak megértésére, hogy az egyének miért fogadják el vagy utasítják el a blokklánc alapú rendszereket. Ezen modellek közül a legdominánsabbak a Technológia Elfogadási Modell (Technology Acceptance Model – TAM), az Egységesített Technológia Elfogadási és Használati Elmélet (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology – UTAUT), valamint a Technológiai Készenléti Index (Technology Readiness Index – TRI) (TAHERDOOST, 2022, ZHANG ET AL., 2025). E fejezet célja ezen elméleti keretrendszerek blokklánc-kontextusban történő elemzése, feltárva a technológia sajátosságaiból fakadó egyedi hatásmechanizmusokat.

2.6.1. Technológia Elfogadási Modell (TAM) és kiterjesztései

A TAM a legszélesebb körben alkalmazott elmélet az információs rendszerek elfogadásának vizsgálatára. A modell alaptézise szerint az egyén technológiahasználati szándékát (Behavioral Intention – BI) alapvetően két kognitív hiedelem határozza meg: az észlelt hasznosság (Perceived Usefulness – PU) és az észlelt könnyű használat (Perceived Ease of Use – PEOU) (ALTAMIMI ET AL., 2024; OBIDALLAH ET AL., 2024; HAMADEH ET AL., 2025).

A blokklánc technológia esetében az észlelt hasznosság a legkritikusabb meghatározó tényezőnek bizonyul. A kutatások következetesen azt mutatják, hogy a felhasználók akkor hajlandók áttérni a blokklánc alapú rendszerekre, ha egyértelmű előnyöket látnak a

hatékonyság, az átláthatóság és a tranzakciós sebesség terén. (HAMADEH ET AL., 2025). OBIDALLAH ET AL. (2024) strukturális egyenletek modelljével végzett vizsgálata megerősítette, hogy az észlelt könnyű használat jelentős mértékben befolyásolja az észlelt hasznosságot, ami azt jelzi, hogy minél könnyebben kezelhetőnek tartják a felhasználók a blokklánc interfészeket, annál hasznosabbnak ítélik meg a technológiát. Ugyanakkor érdekes módon ugyanebben a tanulmányban az észlelt hasznosság (PU) közvetlen hatása a használati szándékra (BI) nem volt szignifikáns, ami arra utalhat, hogy a blokklánc esetében a hasznosság önmagában nem elegendő motiváció, ha a technológia bizalmi vagy infrastrukturális feltételei nem adóttak.

Az észlelt könnyű használat (PEOU) a blokklánc esetében gyakran akadályként jelenik meg a technológia eredendő komplexitása miatt (privát kulcsok kezelése, hash-ek értelmezése). A PEOU növelése érdekében a fejlesztőknek el kell rejteniük a technikai bonyolultságot a felhasználói felületek mögé. Amennyiben a rendszer használata kognitív erőfeszítést igényel, a felhasználók hajlamosak a megszokott, centralizált megoldásoknál maradni (MALIK ET AL., 2021, DEHGHANI ET AL., 2022).

A TAM modell fejlődése során megjelent a TAM2 és a TAM3, amelyek további változókkal egészítették ki az alapmodellt. A TAM3 különösen releváns a blokklánc esetében, mivel részletesebben vizsgálja az észlelt hasznosság és a könnyű használat meghatározóit, mint például a szubjektív norma, a képek, a munkahelyi relevanciát és a kimeneti minőséget. A TAM3 hangsúlyozza az egyéni különbségek (pl. számítógépes önhatékonyság, játékoság) szerepét is, amelyek meghatározzák, hogy egy munkavállaló mennyire nyitott a decentralizált rendszerekkel való interakcióra. A kutatás kiemeli, hogy a TAM modellek kiterjesztése elengedhetetlen, mivel az eredeti változók nem képesek teljes mértékben magyarázni a blokklánc adaptációját befolyásoló bizalmi és kockázati tényezőket (HAMADEH ET AL., 2025).

2.6.2. Egységesített Technológia Elfogadási és Használati Elmélet (UTAUT)

Az UTAUT modell négy fő konstrukciót integrál: teljesítményelvárás (Performance Expectancy – PE), erőfeszítés-elvárás (Effort Expectancy – EE), társadalmi befolyás (Social Influence – SI) és támogató feltételek (Facilitating Conditions – FC). Ez a modell gyakran nagyobb magyarázó erővel bír a blokklánc kontextusában, mint a TAM, mivel figyelembe veszi a szervezeti és környezeti támogatást is (AL-SULAMI ET AL., 2024; CRICELLI ET AL., 2025).

• **Teljesítményelvárás (PE):** Ez a TAM észlelt hasznosságának felel meg. CRICELLI ET AL. (2025) és FANI ET AL. (2025) az olasz boriparban végzett empirikus kutatása során kimutatta, hogy a PE a legerősebb prediktora a blokklánc elfogadásának. A borászatok vezetői akkor hajlandóak alkalmazni a technológiát, ha meggyőződtek arról, hogy az javítja a termelékenységet, növeli az értékesítést és biztosítja a nyomonkövethetőséget.

• **Erőfeszítés-elvárás (EE):** A rendszer használatának könnyűségére vonatkozik. A kutatások vegyes eredményeket mutatnak: míg CRICELLI ET AL. (2025) nem talált szignifikáns kapcsolatot az EE és az elfogadási szándék között a borászok körében (ami arra utalhat, hogy a szakemberek hajlandóak megküzdeni a nehézségekkel a vélt előnyökért), más tanulmányok, például AL-MOMANI & RAMAYAH (2023) közepes hatást mutattak ki a malajziai kkv-k esetében.

• **Társadalmi befolyás (SI):** Azt méri, hogy az egyén mennyire érzi úgy, hogy fontos mások (pl. versenytársak, partnerek, vevők) elvárják tőle a technológia használatát. Ez a tényező szignifikáns, ami megerősíti a blokklánc hálózati jellegét: a vállalatok gyakran nyomásgyakorlás (kereskedelmi partnerek, iparági konzorciumok) hatására lépnek be a hálózatba (CHEN ET AL., 2023; CRICELLI ET AL., 2025). A Walmart esetében az egyes élelmiszerek beszállításánál kötelező a Walmart saját blokklánc hálózataiba belépni és használni a megfelelő nyomonkövetés és minőségbiztosítás érdekében (GURUSAMY ET AL., 2025).

• **Támogató feltételek (FC):** Az infrastruktúra és a technikai támogatás meglétét jelenti. Mivel a blokklánc jelentős számítástechnikai kapacitást és speciális tudást igényel, az FC kritikus tényező. AL-SULAMI ET AL. (2024) szisztematikus áttekintése szerint a fejlődő gazdaságokban az FC gyakran a legfőbb akadály, mivel hiányzik a megbízható internetkapcsolat és a jogi keretrendszer.

Az UTAUT modellt gyakran kiegészítik a kognitív előzményekkel (Cognitive Antecedents), mint például a technológiai bizalom és a kockázatészlelés. PRADOS-CASTILLO ET AL. (2025) és ELSAYED (2025) kutatásainak szintézise igazolta, hogy a „bizalom a technológiában” közvetlen hatással van a teljesítményelvárásra, míg az észlelt kockázat negatívan befolyásolja azt.

2.6.3. Technológiai Készenléti Index (TRI)

A TRI modell az egyén személyiségvonásaira összpontosít, amelyek ösztönzik őt az új technológiák elfogadására vagy elutasítására. A modell négy dimenziót különböztet meg: optimizmus és innovativitás (mint hajtóerők), valamint diszkomfort és bizonytalanság (mint gátló tényezők) (AL-ASHMORI ET AL., 2022; AL-SULAMI ET AL., 2024).

A blokklánc kontextusában a TRI-t gyakran integrálják a TAM-mal. ULLAH ET AL., (2021) kutatása a gyártási és szolgáltatási szektorban kimutatta, hogy a technológiai készenlét pozitív dimenziói (optimizmus, innovativitás) erősen korrelálnak az észlelt hasznossággal és a könnyű használattal. Azok a menedzserek, akik magasabb innovativitással rendelkeznek, hajlamosabbak felismerni a blokkláncban rejlő stratégiai lehetőségeket, és kevésbé rettennek meg a technikai kihívásoktól. Ezzel szemben a bizonytalanság– amely a technológia megbízhatóságával és a lehetséges negatív következményekkel (pl. adatvesztés, biztonsági rések) kapcsolatos félelmeket tükrözi – jelentős gátló tényező. A blokklánc esetében a „bizalom nélküli bizalom” paradoxona miatt a technológiai bizonytalanság különösen releváns: ha a felhasználó nem érti a kriptográfiai alapokat, a bizonytalanság érzése felerősödik (TAHERDOOST, 2022; CHEN ET AL., 2024).

2.6.4. Integrált modellek és specifikus bővítmények

A modern kutatások egyre inkább arra törekednek, hogy a klasszikus technológiaelfogadási modelleket blokklánc-specifikus változókkal egészítsék ki.

1. Tervezett Magatartás Elmélete (Theory of Planned Behavior – TPB)

A TPB általános pszichológiai modellként gyakran szolgál a technológiaelfogadás elemzésének alapjául. DAO ET AL. (2025) a vietnámi bioélelmiszer-fogyasztás kontextusában alkalmazta a modellt, kiegészítve a blokklánc-alapú átláthatóság változójával. Eredményeik szerint a blockchain-enabled transparency pozitívan hat az észlelt viselkedési kontrollra és a bizalomra, ami végső soron növeli a vásárlási szándékot. Ez azt jelzi, hogy a blokklánc nemcsak közvetlenül, hanem pszichológiai közvetítőkön keresztül is befolyásolja a viselkedést.

2. Bizalom és kockázat integrációja

A bizalom a blokklánc-elfogadási modellek egyik központi kiegészítő változója. OBIDALLAH ET AL. (2024) szerint a rendszerbe vetett bizalom közvetlenül nem feltétlenül hat a viselkedési szándéokra, de az észlelt hasznosságon keresztül közvetetten növeli az elfogadást. RIEDL ET AL. (2024) Bitcoin-bizalomra vonatkozó kutatása alapján a bizalom személyiségbeli és

intézményi tényezőktől is függ. Emellett a rendszerminőség és az információminőség is fontos előzményei a technológiai bizalomnak (AL-MOMANI & RAMAYAH, 2023; YAVAPRABHAS ET AL., 2023).

3. Környezeti aggodalmak

A fenntarthatósági szempontok erősödésével az elfogadási modellekben a környezeti aggodalmak is megjelentek. BERNARDINO ET AL. (2025) kimutatta, hogy a környezeti aggodalom szignifikánsan befolyásolja a blokklánc használati szándékát, különösen az energiaigényes Proof-of-Work rendszerek esetében, ahol az ökológiai lábnyom csökkentheti az elfogadási hajlandóságot.

A szakirodalom alapján a blokklánc technológia elfogadásának vizsgálatára önmagában egyik klasszikus modell sem elegendő. A TAM jól magyarázza az észlelt hasznosság szerepét, az UTAUT erősebben kezeli a szervezeti és társadalmi kontextust, míg a TRI az egyéni pszichológiai gátak megértéséhez járul hozzá. A jövőbeli kutatásokban ezért integrált megközelítés szükséges, amely a TAM/UTAUT struktúrákat olyan blokklánc-specifikus változókkal egészíti ki, mint a bizalom, az átláthatóság, az adatvédelem és a kiberbiztonság.

2.6.4.1. Integrált adaptációs modellek és kritikájuk

A modellekkel szemben jelentős kritika is megfogalmazódott, különösen a blokklánc decentralizált jellegének figyelmen kívül hagyása és a technológiai determinizmus veszélye miatt (AL-ASHMORI ET AL., 2022; CHITTIPAKA ET AL., 2023).

1. TOE és TAM alapú integrációk

A szakirodalomban az egyik leggyakoribb irány a szervezeti szintű TOE keretrendszer és az egyéni szintű TAM összekapcsolása. Ez abból indul ki, hogy a vállalati döntéshozatal nem választható el a menedzserek technológiaészlelésétől. ULLAH ET AL., (2021) a gyártási és szolgáltatási szektorban olyan integrált modellt javasolt, amely a TRI személyiségjegyeit a TAM észlelési változóival kapcsolja össze. Eredményeik szerint a technológiai készenlét, különösen az optimizmus és az innovativitás, befolyásolja az észlelt hasznosságot és a könnyű használatot.

TENG ET AL. (2025) a TOE és TAM integrációját KKV-k körében vizsgálta. Modelljük szerint a technológiai kontextus elemei, például a biztonság és kompatibilitás, az egyéni attitűdök előzményeiként is működnek. A biztonsági aggályok mediáló szerepe azt jelzi, hogy a szervezeti erőforrások önmagukban nem elegendők, ha a döntéshozók nem bíznak a

technológiában. GUPTA & SAHU (2022) az ellátási láncok területén az ISM és TOE tényezők kombinálásával mutatták ki, hogy a technológiai átláthatóság és adatbiztonság alapvető hajtóerők a magasabb szintű szervezeti előnyök eléréséhez.

2. UTAUT kiterjesztések

Az UTAUT modell kiterjesztése szintén meghatározó irány. AL-SULAMI ET AL., (2024) áttekintése szerint több tanulmány kombinálja az UTAUT-ot a Task-Technology Fit elmélettel vagy bizalmi modellekkel. CRICELLI ET AL., (2025) a borágazatban az UTAUT modellt a piaci dinamikák változójával egészítette ki, jelezve, hogy a blokklánc elfogadása nem pusztán technológiai, hanem stratégiai válasz is a piaci versenyre és fogyasztói igényekre. Eredményeik alapján a teljesítményelvárás mellett a szociális befolyás és a piaci kényszerek is meghatározóak.

AL-MOMANI & RAMAYAH (2023) malajziai KKV-k körében a bizalom és kockázat kognitív előzményeit illesztette az UTAUT modellbe. A kutatás szerint a technológiai bizalom a teljesítményelvárás egyik kulcsfontosságú feltétele, ami különösen fontos a blokklánc „fekete doboz” jellege miatt.

3. Kritikai perspektívák

Az integrált modellek hasznossága ellenére a szakirodalom több korlátot is azonosít. MEYERS & KEYMOLEN (2023) a „blockchain solutionism” jelenségére hívják fel a figyelmet: sok adaptációs modell a technológia bevezetését önmagában sikernek tekinti, miközben nem vizsgálja, hogy a megvalósult rendszer valóban decentralizált-e. Így a modellek gyakran nem tesznek különbséget a tényleges blokklánc-innováció és a centralizált, blokkláncként címkézett megoldások között.

HANISCH ET AL., (2025) a centralizáció-decentralizáció paradoxonát emelik ki. A hagyományos adaptációs modellek lineáris logikája szerint a nagyobb szervezeti támogatás növeli az elfogadást, blokklánc-platformok esetében azonban egy domináns szereplő túlzott kontrollja csökkentheti a partnerek bizalmát. TAHERDOOST, (2022) szerint a TAM és UTAUT modellek eredetileg centralizált rendszerekre készültek, miközben a blokkláncban a felhasználó gyakran aktív hálózati résztvevő, akinek technikai kompetenciára, kulcskezelési tudásra és biztonsági felelősségvállalásra is szüksége van.

Módszertani szempontból AL-SULAMI ET AL. (2024) és AKTER ET AL. (2024) kiemelik, hogy a kutatások többsége keresztmetszeti felmérésre épül, és főként az adaptációs szándékot méri. Hiányoznak a longitudinális vizsgálatok, amelyek feltárnák, hogy a kezdeti szándék

hogyan alakul tényleges használatná, illetve hogyan változik a bizalom a post-adoption szakaszban.

Véleményem szerint az integrált adaptációs modellek fontosak a blokklánc bevezetésének megértésében, mert egyszerre kezelik a technológiai, szervezeti és egyéni tényezőket. Korlátjuk ugyanakkor, hogy gyakran statikusak, lineárisak, és nem ragadják meg kellően a decentralizáció, a kormányzás és a tényleges szervezeti beágyazódás dinamikáját.

2.7. A blokklánc-technológia vállalati hatásai: empirikus eredmények szintézise

2.7.1. Logisztikai és ellátási lánc hatások a nemzetközi szakirodalomban

A nemzetközi szakirodalom áttekintése során kirajzolódik, hogy a BCT logisztikára és ellátási lánc menedzsmentre gyakorolt hatása a digitális transzformáció egyik legintenzívebben kutatott területe. A tudományos diskurzus az elmúlt években jelentős érésen ment keresztül: a korai, technológiai lehetőségeket feltérképező tanulmányoktól elmozdult a hangsúly az empirikus bizonyítékok, a komplex elméleti keretrendszerek (például a megbízó-ügynök elmélet vagy a tranzakciós költségek elmélete) és a kritikai elemzések felé. A vezető folyóiratokban – mint például a *Journal of Business Logistics* vagy az *International Journal of Production Research* – megjelenő publikációk konszenzusa szerint a blokklánc nem csupán egy informatikai innováció, hanem egy olyan infrastrukturális technológia, amely alapjaiban képes átformálni az ellátási láncok láthatóságát, a partnerek közötti bizalmi mechanizmusokat és a működési hatékonyságot (REJEB ET AL., 2021; KAFEEL ET AL., 2023). A 11. táblázat összegzi az alkalmazási területeket a kutatásban vizsgált szakirodalom alapján.

11. táblázat: BCT alkalmazási területei a szakirodalom alapján

Alkalmazási Terület	Üzleti Folyamat / Megoldás	Technológiai Mechanizmus	Várt üzleti hasznosulás	Forrás
Agrárium és Borászat	Eredetvédelem és hamisítás elleni küzdelem	Digitális termékútlel és QR-kódos hitelesítés az eredet (pl. DOCG borok) és a termelési módszerek (pl. organikus) igazolására.	A márkaérték védelme, a prémium árazás érvényesítése, az élelmiszerbiztonsági kockázatok minimalizálása és a fogyasztói bizalom növelése.	BROOKBANKS & PARRY, 2021;; CRICELLI ET AL., 2025
Divat- és Textilipar	Eredetigazolás és anyagútlel	A textiltermékek (pl. selyem) anyagösszetételének és életútjának rögzítése a "zöldre festés" elkerülése érdekében.	A fenntartható fogyasztás támogatása, a másodlagos nyersanyagpiacok átláthatóságának megteremtése és az etikus forrásból származó alapanyagok igazolása.	HASSAN ET AL., 2025

Alkalmazási Terület	Üzleti Folyamat / Megoldás	Technológiai Mechanizmus	Várt üzleti hasznosulás	Forrás
Egészségügy	Betegadatok kezelése és adatvédelem	Decentralizált, betegközpontú hozzáférés-vezérlés az elektronikus egészségügyi rekordokhoz és a gyógyszerellátási lánc nyomon követése.	Az adatvédelmi megfelelés biztosítása, az orvosi adatok interoperabilitásának javítása és a hamis gyógyszerek kiszűrése.	BALASUBRAMANIAN ET AL., 2021; CERCHIONE ET AL., 2025
Ellátási Lánc Menedzsment	Nyomon követhetőség és átláthatóság	Elosztott főkönyvi technológia (DLT) alkalmazása az adatok megmásíthatatlan rögzítésére a termék teljes életciklusán át, IoT eszközökkel integrálva.	Információs aszimmetria csökkentése, az opportunistá viselkedés mérséklése, és a „rendszerbe vetett bizalom” növelése a partnerek között.	DANESE & ROMANO, 2025
Ellátási Lánc Menedzsment	Platform kormányzás és koordináció	Konzorciumi blokkláncok létrehozása, ahol a „platformszponzor” egyensúlyoz a centralizált irányítás és a decentralizált bizalom között.	A hálózati hatások kiaknázása, vitás kérdések csökkentése és az adathitelesség biztosítása globális kereskedelmi hálózatokban.	HANISCH ET AL., 2025
Emberi Erőforrás Kezelés	Képesítések hitelesítése és igazgatás	Diplomák és szakmai tanúsítványok megmásíthatatlan rögzítése, valamint decentralizált munkavállalói adatkezelés.	Az önéletrajz-csalások kiküszöbölése, az adminisztrációs terhek csökkentése és a munkaerőpiaci mobilitás támogatása.	IGLESIAS ET AL., 2025
Energetika	Decentralizált energiakereskedelem	Peer-to-peer energiaszolgáltatási platformok és okos hálózatok működtetése termelők és fogyasztók bevonásával.	A közvetítők szerepének csökkentése, a megújuló energiaforrások integrációja és a hálózati hatékonyság növelése.	ANDONI ET AL., 2019
Energetika	Megújuló energia kereskedelem	Peer-to-Peer (P2P) energiakereskedelmi platformok okosszerződésekkel, amelyek automatizálják az elszámolást.	A hálózati hatékonyság növelése, a dekarbonizációs célok támogatása és a központi energiaszolgáltatóktól való függőség csökkentése.	GHOBAKHLOO ET AL., 2024
Építőipar	BIM és okosszerződések	Épületinformációs modellek (BIM) hitelesítése és automatizált fizetési rendszerek alkalmazása az alvállalkozói láncban.	A fizetési késedelmek és a szerződéses jogviták csökkentése, az átláthatóság növelése és a projektmenedzsment hatékonyságának javítása.	CELIK ET AL., 2023; KUNKCŰ ET AL., 2023
Faipar és Erdészet	Illegális kitermelések elleni küzdelem	A faanyag eredetének és a szállítási láncnak a hitelesítése a vágástól a feldolgozásig.	A fenntartható erdőgazdálkodás igazolása, az illegális faanyag piacra kerülésének megakadályozása és a jogszabályi megfelelés biztosítása.	SHAMSUZZOHA ET AL., 2025

Alkalmazási Terület	Üzleti Folyamat / Megoldás	Technológiai Mechanizmus	Várt üzleti hasznosulás	Forrás
Felsőoktatás	Intézményi kormányzás és oklevélkezelés	Diplomák és kreditek hamisíthatatlan rögzítése, valamint az intézményközi adatmegosztás automatizálása a TOE keretrendszer alapján.	Az adminisztrációs költségek csökkentése, a hallgatói mobilitás és a munkaerőpiaci belépés gyorsítása, az oklevélhamisítás megszüntetése.	<i>PATHAK ET AL., 2025</i>
Gyártás és Ipar	Digitális iker és minőségbiztosítás	Gyártási adatok hitelesítése blokkláncon, 5G technológiával és IoT szenzorokkal integrálva (pl. kerámia antenna gyártás).	Adatintegritás biztosítása a gyártási folyamatokban, a prediktív karbantartás támogatása és a gyártási hibák visszakövethetősége.	<i>AN ET AL., 2024.; SHAMSUZZOHE T AL., 2025</i>
Gyártás és Ipar	Ember-Gép együttműködés és adatvédelem	Az Ipar 5.0 emberközpontú megközelítésének támogatása biztonságos adatmegosztással a gyártási láncban (pl. akkumulátorgyártás).	Az adatbiztonság garantálása a kiberfizikai rendszerekben, a fenntartható gyártási gyakorlatok hitelesítése.	<i>KANNAN ET AL., 2024</i>
Ingatlan Piac	Ingatlan-adásvételi tranzakciók digitalizálása és automatizálása	Blokklánc-alapú platform alkalmazása a tranzakciók rögzítésére; okosszerződések az adásvételi folyamat és tulajdonátruházás automatizálására.	Adatbiztonság és adatvédelem erősítése, felhasználói bizalom növelése, testre szabott szerződések és gyorsabb tulajdonátruházás.	<i>YANG ET AL., 2025</i>
Kormányzat és közszféra	E-Kormányzat és Földhivatali nyilvántartás	Ingatlan-nyilvántartások, szavazási rendszerek és személyazonosság-kezelés decentralizált platformokon.	A korrupció csökkentése, a bürokratikus folyamatok gyorsítása, az átláthatóság és az állampolgári bizalom növelése.	<i>ÇOBAN ET AL., 2024; MEYERS & KEYMOLEN 2023</i>
Körforgásos gazdaság és fenntarthatóság	Újragyártás és Hulladékkezelés	Termékek életútjának és anyagösszetételének hiteles követése a visszagyűjtési és újrafeldolgozási folyamatokban.	A termékminőség bizonytalanságának csökkentése a másodlagos piacokon, a fenntartható fogyasztás ösztönzése.	<i>GOVINDAN, ET AL., 2022; GHOBAKHLOO ET AL., 2024</i>
Körforgásos gazdaság és fenntarthatóság	Etikus beszerzés és Karbonlábnyom követés	Az ellátási lánc feltérképezése az SDG-k és a karbonkibocsátás hitelesítése érdekében.	A „zöldre festés” elkerülése, a szabályozói megfelelés biztosítása és a fogyasztói bizalom erősítése.	<i>KHAN ET AL., 2022; KANNAN ET AL., 2024</i>
Nemzeti minőségügyi infrastruktúra	Digitális tanúsítványok hitelesítése	Megmásíthatatlan digitális infrastruktúra létrehozása a laboratóriumi tesztek, szabványügyi tanúsítványok és akkreditációk tárolására.	A hamisított tanúsítványok kiszűrése, a nemzetközi kereskedelem technikai akadályainak csökkentése és a nemzeti minőségügyi rendszerekbe vetett bizalom növelése.	<i>LEGESSE & KENGPOL 2024</i>

Alkalmazási Terület	Üzleti Folyamat / Megoldás	Technológiai Mechanizmus	Várt üzleti hasznosulás	Forrás
Pénzügy és Számvitel	Hármas könyvelés és folyamatos audit	Tranzakciók kriptográfiai rögzítése egy közös főkönyvön, amely valós idejű, manipulálhatatlan audit nyomvonalat biztosít	A könyvvizsgálati költségek és időigény radikális csökkentése, a pénzügyi beszámolók minőségének javítása és a csalások valós idejű detektálása.	OLADEJO ET AL., 2024; BIANCONE ET AL., 2025
Pénzügy és Számvitel	Kereskedelem-finanszírozás	Okosszerződések automatikus végrehajtása a szállítási feltételek teljesülésekor (pl. akkreditívek kiváltása).	A papíralapú adminisztráció megszüntetése, a tranzakciós idők napokról órákra csökkentése és a likviditás gyorsabb felszabadítása.	CHANG ET AL., 2019.; BÖHMECKE-SCHWAFERT 2024
Tengeri logisztika	Dokumentáció kezelés és ellátási lánc koordináció digitalizálása	Blokklánc-alapú megosztott főkönyv alkalmazása a szállítási dokumentumok és tranzakciós adatok megmásíthatatlan rögzítésére; több szereplős (shipping company, terminál, freight forwarder) platform-integráció.	Adminisztratív folyamatok egyszerűsítése, átláthatóság és adatmegbízhatóság növelése, papíralapú dokumentáció csökkentése, ellátási lánc szereplői közötti bizalom erősítése.	NGUYEN ET AL., 2023

Forrás: Saját szerkesztés a szakirodalom alapján

2.7.1.1. Átláthatóság és nyomonkövethetőség: A bizalom újrateremtése

A nemzetközi irodalomban a blokklánc leggyakrabban tárgyalt logisztikai hatása a transzparencia és a nyomonkövethetőség radikális javulása. A globális ellátási láncok töredezettsége és komplexitása miatt gyakran alakulnak ki „információs szigetek” és láthatósági hiányosságok, amelyek növelik a kockázatokat (MILIĆEVIĆ ET AL. 2023; CHAUHAN & VIMALA, 2025).

SHAMSUZZOHA ET AL. (2025) kutatása rávilágít, hogy a blokklánc elosztott főkönyvi technológiája lehetővé teszi a termékek életútjának valós idejű, manipulálhatatlan rögzítését a nyersanyag-beszerzéstől a végső fogyasztóig. A szerzők egy faipari ellátási lánc példáján keresztül demonstrálják, hogy a technológia képes hitelesíteni a faanyag legális eredetét, ezáltal csökkentve a korrupciót és biztosítva a fenntarthatósági előírásoknak való megfelelést. A rendszerben a tranzakciók (például a gyártás, raktározás, szállítás) digitális lenyomatai minden jogosult fél számára azonnal elérhetők, ami kiküszöböli az adatmanipuláció lehetőségét.

(DANESE & ROMANO, 2025) a megbízó-ügynök elmélet (Agency Theory) lenszején keresztül vizsgálta a technológia hatását az élelmiszeripari ellátási láncokra. A kutatás egyik legfontosabb megállapítása, hogy a blokklánc-alapú nyomonkövethetőség jelentősen csökkenti

az információs aszimmetriát a lánc szereplői között. Az „egyetlen igazságforrás” létrehozásával a technológia mérsékli az ex-post oportunizmust (például a minőség hamisítása vagy a szállítási feltételek be nem tartása), mivel a tranzakciók és az árumozgások visszamenőlegesen ellenőrizhetők. Ez a hatás különösen erős azokban a konfigurációkban, ahol a rendszer IoT eszközökkel (szenzorokkal) van integrálva, minimalizálva a manuális adatbevitelből fakadó hibákat és csalásokat.

2.7.1.2. A blokklánc technológia szerepe az élelmiszerbiztonsági kríziskezelésben

A globális élelmiszerellátási láncokban tapasztalható információs aszimmetria és az ebből fakadó bizalomvesztés a blokklánc technológia adaptációjának elsődleges hajtóerejévé vált. Az ügynökelmélet perspektívájából vizsgálva a technológia képes mérsékelni a beszállítói oportunizmust és az „információs szigetek” kialakulását azáltal, hogy egy megosztott, megmásíthatatlan főkönyvön keresztül biztosítja az adatok integritását és valós idejű hozzáférhetőségét (DANESE & ROMANO, 2025).

A szakirodalom számos empirikus esettanulmányon keresztül igazolja, hogy a BCT nem csupán elméleti lehetőség, hanem a visszahívási folyamatok radikális optimalizálásának és a fogyasztói bizalomépítésnek bizonyított eszköze.

A nyomonkövethetőség iránti igényt az élelmiszerbiztonsági botrányok és a fogyasztói bizalomvesztés is hajtja. A szakirodalom kiemeli, hogy a blokklánc lehetővé teszi a szennyezett termékek gyors és precíz visszahívását, ami drasztikusan csökkenti a logisztikai kockázatokat és a népegészségügyi költségeket (MONTECCHI ET AL., 2019; CHEN ET AL., 2023; DUONG ET AL., 2024).

2.7.1.3. A „De Facto” iparági standard: A Walmart és az IBM Food Trust

A szakirodalomban leggyakrabban hivatkozott esettanulmány a Walmart és az IBM együttműködése, amely a Hyperledger Fabric alapú IBM Food Trust platform implementálásával demonstrálta a technológia diszruptív potenciálját. A működés gyakorlati modellezését a 9. számú mellékletben szereplő ábra szemlélteti. A projektet a nyomonkövetési hatékonyság drasztikus javítása motiválta:

- Egy kísérleti projekt során a hagyományos, papíralapú módszerekkel 6 nap 18 óra 26 percet vett igénybe egy csomag szeletelt mangó eredetének visszakövetése a farmig. A blokklánc alkalmazásával ez az időintervallum 2,2 másodpercre csökkent (MALIK ET AL., 2021; KHAN ET AL. 2023)

- A sikeres pilot projekteket követően a Walmart kötelezővé tette a technológia használatát a leveles zöldségek (pl. spenót, saláta) beszállítói számára, válaszul a visszatérő E. coli járványokra. Ez a lépés igazolja, hogy a domináns piaci szereplők képesek kikényszeríteni a technológiai váltást a hálózati biztonság érdekében (AVINADAV & SHAMIR, 2025).

2.7.1.4. Élelmiszerbotrányok mint technológiai hajtóerők

A blokklánc adaptációját gyakran exogén sokkhatások, nevezetesen súlyos élelmiszerbiztonsági botrányok gyorsítják fel, amelyek rávilágítanak a centralizált nyomkövetési rendszerek elégtelenségére:

- Az európai lóhús-botrány (2013): A marhahúsként értékesített termékekben talált lóhús esete súlyos reputációs veszteséget okozott olyan kiskereskedelmi óriásoknak, mint a Tesco. A szakirodalom kiemeli, hogy a blokklánc transzparenciája képes lett volna megakadályozni a hamisítást azáltal, hogy a teljes ellátási láncot átláthatóvá teszi a végfelhasználók számára (MONTECCHI ET AL., 2019; KHAN ET AL., 2023).
- A kínai melamin-botrány (2008): A csecsemőtápszerek szennyezése globális bizalomvesztést eredményezett a kínai élelmiszeriparral szemben. A blokklánc-alapú nyomkövetés bevezetése ezen a piacon nem csupán logisztikai, hanem alapvető bizalom-helyreállítási eszköz a fogyasztók felé (MONTECCHI ET AL., 2019; JOO & HAN, 2021).
- Chipotle E. coli járvány (2015): Az étteremlánc részvényárfolyamának 42%-os zuhanását eredményező járvány rávilágított, hogy a valós idejű adatok hiánya lehetetlenné teszi a szennyezett alapanyagok gyors izolálását, amit a BCT képes orvosolni (KHAN ET AL., 2022; QUTTAIAH & SINGH, 2024)

2.7.1.5. Piaci differenciálás és fogyasztói bizalomépítés

A kockázatkezelésen túl a vállalatok a blokkláncot marketingeszközként is alkalmazzák a termékek prémium jellegének és eredetének igazolására:

- Carrefour: Az európai kiskereskedelmi lánc a csirkehús, a tojás és a tejtermékek nyomon követésére vezette be a technológiát. A QR-kódos rendszer lehetővé teszi a vásárlók számára az állatjóléti információk és a származási hely ellenőrzését, ami a kutatások szerint pozitív hatással volt az értékesítési volumenre és a márkahűsége (NAYEEM ET AL., 2025).

- Bumble Bee Foods: A vállalat az SAP blokklánc-megoldását alkalmazza a sárgaúszójú tonhal nyomon követésére az indonéz vizektől a polcokig. Ez a rendszer garantálja a fenntartható halászatot és kizárja az illegális forrásból származó termékeket, növelve a "tányértól a tengerig" tartó átláthatóságot (PERAL ET AL., 2020).
- Olasz Boripar: A borászatok esetében a blokklánc a hamisítás elleni védelem (anti-counterfeiting) és az eredetvédelem (pl. DOCG minősítés) eszköze, amely közvetlen versenyelőnyt biztosít a nemzetközi piacokon (CASATI ET AL., 2024, BENTIVOGLIO ET AL., 2025).

A szakirodalmi elemzés alátámasztja, hogy a blokklánc technológia az élelmiszeriparban túllépett a kísérleti fázison. A technológia legfőbb hozzáadott értéke a visszahívási idők radikális csökkenése (napokról másodpercekre) és a rendszerszintű bizalom megteremtése. A Walmart, a Carrefour és más piaci szereplők példái bizonyítják, hogy a BCT képes hatékonyan kezelni az információs aszimmetriát, ezáltal minimalizálva a logisztikai kockázatokat és a népegészségügyi fenyegetettséget.

2.7.2. Működési hatékonyság, okosszerződések

A logisztikai folyamatok automatizálása és a tranzakciós költségek csökkentése a szakirodalom másik központi témája. A kutatók egyetértenek abban, hogy a blokklánc képes csökkenteni vagy teljesen megszüntetni a közvetítők szükségességét a fizetési, elszámolási és dokumentációs folyamatokban, amit diszintermediációnak neveznek (QUTTAH ET AL., 2024).

BENCHIS ET AL. (2025) szisztematikus áttekintése szerint az okosszerződések alkalmazása az ellátási láncban nemcsak a hatékonyságot növeli, hanem javítja a szerződéses fegyelmet is. Ezek az önvégrehajtó kódok automatikusan elindítják a fizetést vagy a tulajdonjog átruházását, amint a szállítmány eléri a meghatározott mérföldköveket (pl. GPS koordináták vagy hőmérsékleti adatok alapján), ezáltal felgyorsítva a készpénzforgást és csökkentve az adminisztratív terheket.

BIANCONE ET AL. (2025) egy olasz élelmiszeripari vállalat esettanulmányán keresztül demonstrálta, hogy a blokklánc integrálása a vállalati erőforrás-tervező rendszerekbe javítja a rendelési adatok pontosságát. A rendszer képes automatikusan összevetni a megrendeléseket, a szállítóleveleket és a számlákat, minimalizálva az emberi hibából fakadó eltéréseket, a késedelmes fizetéseket és a felesleges adminisztrációt. A kutatás rávilágított, hogy ez a fajta

automatizáció lehetővé teszi a pénzügyi tranzakciók átláthatóságának növelését és a belső ellenőrzési folyamatok támogatását.

2.7.3. Vállalati blokklánc-rendszerek fejlesztési környezete és technológiai ökoszisztémája

A BCT vállalati integrációja a kriptovaluta-központú megközelítésből komplex, többszereplős technológiai ökoszisztémává fejlődött. A szakirodalom elkülöníti a nyilvános, engedély nélküli rendszereket és a vállalati célokra optimalizált, engedélyköteles megoldásokat, mivel ezek eltérő fejlesztési környezetet, konszenzusmechanizmust és programozási eszközöket igényelnek (KUBLER ET AL., 2023; ZHANG et al., 2024).

2.7.3.1. Domináns vállalati platformok: Ethereum, Hyperledger és konzorciumi megoldások

A vállalati blokklánc-megoldások két fő technológiai irányra épülnek: az Ethereum-alapú okosszerződéses rendszerekre és a Hyperledger projektcsaládra. Az Ethereum a decentralizált alkalmazások egyik legelterjedtebb platformja Turing-teljes programozhatósága miatt (LUNA ET AL., 2024). Vállalati környezetben azonban gyakran privát vagy konzorciumi változatokat alkalmaznak, például a Quorumot, amely a pénzügyi szektor adatvédelmi igényeihez igazodva támogatja a titkosított és gyors tranzakciókezelést (GUO & LIU, 2025).

A Hyperledger Fabric engedélyezett, moduláris vállalati platform, amelyet gyakran használnak ellátási láncokban és egészségügyi alkalmazásokban. Előnye a rugalmas konszenzusmechanizmus és a natív kriptovaluta nélküli működés (BUTHELEZI ET AL., 2022). A pénzügyi és biztosítási szektorban az R3 Corda is jelentős, amely tranzakció-alapú DLT-rendszerként csak az érintett felek között osztja meg az adatokat (SAARI ET AL., 2025).

2.7.3.2. Programozási nyelvek és fejlesztői eszközök

A fejlesztői eszközök a választott platformtól függenek. Ethereum esetében a Solidity az okosszerződések fő nyelve, ugyanakkor használata biztonsági kockázatokat, például reentrancy attacks típusú sérülékenységeket hordozhat, ezért auditálást igényel (MOURTZIS ET AL., 2023). A Hyperledger Fabric előnye, hogy Go, Java és Node.js alapú „chaincode” fejlesztést is támogat, ami megkönnyíti a meglévő vállalati IT-kompetenciák adaptálását (VASILEIOU ET AL., 2025). Más platformok, például az Algorand vagy a Cardano speciálisabb, formálisabb fejlesztési környezeteket alkalmaznak, de ipari elterjedtségük korlátozottabb (MOURTZIS ET AL., 2023; NUDIN ET AL., 2024).

2.7.3.3. Kapcsolódó kripto-projektek és technológiai integráció

A vállalati rendszerek gyakran hibrid architektúrákat alkalmaznak. A nagy méretű adatok tárolására jellemzően off-chain megoldások, például IPFS és Filecoin használhatók, miközben a blokkláncon csak a fájlok hash-lenyomata szerepel (BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024, TAN-VO ET AL., 2025). A külső adatok, például IoT- vagy pénzügyi adatok blokkláncra kapcsolását oracle-hálózatok támogatják, amelyek közül a Chainlink a szakirodalomban gyakran említett decentralizált megoldás (CALDARELLI ET AL., 2020, PERON ET AL., 2025). A skálázhatósági problémák kezelésére Layer 2 és EVM-kompatibilis megoldások, például Polygon vagy Binance Smart Chain alkalmazhatók (MUSAMIH ET AL., 2022; TAN-VO ET AL., 2025).

A vállalati blokklánc-fejlesztés hibrid irányba mozdult el: a privát láncok az üzleti logikát és adatvédelmet, míg a nyilvános hálózatokhoz kapcsolódó szolgáltatások a skálázhatóságot, interoperabilitást és adatintegritást erősítik. A KKV-k adaptációját ugyanakkor továbbra is kognitív, pénzügyi és környezeti akadályok lassítják, amelyek kezeléséhez célzott tudásfejlesztésre, ösztönzőkre és támogató ökoszisztémára van szükség.

2.7.4. A KKV-k blokklánc-adaptációját hátráltató főbb gátak

1. **Technológiai komplexitás és kognitív ellenállás:** A blokklánc rendszerek megértése és használata relatív nehézséget okoz a KKV-k számára. Az algoritmusok működése és a potenciális hibák elhárításának bonyolultsága szorongást és ellenállást vált ki a felhasználókból, így a technológia komplexitása szignifikánsan negatív hatással van az adaptációs szándéokra (BHARDWAJ ET AL., 2021).
2. **Költségvonzatok és erőforráshiány:** A decentralizált technológiák bevezetése jelentős kezdeti beruházást igényel. A hardver- és szoftverinfrastruktúra kiépítése, a rendszerimplementáció, valamint a speciális szaktudással rendelkező munkaerő toborzása és képzése olyan pénzügyi terhet jelent, amely a forráshiányos KKV-k esetében az egyik legfőbb gátló tényező (MAWRIDES ET AL., 2025). Emellett a hagyományos építőipari projekteknél is megjelenik a lassú tanulási görbe és a magas oktatási költség, mint alapvető korlát (ALFALAH ET AL., 2024).
3. **Kiforratlan szabályozási környezet:** Mivel a blokkláncokhoz kapcsolódó jogi és iparági standardok (pl. okosszerződések jogi elismertsége, kriptográfiai aláírások szabályozása) sok régióban még kezdeti fázisban járnak, a szabályozási bizonytalanság elbizonytalanítja a KKV-kat a technológia hosszú távú bevezetésével kapcsolatban (SAARI ET AL., 2022; BENCHIS ET AL., 2025).

2.7.4.1. Szakirodalmi javaslatok a KKV-k és az ökoszisztéma szereplői számára

A technológia sikeres implementációja érdekében a kutatások makro- és mikroszintű beavatkozásokat javasolnak:

1. **Felsővezetői támogatás proaktív kiépítése:** A KKV-k esetében a menedzsment egyben a végső döntéshozó hatóság is. A blokklánc fejlesztőknek és szolgáltatóknak közvetlenül a felsővezetőket kell meggyőzniük a technológia üzleti hasznosságáról (pl. átláthatóság, adatintegritás, nyomonkövethetőség). Csak a határozott felsővezetői elköteleződés garantálhatja a kockázatvállalást és a megfelelő pénzügyi, illetve emberi erőforrások allokálását (LEGESSE ET AL., 2024; SESHADRINATHAN & CHANDRA, 2025).
2. **Technológiai felkészültség és belső kompetenciák fejlesztése:** A KKV-knak dedikált stratégiát kell kidolgozniuk a technológiai felkészültségük javítására. Ez magában foglalja az elavult IT-infrastruktúra modernizálását, valamint a munkavállalók folyamatos képzését. A technológia iránti bizalom csak akkor alakul ki, ha a vállalat rendelkezik a megfelelő képzettségű munkaerővel, amely képes az új rendszerek üzemeltetésére (KHAN ET AL., 2022; PERON ET AL., 2025).
3. **Szállítói támogatás és testreszabott megoldások:** A blokklánc-szállítóknak meg kell érteniük a KKV-k meglévő szervezeti kultúráját és technológiai kompatibilitási igényeit. Kiemelt javaslat, hogy a fejlesztők testreszabott megoldásokat kínáljanak, amelyeket erős technikai háttértámogatással és képzési programokkal egészítenek ki. A folyamatos szállítói támogatás kritikus a technológiai komplexitás okozta aggályok enyhítésében (ORJI ET AL., 2020; KUMAR ET AL., 2024; HAN & LI, 2025).
4. **Intézményi és szabályozói keretrendszerek kialakítása:** A szakpolitikai döntéshozóknak sürgősen ki kell dolgozniuk a blokklánc technológiát szabályozó, átlátható jogi keretrendszereket. Az állami standardizáció csökkenti az innovációval járó környezeti bizonytalanságot, és biztonságos beruházási légkört teremt a KKV szektor számára (BÖHMECKE-SCHWAFERT, 2024; NAYEEM ET AL., 2025).

2.7.4.2. Fenntarthatóság és körforgásos gazdaság

A fenntartható ellátási lánc menedzsment (Sustainable Supply Chain Management – SSCM) kontextusában a blokkláncot kulcsfontosságú „engedélyező technológiaként” tartják számon. GHOBAKHLOO ET AL. (2024) átfogó elemzése 15 fenntarthatósági funkciót azonosított,

amelyeket a blokklánc támogat. Ezek közé tartozik a termékek karbonlábnyomának hiteles mérése, a hulladékcökkentés a jobb készletgazdálkodás révén, valamint a körforgásos gazdasági modellek támogatása a termékek életciklusának nyomon követésével.

A körforgásos gazdaság és az Ipar 5.0 integrációjában a blokklánc segít áthidalni a bizalmi és információs szakadékokat, amelyek gyakran akadályozzák az anyagok visszanyerését és újrafeldolgozását. KANNAN ET AL. (2024) kutatása az akkumulátorgyártás példáján keresztül mutatja be, hogy a technológia hogyan segítheti a kritikus nyersanyagok visszakövetését és a felelős hulladékgazdálkodást. Ugyanakkor a szerzők figyelmeztetnek a technológiai és szabályozási akadályokra is, amelyek lassítják a széles körű alkalmazást.

REJEB ET AL. (2022) a körforgásos gazdaságban való blokklánc-alkalmazás akadályait vizsgálva kiemeli a „Best-Worst Method” alkalmazásával, hogy a technológiai érettség hiánya, a szabályozási bizonytalanság és a szabványosítás hiánya a legjelentősebb gátló tényezők. A fenntarthatósági célok eléréséhez elengedhetetlen a teljes értéklánc együttműködése és az adatok interoperabilitása.

A nemzetközi szakirodalom egyértelműen igazolja, hogy a blokklánc technológia jelentős potenciállal rendelkezik a logisztika és az ellátási lánc menedzsment transzformációjában. A legfontosabb hatások a fokozott átláthatóságban, a csökkentett tranzakciós költségekben, a megnövekedett működési sebességben és a fenntarthatósági célok támogatásában jelentkeznek. Ugyanakkor a technológia sikeres alkalmazása megköveteli a szervezeti és hálózati kormányzás átgondolását, a technológiai és emberi erőforrások fejlesztését, valamint a fizikai és digitális világ közötti hiteles adatkapcsolat (pl.: IoT) megteremtését.

2.8. Költségcsökkentés, hatékonyság és a blokklánc termelékenységi paradoxona

A blokklánc technológia gazdasági diskurzusának középpontjában egy kettős narratíva áll: egyrészt a tranzakciós költségek radikális csökkentésének és a működési hatékonyság növelésének ígérete, másrészt a gyakorlati megvalósítás során tapasztalt magas beruházási igények és a megtérülés bizonytalansága által generált termelékenységi paradoxon. A szakirodalom átfogó elemzése rávilágít, hogy bár az elméleti modellek – különösen a tranzakciós költségek elmélete és az ügynökelmélet – egyértelmű hatékonyságnövekedést prognosztizálnak, az empirikus tapasztalatok sokkal árnyaltabb képet mutatnak, ahol a technológiai érettség hiánya, a kormányzási nehézségek és az integrációs költségek gyakran ellensúlyozzák a várt nyereségeket.

A blokklánc alapú költségcsökkentés elsődleges forrása a diszintermediáció, azaz a közvetítők kiiktatása a gazdasági folyamatokból. A hagyományos ellátási láncokban és pénzügyi

tranzakciókban a felek közötti bizalomhiányt harmadik felek (bankok, brókerek, hitelesítő ügynökségek) hidalják át, akik szolgáltatásaikért jelentős díjakat számítanak fel és lassítják az információáramlást (KAFEEL ET AL., 2023). QUTTAH ET AL. (2024) kutatása az Interpretív Strukturális Modellezésségével kimutatta, hogy a blokklánc átláthatósága és megváltoztathatatlansága feleslegessé teszi ezeket a közvetítőket, lehetővé téve a peer-to-peer tranzakciókat. Ez nemcsak a közvetítői díjakat szünteti meg, hanem csökkenti a tranzakciós időt is, ami közvetlen hatással van a vállalatok készpénzforgási ciklusára és likviditására.

A költségek mérséklésének másik kritikus eszköze az okosszerződések általi automatizáció. BENCHIS ET AL. (2025) elemzése szerint ezek az önvégrehajtó kódok képesek kiváltani a manuális adminisztrációt és a szerződéses teljesítés ellenőrzését. A hagyományos rendszerekben a számlák egyeztetése, a teljesítési igazolások kiállítása és a fizetések jóváhagyása jelentős emberi erőforrást és időt igényel, emellett magas a hibalehetőség kockázata. Ezzel szemben a blokklánc alapú rendszerekben, amint azt BIANCONE ET AL. (2025) a TLAB SCF esettanulmányában bemutatta, az ERP rendszerekkel integrált blokklánc automatikusan végzi a „háromutas egyeztetést” a megrendelés, a szállítólevél és a számla között. Ez a folyamat drasztikusan csökkenti az adminisztratív költségeket és minimalizálja az emberi hibából fakadó korrekciós kiadásokat.

A tranzakciós költségek elmélete felől közelítve, a technológia csökkenti a keresési és információs költségeket, valamint a végrehajtási költségeket. (DANESE & ROMANO, 2025) rámutat, hogy az „egyetlen igazságforrás” létrehozásával a blokklánc csökkenti az információs aszimmetriát a megbízó és az ügynök között. Ez mérsékli az ex-post oportunizmus kockázatát (például a minőségi hibák eltitkolását), ami kevesebb utólagos vitarendezést és jogi költséget eredményez. A rendszerbe épített bizalom helyettesíti a drága auditálási és felügyeleti mechanizmusokat, ezáltal növelve a teljes ellátási lánc költséghatékonyságát.

A hatékonyság növekedése szorosan összefügg az információáramlás sebességével és pontosságával. SHAMSUZZOHA ET AL. (2025) kutatása szerint a decentralizált adatbázisok lehetővé teszik a valós idejű nyomon követést, ami optimalizálja a készletgazdálkodást. A pontos és azonnali információk birtokában a vállalatok csökkenthetik a biztonsági készleteket, elkerülhetik a készlethiányt és gyorsabban reagálhatnak a kereslet változásaira. Ez a fajta agilitás – ahogy azt az RBV elmélet dinamikus képességek ága is hangsúlyozza – versenyelőnyt jelent a gyorsan változó piaci környezetben.

Pénzügyi szempontból a blokklánc növeli a tőkehatékonyságot. CAO ET AL. (2025) tanulmánya az ellátási lánc finanszírozás területén vizsgálta a technológia hatását. A blokkláncon hitelesített, megváltoztathatatlan tranzakciós előzmények és a készletek

tokenizációja csökkentik a hitelezők kockázatát, ami alacsonyabb kamatfelárakat és jobb finanszírozási feltételeket eredményez a beszállítók, különösen a kkv-k számára. A gyorsabb fizetési elszámolások javítják a likviditást és csökkentik a forgótőke-igényt, ami közvetlen pozitív hatással van a vállalatok profitabilitására.

2.8.1. A termelékenységi paradoxon: Magas kezdeti költségek és rejtett akadályok

Annak ellenére, hogy az elméleti előnyök meggyőzőek, a blokklánc technológia vállalati szintű termelékenységi mutatókban való megjelenése gyakran késik vagy elmarad. Ezt a jelenséget a szakirodalom a digitális transzformáció „termelékenységi paradoxonaként” értelmezi, amelyben a technológiai beruházások nem eredményeznek azonnali, mérhető output-növekedést. A GUAN ET AL., (2023), valamint DADSENA ET AL. (2024) által végzett fuzzy DEMATEL elemzések azonosították, hogy a „magas kezdeti beruházási költségek” jelentik az egyik legkritikusabb akadályt. A blokklánc rendszerek kiépítése nem csupán szoftvervásárlást jelent, hanem a teljes informatikai infrastruktúra átalakítását, drága szakértők (fejlesztők, jogászok) alkalmazását és a partnerek rendszereivel való komplex integrációt.

A paradoxon egyik fő oka a „blokklánc megoldás blokklánc nélkül” jelensége, amelyet MEYERS & KEYMOLEN (2023) ír le. A kutatás rávilágít, hogy sok vállalat a „blockchain solutionism” csapdájába esik: a technológiát marketingcéllal vagy a „félelem a kimaradástól” (FOMO) miatt vezetik be, anélkül, hogy valódi decentralizált folyamatokat alakítanának ki. Az ilyen projektek gyakran valójában centralizált adatbázisok drága és bonyolult változatai, amelyek nem realizálják a decentralizációból fakadó hatékonysági előnyöket, viszont viselik a technológia minden költségét és komplexitását. Ez a jelenség jelentős erőforrásokat emészt fel anélkül, hogy javítaná a termelékenységet.

Továbbá, a költségcsökkentés gyakran nem a bevezető vállalatnál, hanem a hálózat más pontjain jelentkezik, ami elosztási problémákat vet fel. HANISCH ET AL. (2025) kutatása a „centralizáció-decentralizáció paradoxonára” hívja fel a figyelmet: a platform létrehozása és fenntartása (például egy konzorciumi blokklánc esetén) jelentős koordinációs költségekkel jár a szponzor számára, miközben a haszon (pl. alacsonyabb tranzakciós díj) a partnereknél csapódik le. Ha a kormányzási struktúra nem képes megfelelően kezelni a költségek és hasznok megosztását, a rendszer fenntarthatatlanná válik, és a remélt hálózati hatások elmaradnak.

2.8.1.1. Technológiai érettség és integrációs kihívások

A hatékonyságot gátló további tényező a technológiai érettség hiánya és a „örökölt” rendszerekkel való kompatibilitási problémák. PATHAK ET AL. (2025) és ORJI ET AL. (2020)

hangsúlyozzák, hogy a blokklánc jelenleg még nem „plug-and-play” megoldás. A meglévő vállalati rendszerekkel (ERP, CRM) való összekapcsolása egyedi fejlesztéseket igényel, ami növeli a karbantartási költségeket és a rendszerleállások kockázatát. Emellett a skálázhatósági problémák (különösen a nyilvános láncok esetében) korlátozhatják a tranzakciós sebességet, ami paradox módon lassíthatja a folyamatokat a hagyományos központi adatbázisokhoz képest. A fenntarthatóság mint költségtényező is megjelenik a paradoxonban. WANG ET AL. (2020), valamint GHOBAKHLOO ET AL. (2024) elemzése szerint, bár a blokklánc támogatja a fenntarthatósági célokat (pl. karbonlábnyom mérése), bizonyos konszenzusmechanizmusok (pl. PoW) energiaigénye növelheti a működési költségeket és a környezeti terhelést, ami ellentétes a hatékonysági törekvésekkel. Ez a „zöld paradoxon” arra kényszeríti a vállalatokat, hogy energiahatékonyabb, de gyakran kevésbé decentralizált (pl. privát vagy konzorciumi) architektúrákat válasszanak.

A blokklánc technológia költségcsökkentő és hatékonyságnövelő potenciálja elméletileg megalapozott és egyes esetekben empirikusan is bizonyított, különösen a diszintermediáció és az automatizáció területén. Ugyanakkor a „termelékenységi paradoxon” jelenléte arra figyelmeztet, hogy a technológia pusztá bevezetése nem garancia a sikerre. A magas kezdeti beruházási költségek, a kormányzási nehézségek és az integrációs kihívások miatt a megtérülés gyakran csak hosszú távon, a hálózati hatások érvényesülésekor realizálódik. A vállalatoknak ezért kerülniük kell a „technológiai színházat”, és a blokkláncot stratégiai eszközként kell kezelniük, amelynek értéke nem önmagában, hanem a folyamatok és partneri kapcsolatok újratervezésében rejlik.

2.8.1.2. Ügyfélkapcsolatok (CRM), transzparencia és fogyasztói bizalom

A digitális gazdaságban az ügyfélkapcsolat-kezelés (Customer Relationship Management – CRM) és a marketingstratégiák fókuszpontja eltolódott a tranzakcionális megközelítéstől a bizalom alapú, hosszú távú kapcsolatépítés felé. A BCT ebben a kontextusban nem csupán egy háttérinfrastruktúra, hanem a vállalati átláthatóság és a fogyasztói bizalom helyreállításának stratégiai eszköze. A szakirodalom rámutat, hogy a hagyományos CRM rendszerek centralizált adatkezelése, az adatvédelmi incidensek és az ellátási láncok átláthatatlansága miatt kialakult „bizalmi deficit” kezelésére a blokklánc kínálhat megoldást az adatok decentralizált hitelesítése és a transzparencia radikális növelése révén (DUONG ET AL., 2024).

2.8.1.3. A transzparencia új dimenziói a marketingben

A marketing szakirodalmában a transzparencia fogalma központi szerepet játszik a fogyasztói döntéshozatal befolyásolásában. NAWAZ & WAGNER (2025) átfogó taxonómiát dolgozott ki a transzparencia stratégiákra, megkülönböztetve az információ címzettjeit (fogyasztók vs. versenytársak) és az információ tartalmát (költség, folyamat, nyomonkövethetőség).

A blokklánc technológia lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy hitelesített, megváltoztathatatlan információkat osszanak meg a termékek eredetéről, gyártási körülményeiről és fenntarthatósági lábnyomáról. Ez a fajta „folyamat-transzparencia” csökkenti az információs aszimmetriát az eladó és a vevő között, ami különösen kritikus a bizalmi javak – például bioélelmiszerek, luxustermékek vagy etikus divatcikkék – esetében, ahol a fogyasztó nem tudja közvetlenül ellenőrizni a minőséget (DAO ET AL., 2025).

A blokklánc alapú transzparencia nem csupán az adatok közzétételét jelenti, hanem azok verifikálhatóságát is. HINA ET AL. (2024) kutatása a divatiparban vizsgálta a blokklánc alapú márkaalkalmazásokat, és kimutatta, hogy a „fenntartható információk egyértelműsége” (sustainable information clarity) közvetlen pozitív hatással van a márkába vetett bizalomra és a vásárlási szándéokra. A technológia lehetővé teszi a fogyasztók számára, hogy egy QR-kód beolvasásával hozzáférjenek a termék teljes digitális útleveléhez, amely tartalmazza a nyersanyagok származásától a késztermékig tartó út minden állomását.

2.8.1.4. Blokklánc-alapú ügyfélkapcsolati rendszerek

A hagyományos CRM rendszerek egyik legnagyobb korlátja az adatok elszigetelt adatstruktúrákban történő tárolása és a központi adatbázisokra épülő architektúrák sebezhetősége. ABUGHAZALEH & ABDELRAHIM (2021) egy integrált „CRM-BC” (Customer Relationship Management based on Blockchain) keretrendszert javasol, amely a felhőalapú számítástechnikát és a blokkláncot ötvözi az adatbiztonság és az ügyfél-elégedettség növelése érdekében. A modellben a blokklánc biztosítja az adatok integritását és bizalmasságát, kiküszöbölve az illetéktelen módosításokat. A kutatás rávilágít, hogy a blokklánc alkalmazása a CRM-ben növeli az „érzékelte biztonságot”, ami elengedhetetlen feltétele annak, hogy az ügyfelek hajlandóak legyenek megosztani személyes adataikat.

A CRM-BC rendszerek lehetővé teszik a fogyasztói adatok feletti rendelkezési jog visszaszolgáltatását a felhasználóknak, ami a digitális önrendelkezésű identitás (Self-Sovereign Identity, SSI) koncepciójához kapcsolódik. Ebben a modellben a fogyasztók szabályozhatják, hogy mely vállalatok férhetnek hozzá adataikhoz és milyen célból, ami növeli a bizalmat és megfelel a szigorodó adatvédelmi szabályozásoknak, pl.: GDPR (LOMOTÉY ET AL., 2022; MEYERS & KEYMOLEN, 2025) . HINA ET AL. (2024) empirikus eredményei szerint az

adatvédelmi aggályok csökkentése kulcsfontosságú a technológia elfogadása szempontjából; a blokklánc transzparenciája paradox módon növelheti a magánszféra védelmét, ha megfelelő titkosítási eljárásokkal (pl. zero-knowledge proof) párosul.

A blokklánc technológia forradalmasítja a hűségprogramok működését is. A jelenlegi rendszerek gyakran fragmentáltak, a pontok nehezen átválthatók, és a tranzakciós költségek magasak a vállalatok számára. ABUGHAZALEH & ABDELRAHIM (2021) és PINTO ET AL., (2021), valamint ARIAS-OLIVA (2024) kiemelik, hogy a hűségpontok „tokenizációja” lehetővé teszi azok egységes kezelését egy megosztott főkönyvön. Ez interoperabilitást teremt a különböző szolgáltatók (pl. légitársaságok, szállodák, kiskereskedők) között, lehetővé téve a fogyasztók számára, hogy pontjaikat rugalmasan váltsák be egy partnerhálózaton belül. A blokklánc alapú hűségrendszerek előnyei közé tartozik a tranzakciók valós idejű elszámolása, a működési költségek csökkentése (kevesebb adminisztráció), valamint a csalások kiküszöbölése. A tokenizált hűségpontok likvid eszközzé válhatnak, amelyeket a fogyasztók akár egymás között is cserélhetnek, növelve a program vonzerejét és az ügyfélmegtartó erőt. BIANCONE ET AL. (2025) esettanulmánya megerősíti, hogy az ilyen rendszerek javítják az ügyfél-elégedettséget a folyamatok átláthatósága és gyorsasága révén.

A pozitív hatások mellett a szakirodalom a kihívásokra is figyelmeztet. Az egyik legfontosabb kérdés a „privacy paradoxon”: miközben a fogyasztók transzparenciát követelnek a vállalatoktól, saját adataik védelme miatt aggódnak (HINA ET AL., 2024). A nyilvános blokkláncok átláthatósága konfliktusba kerülhet a GDPR „törléshez való jogával”, mivel a láncra írt adatok nem törölhetők. A megoldást a hibrid rendszerek vagy az off-chain adattárolás jelentheti (BIANCONE ET AL., 2025). További akadályt jelent a technológiai komplexitás. Ha a blokklánc alapú megoldások használata (pl. digitális pénztárcák kezelése a hűségpontokhoz) túl bonyolult a technológiában kevésbé jártas fogyasztók számára, az gátolhatja az elfogadást. CRICELLI ET AL. (2025) kiemeli, hogy a piaci dinamikák és a társadalmi befolyás jelentős szerepet játszanak: a technológia akkor terjed el széles körben, ha a fogyasztók érzékelik annak relatív előnyét a hagyományos megoldásokkal szemben.

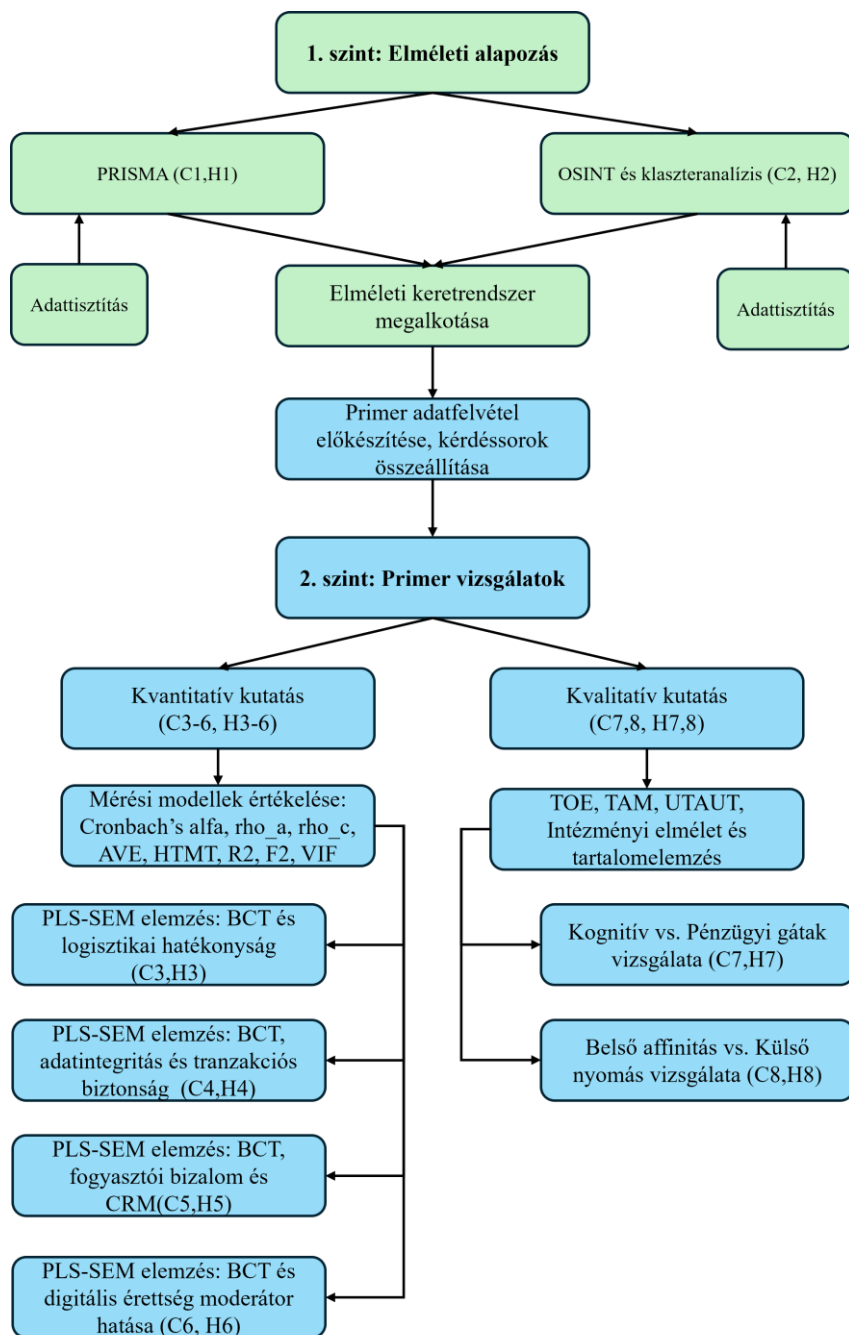
Bár a szakirodalom jelentős része optimistán közelít a blokklánc fenntarthatósági (ESG) és tokenizációs potenciáljához, kritikai szempontból meg kell jegyezni, hogy ezek a megoldások súlyos ellentmondásokat is hordoznak. A tokenizált hűségprogramok vagy a karbonlábnyom-követő rendszerek elméletben növelik a transzparenciát, a gyakorlatban azonban a „zöldre festés” (greenwashing) veszélye a blokkláncon is fennáll, amennyiben a láncra kerülő adatok fizikai auditálása nem megoldott. Továbbá, a tokenizáció okozta piaci volatilitás és az ösztönzők spekulatív torzulása gyakran épp azt a fogyasztói bizalmat ássa alá, amelynek

megegerősítésére a rendszert bevezették. Ennek megfelelően a blokklánc nem önmagában garantálja az ESG célok teljesülését, hanem kizárólag a szigorú külső szakmai auditokkal kiegészítve képes hiteles értéket teremteni.

Következtetésként levonható, hogy a blokklánc technológia alapvetően átformálja az ügyfélkapcsolatokat azáltal, hogy a bizalmat intézményi garanciákról technológiai garanciákra helyezi át. A transzparencia, mint stratégiai eszköz, lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy differenciálják magukat a piacon, növeljék a fogyasztói elköteleződést és hatékonyabb hűségprogramokat működtessenek. A jövőbeli CRM rendszerek várhatóan a blokklánc, a mesterséges intelligencia és a big data integrációjára épülnek majd, hogy személyre szabott, biztonságos és átlátható ügyfélélményt nyújtsanak.

3. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

A megfogalmazott interdiszciplináris kutatási célkitűzések komplexitása miatt a disszertáció kevert kutatási módszertant alkalmaz. Ennek keretében a primer elméleti megalapozás és az empirikus adatgyűjtés egymást kiegészítő, strukturált fázisokban valósult meg. A különböző kutatási célkitűzésekhez rendelt specifikus módszertanok szinergiáját az 1. fejezet 1. táblázat foglalja össze. A disszertáció kutatási modellje a 13. ábrán került összegzésre.



13. ábra: A kutatás modellje

Forrás: saját szerkesztés

3.1. Szisztematikus irodalomkutatás

A releváns elméleti keretek azonosítása és a primer szakirodalmi gerinc felépítése a PRISMA 2020 irányelvek (PAGE ET AL., 2021) szigorú, kritérium-alapú szűrési eljárásával történt. A módszertan alkalmazása biztosította a hagyományos narratív összefoglalókra jellemző torzítások minimalizálását, lehetővé téve a tudáshatárok objektív felrajzolását és a kutatási hipotézisek megalapozását (SNYDER, 2019). Az elemzés részletes levezetése a 2. fejezetben található. A PRISMA 2020 ajánlásait tartalmazó 27 elemű ellenőrző lista a 8. számú mellékletben érhető el.

A kutatás korlátai: A kutatás a magas tudományos minőség garantálása érdekében kizárólag a Scopus és Web of Science adatbázisokra támaszkodott. Az alkalmazott kizárási kritériumok (EC3) miatt a nem lektorált „szürke irodalom” (pl. iparági jelentések, working paper-ek) kimaradt, ami növeli a publikációs torzítás kockázatát. Emellett a kizárólag angol nyelvű publikációkra vonatkozó szűkítés (EC2) nyelvi torzítást is eredményezett, potenciálisan kizárva a globálisan releváns, de más nyelveken megjelent innovációs eredményeket. A vizsgálat a menedzsment, a szervezeti adaptáció és az ellátási láncok dimenzióira fókuszált, így a tisztán informatikai vagy kriptográfiai tanulmányok (EC1) tudatosan kiszűrésre kerültek. Bár ez az elméleti tisztaság miatt indokolt volt, fennáll a kockázata, hogy fundamentális technológiai felfedezések maradtak a mintán kívül. Továbbá a vizsgált 2015–2026 közötti időszak csak egy keresztmetszeti pillanatképet nyújt: a blokklánc-technológia exponenciális fejlődése miatt a feltárt eredmények (pl. szabályozási korlátok, adaptációs gátak) viszonylag gyors avulásnak vannak kitéve, így hosszú távú érvényességük longitudinális utánkövetést igényel.

3.2. Nyílt forráskódú adatgyűjtés

Mivel a hagyományos statisztikai osztályozási rendszerek (pl. TEÁOR) a gazdasági végtermékre fókuszálnak, nem megfelelők egy horizontális technológia mérésére. Ennek áthidalására a dolgozat egy Open Source Intelligence (OSINT) alapú digitális lábnyomelemzést alkalmazott. A web-scraping és természetes nyelvfeldolgozási eljárásokkal végzett adatfúzió (média-diskurzusok, repozitóriumok és pénzügyi beszámolók triangulációja) tette lehetővé a hazai technológiai integrációk valós idejű, transzparens feltérképezését (LAKOMY, 2024; HAYES & CAPPA, 2018). Az elemzés részletes levezetése az 4.1. fejezetben található.

3.2.1. Az adatgyűjtés keretei

A kutatás szisztematikus információgyűjtésre épül, amely három pilléren keresztül elemzi a piaci szereplőket, megvalósítva ezzel az adatforrások triangulációját (14. táblázat). A munkaerőpiaci hirdetések, szakmai hálózatok és média-diskurzusok fúziója bizonyítottan hatékony eljárás a szervezeti struktúrák és az operatív technológiai integrációk pontos feltérképezésére (HAYES & CAPPA, 2018).

12. táblázat: Az OSINT adatgyűjtés forrásainak triangulációja

Pillér	Adatforrás típusa	Kinyert információ	Tudományos relevanciája
Szakmai diskurzus	Médiamegjelenések, szakmai szövetségek, konferenciák	Stratégiai irányvonal, ökoszisztéma pozíció	Piaci láthatóság és hálózati beágyazottság mérése
Operatív kompetencia	Álláshirdetések, repozitóriumok (pl. GitHub)	Technológiai stack (pl. Solidity, Rust), K+F intenzitás	Tényleges, operatív technológiai elköteleződés
Transzparencia-kontroll	Éves pénzügyi beszámolók, kiegészítő mellékletek	Beruházási volumen, hivatalos vállalati K+F vállalás	Jogi és pénzügyi auditálhatóság

Forrás: Saját szerkesztés

3.2.1.1. A mintavétel folyamata

Az adatgyűjtés és feldolgozás automatizált, háromlépcsős folyamatban zajlott:

1. **Adatgyűjtés:** Web-scraping adatkinyerés a kijelölt forrásokból a Parsera keretrendszer alkalmazásával. A Parsera-ban alkalmazott beállítások leírása a 4. számú mellékletben érhető el.
2. **Szűrés és feldolgozás:** A megfigyelés során keletkező strukturálatlan adatmennyiség feldolgozása természetes nyelvfeldolgozási +szoftver segítségével történt. Ez tette lehetővé a releváns technológiai entitások és kulcsszavak (pl. *Smart Contract*, *Blockchain*) torzításmentes azonosítását (PELLET ET AL., 2019; SUN ET AL., 2025).
3. **Validálás:** A kinyert céglista manuális és automatizált triangulációs összevetése a pénzügyi beszámolók kvalitatív adataival.

3.3. Kvantitatív elemzés

A kutatásom célja a blokklánc-technológia nagyvállalati hatásmechanizmusainak feltárása volt. Kiemelt figyelmet fordítottam az adatintegritás és a fogyasztói bizalom közvetítő (mediátor), valamint a digitális érettség moderáló szerepére. A kutatási kérdések megválaszolása és a felállított elméleti hipotézisek (H3-H6) empirikus tesztelése érdekében egy deduktív, kvantitatív kutatási dizájnt alkalmaztam.

3.3.1. Kutatási dizájn és a célpopuláció meghatározása

A primer adatfelvételt egy strukturált, keresztmetszeti online kérdőíves felmérés formájában valósítottam meg. A kutatás célpopulációját olyan európai székhelyű vagy Európában jelentős operációval rendelkező nagyvállalatok alkották, amelyek komplex ellátási láncot működtetnek, és üzleti folyamataikban igazoltan alkalmazzák a blokklánc-technológiát. A mintavételi keret pontos kijelölése érdekében a nagyvállalati státusz definiálásakor az Európai Bizottság 2003/361/EK ajánlását vettem alapul (EUROPEAN COMMISSION, 2003). Ennek értelmében a kutatásba kizárólag olyan szervezeteket vontam be, amelyek foglalkoztatottjainak száma meghaladja a 250 főt, éves árbevételük pedig túllépi az 50 millió eurót, vagy éves mérlegfőösszegük a 43 millió eurót. A válaszadók kiválasztásánál a célzott mintavételi eljárást alkalmaztam, ügyelve arra, hogy a kérdőívet kizárólag olyan résztvevők töltsék ki, akik releváns, átfogó rálátással bírnak a szervezet technológiai beruházásaira és folyamataira. A mintavétel anonim módon történt.

3.3.2. Adatgyűjtés és mintaelemszám

A magasan specializált célpopulációra való tekintettel az adatfelvételt egy kiterjedt előzetes szűrési és felderítési fázis előzte meg a mintavételi keret pontos meghatározása érdekében. A beválogatás során különböző kritériumokat alkalmaztam: elsőként a nyilvános iparági adatbázisokat, valamint a jelentősebb európai blokklánc-konzorciumok (pl. EU Blockchain Observatory, Hyperledger Foundation európai vállalati tagjai) taglistáit és publikált esettanulmányait szűrtem le. Ezt követően a vállalatok éves jelentéseiben, PR-anyagaiban és fenntarthatósági (ESG) riportjaiban ellenőriztem a technológia meglétét web-scrapping-el. A célpopulációba kizárólag azok a vállalatok kerülhettek be, ahol a blokklánc-technológia integrációja már túllépett a tisztán K+F, tervezési fázison, és az Európai Bizottság (2003/361/EK) nagyvállalati kritériumai is (alkalmazotti létszám > 250 fő, vagy > 50 m EUR árbevétel) maradéktalanul teljesültek. Ennek a többlépcsős szűrésnek az eredményeként összesen 137 olyan európai nagyvállalatot sikerült azonosítanom, amely igazoltan alkalmaz

blokklánc-technológiát. A célzott adatfelvétel 2025. március és 2026. január között zajlott, a kérdőív pedig a Debreceni Egyetem Informatikai Szolgáltató Központ csatornáin keresztül jutott el az érintett vállalatokhoz.

A kutatás megvalósítása során a megkeresett 137 nagyvállalatból végül 54 szolgáltatott érvényes, teljeskörűen kitöltött adatot ($N = 54$). Bár abszolút értékben az $N = 54$ fős mintaelemszám korlátozottnak tűnhet, a PLS-SEM módszertan kontextusában és a véges populációra tekintettel ez az adathalmaz megfelelő és módszertanilag valid. Először is, a hagyományos kovariancia-alapú (CB-SEM) modellekkel szemben a PLS-SEM algoritmus kifejezetten alkalmas a komplex modellek magas statisztikai erővel történő becslésére kis mintaelemszám esetén is (HAIR ET AL., 2019; HAIR ET AL., 2022). Másodszor, BARCLAY ET AL. (1995) széles körben elfogadott "10-es szabálya" alapján a minimális mintaelemszámnak el kell érnie a legkomplexebb regresszióhoz (ahol a legtöbb nyíl fut be egy konstruktumba) tartozó prediktorok számának tízszeresét. A kutatásom strukturális modelljében a maximális prediktorszám 3 (a *Logisztikai hatékonyság* célváltozó esetében), így a statisztikai minimum 30 fő lett volna, amelyet az 54 fős minta túlteljesít. A minta összetétele az 13. táblázat adataiban kerültek összefoglalásra.

13. táblázat: A minta összetétele

Demográfiai jellemző	Kategória	Gyakoriság (N)
Iparág	Szállítmányozás, logisztika és ellátási lánc	14
	Gyártás és ipari termelés	10
	Pénzügyi szolgáltatások, bankok és biztosítás	10
	Technológia, telekommunikáció és média	6
	Egészségügy és élettudományok	5
	Élelmiszer- és italgyártás	5
	Kis- és nagykereskedelem, fogyasztási cikkek	4
Blokklánc adaptáció szintje	Korai fázis (pilot projektek)	28
	Részleges adaptáció specifikus területeken	20
	Aktívan bővülő blokklánc-alapú kezdeményezések	2
	Teljesen integrálva a vállalati működésbe	4
Összesen		54

Forrás: saját szerkesztés

3.3.3. Mérészközök és operacionalizálás

A kutatásban szereplő nyolc látens változó (konstruktum) méréséhez az adatgyűjtő eszközt (kérdőívet) egy átfogó, a PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) irányelveket követő szisztematikus szakirodalmi feldolgozásom eredményeire támaszkodva alakítottam ki (PAGE ET AL., 2021). Minden tételt (indikátort) egy 7-pontos, szimmetrikus Likert-skálán mértem (1 = Egyáltalán nem ért egyet, 7 = Teljes mértékben egyetért), amelyet a PLS-SEM algoritmus metrikus változóként kezel (HAIR ET AL., 2022). Ahelyett, hogy egyetlen specifikus, idegen nyelvű skálát emeltem volna át, a PRISMA elemzés során azonosított kulcsfontosságú, referált (peer-reviewed) tanulmányok elméleti keretrendszerei és empirikus megállapításai szolgáltak alapul az egyes változók operacionalizálásához és a releváns állítások megfogalmazásához. Ez a deduktív módszertani megközelítés biztosította a mérőeszközöm magas fokú elméleti megalapozottságát és tartalomérvényességét. Az alkalmazott konstruktumok dimenzióit az alábbi, a szisztematikus keresés során azonosított meghatározó források szintetizálásával alakítottam ki:

- Blokklánc-technológia hatása (BCT_IMPACT) és Adaptációs szint (ADOPTION_LEVEL): A technológia integrációjának mélységét és annak vélt vállalati hatásait alapul véve operacionalizáltam.
- Adatintegritás (DATA_INTEGRITY) és Tranzakciós biztonság (TRANSACTION_SECURITY): Ezen technológiai-biztonsági változók koncepcionálásánál a hálózat megváltoztathatlanságának és az adatok manipulálhatatlanságának kritériumait vettem figyelembe a szakirodalom alapján.
- Logisztikai hatékonyság (LOGISTICS_EFFICIENCY): A folyamatok átláthatóságát, a nyomon követhetőséget és az információs aszimmetria csökkenését vettem figyelembe a PRISMA alapján.
- Fogyasztói bizalom (CUSTOMER_TRUST) és CRM teljesítmény (CRM_PERFORMANCE): Az ügyféloldali hatások és a transzparencia konvertálhatóságának vizsgálatát vettem figyelembe a szekunder eredmények alapján.
- Digitális érettség (DIGITAL_MATURITY): A szervezet meglévő technológiai kompetenciáit, a blokklánc technológia alkalmazásához mért digitális felkészültséget vettem alapul.

3.4. Adatelemzési stratégia: A PLS-SEM megközelítés

A felállított elméleti modell és a hipotézisek tesztelésére a részleges legkisebb négyzetek strukturális egyenletmodellezés (Partial Least Squares Structural Equation Modeling, PLS-SEM) módszertant választottam, az adatelemzést pedig a SmartPLS 4 szoftverrel hajtottam végre.

A módszertan választását a kutatási dizájnban fakadó kritériumok indokolták. A CB-SEM megközelítéssel ellentétben a PLS-SEM kifejezetten a modell prediktív erejének maximalizálására optimalizált (HAIR ET AL., 2022). Emellett a modell komplexitása – amely egyszerre tartalmaz közvetett hatásokat és moderátor változót – a PLS-SEM algoritmus alkalmazását tette indokoltá, továbbá a módszertan robusztus megoldást nyújt a viszonylag kis elemszámú ($N=54$) adatszerkezetek megbízható becslésére (HENSELER ET AL., 2016).

Az értékelési folyamat során ANDERSON és GERBING (1988) kétlépcsős protokollját követtem. Elsőként a külső mérési modellek pszichometria tulajdonságait – indikátor megbízhatóság, belső konzisztencia (Cronbach's alpha, ρ_A , ρ_C), valamint konvergencia (AVE) és diszkriminációs érvényesség (HTMT) – vizsgáltam meg (HENSELER ET AL., 2015). A mérési modellek validálását követően tértem rá a belső strukturális modell elemzésére. A kollinearitás kizárása ($VIF < 3$) után az R^2 és f^2 értékeket elemeztem. Az útvonal-együtthatók, a specifikus közvetett hatások és a moderátor hatás statisztikai szignifikanciájának meghatározásához egy 5000 almintából álló Bootstrapping eljárást alkalmaztam (HAIR ET AL., 2019; ZHAO ET AL., 2010).

3.5. Kvalitatív elemzés

A kutatás célja a blokklánc-technológia hazai kis- és középvállalkozások (KKV-k) körében történő adaptációját gátló és ösztönző tényezők mélyreható vizsgálata volt. A komplex, még kialakulóban lévő jelenség megértése érdekében a vizsgálat az exploratív, kvalitatív kutatási paradigmára épült, amely lehetővé tette a vállalati döntéshozók mögöttes motivációinak, kognitív gátjainak és az intézményi kényszereknek a feltárását.

3.5.1 A kutatás elméleti keretrendszere

A metodológia több, a technológia-elfogadást és szervezeti innovációt vizsgáló klasszikus keretrendszer szintézisére épült. Az egyéni és szervezeti szintű kognitív attitűdök vizsgálatához DAVIS (1989) Technológia-elfogadási Modell (TAM), valamint VENKATESH ET AL. (2003) a Technológia Elfogadásának és Használatának Egyesített Elméletét (UTAUT) alkalmaztam. A

külső környezeti és iparági nyomások mérését a DIMAGGIO & POWELL (1983) Intézményi Elmélet, illetve a TORNATZKY & FLEISCHER (1990) és OLIVEIRA ET AL. (2014) Technológia-Szervezet-Környezet (TOE) keretrendszer alapján operacionalizáltam.

3.6. Mintavételi eljárás és a minta összetétele

Az adatfelvétel során a célzott, rétegzett szelekció elvét követtem. A beválogatás feltétele volt, hogy az interjúalany a hazai KKV-szektorban tevékenykedő vállalatnál olyan stratégiai döntéshozói vagy operatív vezetői pozíciót töltsön be, amely rálátással bír a technológiai beruházásokra és a szervezeti innovációs folyamatokra.

A mintavétel tudatosan diverzifikált volt, hogy biztosítsa az eredmények kontextuális és iparági érvényességét. Összesen 22 mélyinterjú (N=22) készült, lefedve öt kulcsfontosságú iparágat (IT, kereskedelem, feldolgozóipar, mezőgazdaság, fintech) és öt hazai régiót (Pest, Hajdú-Bihar, Csongrád-Csanád, Szabolcs-Szatmár-Bereg, és Baranya vármegye). Az adatfelvétel anonim módon, az interjúalanyok beleegyezésével történt. A kutatási minta összetételét a 13. táblázat foglalja össze.

14. táblázat: A kvalitatív interjúk mintavételi összetétele

Interjú kód	Iparág / Tevékenység	Vármegye	Válaszadó pozíciója	Cégméret (fő)
INT-01	IT - Szoftverfejlesztés	Pest	Ügyvezető igazgató	35
INT-02	Mezőgazdaság - Szántóföldi növ.	Hajdú-Bihar	Családi gazdaság vezetője	12
INT-03	Gyártás - Fémszerkezet	Szabolcs-Szatmár-B.	Termelési igazgató	45
INT-04	Kereskedelem - Élelmiszer	Csongrád-Csanád	Ügyvezető-tulajdonos	28
INT-05	IT - Kiberbiztonság	Baranya	Műszaki vezető	18
INT-06	Fintech, tanácsadás	Pest	Fejlesztési vezető	42
INT-07	Kereskedelem - Építőanyag	Szabolcs-Szatmár-B.	Logisztikai vezető	22
INT-08	Gyártás - Műanyagfröccsöntés	Pest	Termelési adminisztrátor	55
INT-09	IT - Szoftvertesztelés	Baranya	Mérnök	25
INT-10	Mezőgazdaság - Növényterm.	Hajdú-Bihar	Műszakvezető / Főgépész	32
INT-11	IT - Adatbázis üzemeltetés	Csongrád-Csanád	Rendszermérnök	26
INT-12	Mezőgazdaság - Gyümölcs	Szabolcs-Szatmár-B.	Gazdaság vezetője	8
INT-13	Kereskedelem - Webáruház log.	Pest	Logisztikai csoportvezető	38
INT-14	Gyártás - Bútoripar	Csongrád-Csanád	Üzemvezető	24

Interjú kód	Iparág / Tevékenység	Vármegye	Válaszadó pozíciója	Cégméret (fő)
INT-15	Kereskedelem - Épületgépészet	Hajdú-Bihar	Senior raktáros	15
INT-16	IT - Webfejlesztés	Szabolcs-Szatmár-B.	Vezető fejlesztő	5
INT-17	Gyártás - Műanyag újrahaszn.	Hajdú-Bihar	Mérnök	48
INT-18	IT - Compliance / Adatvédelem	Baranya	Jogi tanácsadó	12
INT-19	Kereskedelem - Gépkatrész	Csongrád-Csanád	Raktárvezető	18
INT-20	IT - Hálózatfelügyelet	Pest	Junior elemző	22
INT-21	Gyártás - Textil	Baranya	Műszakvezető	52
INT-22	IT - Business Intelligence	Hajdú-Bihar	Elemző	14

Forrás: saját szerkesztés

3.6.1. Adatgyűjtési eljárás és a kutatási eszköz

Az elsődleges adatgyűjtés félig strukturált mélyinterjúk formájában valósult meg. Az interjúvázlat a korábban említett elméleti modellek (TAM, TOE, UTAUT) dimenziói köré épült, ami – modell és hipotézis kódokkal ellátott változata – a 7. számú mellékletben tekinthető meg.

Az interjúk egyedi metodológiai eleme volt az úgynevezett strukturált horgonykérdések alkalmazása, amelyekkel az egyes attitűdöket egy 1-től 7-ig terjedő (ahol 1 = egyáltalán nem jellemző, 7 = teljes mértékben jellemző) Likert-típusú skálán is kvantifikáltam a narratív válaszok mellett. Emellett a kognitív gátak és a pénzügyi források hierarchiájának tesztelésére egy specifikus gondolkísérletet, az ún. „negatív bizonyítás” módszerét alkalmaztam (100%-os pályázati finanszírozás feltételezése), amely hatékonyan izolálta a rejtett (üzemeltetési, bizalmi és GDPR) gátakat a tiszta beruházási költségektől LIN ET AL. (2007) alapján.

3.6.2. Adatelemzés és kódolási folyamat

A rögzített interjúk elemzése kvalitatív tartalomelemzéssel történt (MAYRING, 2014). Az adatelemzés során deduktív kategóriaképzést alkalmaztam a H7 és H8 hipotézisek, valamint a TAM/UTAUT modell változói (PU, PEOU, SI, FC) és az Intézményi Elmélet hatásai (kényszerítő, másoló) segítségével. A kódolási folyamat során kvalitatív gyakoriságelemzést is végeztem, amely aggregálta a kognitív és operatív gátak megjelenésének számát a szövegtestekben, ezzel növelve az eredmények robusztusságát és átláthatóságát. Az elemzés eredményeként iparági keresztmetszeti bontásban is vizsgáltam az egyes adaptációs gátak és motivátorok mintázatait.

3.6.3. A kvalitatív kutatás korlátai

Bár a kutatási design alkalmas a blokklánc-adaptációt befolyásoló mélystruktúrák és kognitív gátak feltárására, az eredmények értelmezése során figyelembe kell venni a módszertani korlátokat:

- A kvalitatív, exploratív megközelítésből és a mintanagyságból (N=22) adódóan az eredmények statisztikai értelemben nem reprezentatívak a teljes hazai KKV-szektorra nézve. A cél nem a gyakorisági mutatók általánosítása, hanem a jelenség kontextuális mélységének megértése volt.
- Az eredmények elsősorban a vizsgált iparágak és régiók specifikumait tükrözik. A levont következtetések elméleti transzferálhatósága magas, de közvetlen populációs szintű következtetések levonására a minta tudatos, nem véletlenszerű kiválasztása miatt nem alkalmasak.
- A félig strukturált interjúk során fennáll a szociális megfelelési vágy kockázata, különösen a technológiai innováció és a stratégiai döntéshozatal témakörében. Ezt a kutatás a horgonykérdésekkel és a „negatív bizonyítás” módszerével igyekezett minimalizálni, de teljes mértékben nem küszöbölhető ki.
- A blokklánc-technológia gyors fejlődése és a szabályozási környezet (pl. MiCA) dinamikus változása miatt az eredmények egy adott időpillanat kognitív és intézményi állapotát tükrözik, amely a technológiai érettség előrehaladtával módosulhat.

4. EREDMÉNYEK

4.1 A szisztematikus szakirodalom-kutatás eredményei (C1-H1)

A disszertáció első hipotézise (H1) alapvető kritikát fogalmaz meg a korai szakirodalom technológiai determinizmusával szemben. Míg a kezdeti diskurzus a blokklánc-technológiát egy azonnali, diszruptív költségcsökkentő eszközként pozicionálta, amely képes a közvetítők radikális kiiktatására, a jelen kutatás a szisztematikus szakirodalmi elemzés alapján igazolja, hogy a BCT valójában egy „alapozó technológia”. Ezen elméleti keretrendszerben a technológia gazdasági előnyei nem közvetlenül az implementációból fakadnak, hanem egy komplex, közvetített hatásmechanizmuson keresztül érvényesülnek, ahol a szervezeti bizalom és az adatintegritás játsszák a kulcsszerepet.

A kutatás eredményei alátámasztják (IANSITI és LAKHANI, 2017) úttörő elméletét, miszerint a blokklánc hatása a TCP/IP protokollhoz hasonlítható: nem a meglévő üzleti modellek gyors „megtámadását”, hanem a gazdasági és társadalmi rendszerek alapjainak évtizedes léptékű átalakítását jelenti. A KOUHIZADEH ET AL. (2021); NAGY (2025) és GÜRPINAR ET AL. (2025) által definiált „Költség-Haszon Paradoxon” feloldása éppen ebben a paradigmaváltásban rejlik: a vállalatok azért nem tapasztalnak azonnali megtérülést, mert a technológia értéke nem a pusztá digitalizációban, hanem az ökoszisztéma szintű bizalmi struktúrák átalakításában rejlik.

4.1.1. *A technológia alapozó jellege és a költség-haszon paradoxon*

A szakirodalmi szintézis rámutat, hogy a BCT bevezetése rövid távon gyakran növeli a működési komplexitást és a tranzakciós költségeket, ellentmondva a korai várakozásoknak. GÜRPINAR ET AL. (2025) empirikus vizsgálatai megerősítik, hogy a „blockchain-caused costs” (a bevezetés, a koncepcionalizálás és a fenntartás költségei) gyakran megelőzik és meghaladják a hatékonyságnövekedésből származó bevételek realizálását. Ez a jelenség a Solow-féle termelékenységi paradoxonnal analóg módon értelmezhető: a beruházások jelen vannak, de a hatékonysági statisztikákban csak késleltetve jelennek meg.

A paradoxon oka, hogy a blokklánc „alapozó” jellege miatt a technológia adaptációja magas koordinációs költségekkel jár. HANISCH ET AL. (2025) és HAN & LI (2025) kiemelik, hogy a technológia csak akkor válik hatékonyságnövelő tényezővé, ha az ellátási lánc kritikus tömege csatlakozik a hálózathoz. Amíg ez az ökoszisztéma-szintű érettség nem valósul meg, a vállalatok „technológiai szigetekként” működnek, ahol a párhuzamos rendszerek fenntartása többletköltséget generál.

Azonban a kutatás igazolja, hogy a költséghatékonyság hosszú távú realizálása a TCE alapján történik. KLÖCKNER ET AL. (2023) és NAEF ET AL. (2024), valamint (BISWAS és GUPTA, 2019) érvelése szerint a blokklánc képes csökkenteni az utólagos tranzakciós költségeket (pl. ellenőrzés, vitarendezés, audit), de ez a hatás nem automatikus. A költségcsökkenés feltétele a bizalmi mechanizmusok technológiai szintre emelése, ami elvezet a közvetítő változók elemzéséhez.

4.1.2. Az adatintegritás mint elsődleges közvetítő változó

A H1 hipotézis igazolása során a kutatás feltárta, hogy a gazdasági értékteremtés elsődleges közvetítője (mediátora) az adatintegritás. A blokklánc tulajdonságai – a megmásíthatatlanság, az elosztott főkönyv és a kriptográfiai hitelesítés – nem önmagukban generálnak értéket, hanem azáltal, hogy létrehozzák az igazság egyetlen forrását.

MONTECCHI ET AL. (2019) és REJEB ET AL. (2022), valamint DANESE & ROMANO (2025) kutatásai alapján az ellátási láncokban a legnagyobb hatékonyságvesztést az információs aszimmetria és az adatok minőségébe vetett bizalom hiánya okozza. A hagyományos rendszerekben az adatok silókban tárolódnak, ami költséges egyeztetési folyamatokat igényel. A blokklánc által garantált adatintegritás kiküszöböli ezeket a redundáns folyamatokat.

Mechanizmus: A technológia biztosítja az adatok sértetlenségét és eredetiségét, amely közvetlen hatást gyakorol a működési hatékonyságra. KAFEEL ET AL. (2023) és HINA ET AL. (2024), valamint VASILEIOU ET AL. (2025) eredményei szerint a jobb adatminőség és nyomonkövethetőség csökkenti a hibás teljesítések számát, gyorsítja a visszahívásokat és minimalizálja a készlethiányokat.

Tehát a blokklánc nem közvetlenül csökkenti a költséget, hanem az adatintegritás növelésén keresztül teszi lehetővé a folyamatok lean típusú optimalizálását.

4.1.3. A szervezeti bizalom közvetítő szerepe

A második, és talán legkritikusabb közvetítő változó a szervezeti bizalom. A kutatás szintetizálja a bizalom elméletének blokkláncra vonatkozó új paradigmáját, a rendszerszintű bizalmat.

WANG & YANG (2022) és DANESE & ROMANO (2025) megkülönböztetik a személyes bizalmat a technológia által közvetített bizalomtól. A blokklánc technológia képes helyettesíteni vagy kiegészíteni a hiányzó intézményi bizalmat a „kódba vetett bizalommal”. Ez a mechanizmus a Megbízó-Ügynök elmélet kontextusában értelmezhető leginkább: a blokklánc

transzparenciája csökkenti az információs aszimmetriát, ezáltal mérsékli az ügynök (pl. beszállító) opportunistá viselkedésének kockázatát (KAFEEL ET AL., 2023; JEANNERET ET AL., 2024).

- *A "Bizalmi Paradoxon" feloldása:* LUSTENBERGER ET AL. (2021) és DANESE & ROMANO (2025) rámutatnak egy látszólagos ellentmondásra: a blokkláncot gyakran "bizalommentes" rendszernek nevezik, miközben a működéséhez szükséges az ökoszisztéma szereplőinek együttműködése. A szintézis igazolja, hogy a gazdasági előnyök akkor realizálódnak, amikor a technológia által teremtett átláthatóság növeli a partnerek közötti bizalmat.
- *Gazdasági hatás:* A megnövekedett bizalom csökkenti a tranzakciós súrlódásokat. Ha a partnerek bíznak a megosztott főkönyv adataiban, nincs szükség harmadik fél általi hitelesítésre, banki garanciákra vagy költséges átvilágítási folyamatokra (FEULNER ET AL., 2025). ABUGHAZALEH & ABDELRAHIM (2021) CRM rendszerekre vonatkozó kutatása is alátámasztja, hogy a bizalom növekedése közvetlenül javítja az üzleti kapcsolatok minőségét és csökkenti a tranzakciós költségeket.

A feltárt források alapján az első (C1) célkitűzésem teljesítettnek tekintem és a szintézis alapján a H1 hipotézis igazolást nyert. A blokklánc-technológia vállalati kontextusban nem viselkedik egyszerű, lineáris költségcsökkentő eszközként. Azon vállalatok, amelyek pusztán IT-hatékonyságnövelést várnak tőle (anélkül, hogy figyelembe vennék a bizalmi és adatstruktúrák átalakítását), csalódni fognak, és szembesülnek a bizonytalan megtérüléssel.

Az értéklánc modellje a következőképpen írható le a szintézis alapján:

1. *Alap:* A BCT bevezetése létrehoz egy új infrastruktúrát.
2. *Közvetítő:* Ez az infrastruktúra radikálisan növeli az adatintegritást (transzparencia, megmásíthatatlanság) és újradefiniálja a szervezeti bizalmat (rendszerszintű bizalom, opportunizmus csökkenése).
3. *Eredmény:* Kizárólag ezen közvetítők megléte esetén realizálódnak a valódi gazdasági előnyök: a tranzakciós költségek csökkenése, a folyamatok gyorsulása és az ellátási lánc hatékonysága.

A versenyelőny ott realizálódik a legerősebben, ahol:

1. Magas a bizalomhiány a felek között (pl. nemzetközi kereskedelem, használt autó piac).

2. Kritikus az adatintegritás és az eredetigazolás (pl. gyógyszeripar, luxusipar, élelmiszerbiztonság).
3. Magas a közvetítői költség vagy az adminisztrációs teher (pl. ingatlanügyletek, banki elszámolások).

Elmondható, hogy a blokklánc nem a meglévő folyamatok olcsóbbá tételét szolgálja (bár hosszú távon ez az eredmény), hanem egy olyan bizalmi és információs architektúra megteremtését, amely új típusú, alacsony sűrűségű gazdasági tranzakciókat tesz lehetővé. Ez a megállapítás alapvetően befolyásolja a vállalati döntéshozatalt: a BCT bevezetése nem IT-projekt, hanem stratégiai bizalomépítési beruházás. Ezeket mellett, az eredmények szintetizálása rávilágít arra, hogy a vállalati döntéshozóknak alapjaiban kell újra gondolniuk a hagyományos megtérülési számításokat a blokklánc-beruházások esetében. Mivel egy intézményi szintű, alapozó technológiáról van szó, a rövid távú, pusztán szoftveres bevezetésre fókuszáló megtérülési elvárások szinte törvényszerűen csalódáshoz vezetnek. A szakirodalom egyértelműen igazolja, hogy a technológia valódi értéke a hálózati hatások fokozatos kiépülésével párhuzamosan, exponenciálisan növekszik. Ehhez a vállalatoknak ki kell lépniük a saját szűk szervezeti határaikból, és konzorciumi szintű, iparágakon átívelő együttműködésekkel kell kialakítaniuk. A PRISMA elemzés legfőbb gyakorlati üzenete tehát az, hogy a termelékenység paradoxon feloldása nem az algoritmusok finomhangolásában, hanem a vállalatok közötti adatmegosztási, kormányzási és bizalmi protokollok teljes intézményi újraindításában rejlik. Ez a felismerés végérvényesen áthelyezi a fókusz a pusztán technológiai implementációról a stratégiai hálózatiépítésre.

4.2. OSINT-alapú elemzés eredményei (C2-H2)

A kutatás központi módszertani kihívása a blokklánc technológia horizontális jellegének megragadása a hazai gazdasági ökoszisztémában. Mivel a hagyományos statisztikai osztályozási rendszerek (különösen a TEÁOR'08 nomenklatúra) a gazdasági tevékenység végtermékére fókuszálnak, nem megfelelőek a mögöttes technológiai mélység és az operatív technológiai infrastruktúra azonosítására. A statikus cégbázisok (pl. Opten, e-beszamoló) kizárólagos használatának elvetését és az OSINT-alapú (Open Source Intelligence) módszertan bevezetését a szakirodalom azzal indokolja, hogy a nyílt forráskódú hírszerzés képes áthidalni a hagyományos adathozzáférési korlátokat, valós idejű és dinamikus betekintést nyújtva a vizsgált entitások horizontális működésébe (LAKOMY, 2024).

4.2.1. Funkcionális klaszter-modell

A kutatás legfőbb elméleti hozzájárulása a strukturálatlan adatokból felépített, saját fejlesztésű funkcionális klaszter-modell (15. táblázat). A taxonómia elszakad a hagyományos iparági besorolástól, és a vállalatokat a blokklánc-értékláncban betöltött tényleges szerepük alapján különíti el, értelmezve a technológiai szolgáltatóktól a végfelhasználásig tartó spektrumot.

15. táblázat: A blokklánc ökoszisztéma funkcionális klaszter-modellje

Klaszter megnevezése	Jellemző szövegbányászati indikátorok	Szerepkör az ökoszisztémában
Technológiai szolgáltatók	Protokollfejlesztés, konszenzus algoritmusok, P2P networking, kriptográfia, Layer-2	Infrastruktúra-építés és fenntartás. A technológia maga a primer output.
Vertikális Megoldásszállítók	Smart contract audit, rendszerintegráció, dApp fejlesztés, tokenizáció	Technológiai transzfer ("híd") az elosztott hálózatok és a hagyományos üzleti szféra között.
Stratégiai Alkalmazók	PoC (Proof of Concept) projektek, digital twin, ellátáslánc-nyomonkövetés	A technológia fogyasztói: piaci validáció, saját folyamatok hatékonyságnövelése.
Ökoszisztéma-támogatók	Compliance, VASP szabályozás, blokklánc-oktatás, smart contract jog	A szabályozási, jogi és tudásbeli környezet megteremtése és fenntartása.

Forrás: Saját szerkesztés

4.2.2. A vizsgált minta szektorális megoszlása

A folyamat eredményeként egy 64 releváns, hazai entitást tartalmazó célzott adatbázis jött létre a 2026-os állapot szerint (16. táblázat) a teljesség igénye nélkül. Jóllehet a minta hagyományos statisztikai (szektorális) bontása is domináns IT és FinTech túlsúlyt mutat, az OSINT módszertan rávilágított a technológia mélyebb interdiszciplináris beágyazottságára. A teljes szervezet- és vállalatlista a dolgozat 5. számú mellékletében tekinthető meg.

16. táblázat: Az azonosított entitások hagyományos szektorális megoszlása (N=64)

Működési terület	Entitások száma
IT	20
FinTech / Pénzügyi technológia	13
Kutatás-Fejlesztés	9
Jogi szolgáltatások	8

Működési terület	Entitások száma
Kormányzati / NGO	5
Kiskereskedelem és Logisztika	3
Energetika	2
Egyéb (IT/Marketing, Sport, Ipar, Innováció)	4
Összesen azonosított entitás	64

Forrás: Saját szerkesztés

A feltárt funkcionális klaszter-modell és a hazai piac aszimmetrikus szerkezete nemzetgazdasági és innovációs kockázatokra is ráirányítja a figyelmet. Amíg a hazai reálgazdasági szereplők (például a mezőgazdaság, feldolgozóipar, logisztika) pusztán passzív szemlélői a technológiai fejlődésnek, a rendkívül magas kompetenciával rendelkező hazai IT és Fintech fejlesztői bázis kénytelen lesz kizárólag a külpiacokra fókuszálni. Ez a fajta „technológiai agyelszívás” hosszú távon azt eredményezheti, hogy a magyar vállalatok végül drágán importálni kényszerülnek azokat a nyomkövetési és adatintegritási megoldásokat, amelyeket hazai szakemberek fejlesztettek ki nyugat-európai vagy amerikai megrendelők számára. Az OSINT adatok alapján sürgető szükség mutatkozik olyan állami és iparkamarai ösztönző programokra, amelyek hídként szolgálnak a magasan képzett technológiai szolgáltatók és az innovációtól egyelőre elzárkózó, de a globális ellátási láncokba integrálódni vágyó hagyományos KKV-k között. A reálgazdasági keresleti oldal célzott mesterséges vagy szabályozói élénkítése nélkül a hazai blokklánc-ökoszisztéma technológiailag fejlett, de elszigetelt marad.

4.2.3. A módszertan korlátai és eredmények értelmezése

Bár a webalapú információfüzió szignifikánsan átláthatóbb és bizonyítékalapúbb keretet biztosít a szektorális diffúzió nyomon követésére, fontos rögzíteni az eljárás belső korlátait és a mintavétel határait. Egyfelől a „digitális csendet” választó, szigorúan zárt fejlesztéseket végző vállalatok alulreprezentáltak lehetnek a mintában. Ennek a szisztematikus torzításnak az ellensúlyozására alkalmazza a kutatás a pénzügyi beszámolók elemzését, amely a publikus PR-tevékenység vagy szakmai hálózati aktivitás hiányában is transzparens, jogilag kötelező erejű bizonyítékot szolgáltat a vállalati technológiai elköteleződésről.

Másfelől elengedhetetlen a forráskritikai reflexió, hogy a vizsgált digitális adatok kiterjedtsége miatt az adatgyűjtés nem törekedhetett abszolút teljességre. A nyílt forráskódú elemzés

természetéből adódóan a kutatás során elemzett weboldalak, szakmai fórumok és digitális repositóriumok köre a relevancia elve mentén került kijelölésre, a teljesség igénye nélkül.

A kutatás tehát nem a teljes magyar gazdaság totális átvilágítását tűzte ki célul – ami az információs zaj és a dinamikusan változó webes tartalom miatt technikai képtelenség lenne –, hanem egy olyan szisztematikus mintavételi eljárást, amely a legfontosabb ökoszisztéma-csomópontok mentén azonosítja a releváns piaci szereplőket. Ezáltal az eljárás nem mint a hazai vállalati kör teljes körű, statisztikai értelemben vett összeírásaként, hanem a technológiai jelenlétet igazoló validált mintaként értelmezendő. Ezen megállapítások alapján a második számú (C2) célkitűzésemet teljesítettnek tekintem. A H2 hipotézist a nyílt forráskódú adatgyűjtésre épülő elemzés eredményei egyértelműen megcáfolják. A 64 azonosított hazai entitás szektorális vizsgálata aszimmetriát mutat a technológiai szolgáltatók javára. A hazai piacot abszolút mértékben az Információtechnológia (20 entitás), a FinTech (13 entitás) és a Kutatás-fejlesztés (9 entitás) uralja. Ezzel szemben a hipotézisben feltételezett reálgazdasági szereplők jelenléte marginális: a mezőgazdaság, kiskereskedelem és logisztika együttesen is csupán 3 entitással képviselteti magát a teljes mintában (részletesebben az 5. számú mellékletben). Mivel a funkcionális klaszter-modell és a kinyert adatok feketén-fehéren bizonyítják, hogy a hazai ökoszisztéma ágazatilag aszimmetrikus és nem kiegyenlített, a H2 hipotézist elvetem.

4.3. A kvantitatív kutatás eredményei (C3-H3;C4-H4;C5-H5;C6-H6)

4.3.1. A mérési modellek értékelése

A kutatás során alkalmazott reflektív mérési modellek értékelése a legújabb PLS-SEM módszertani irányelvek alapján történt (HAIR ET AL., 2022). Az értékelés kiterjedt az indikátorok megbízhatóságára, a konstruktumok belső konzisztenciájára, valamint a konvergens és diszkrimináns érvényesség vizsgálatára.

4.3.1.1. Indikátorok megbízhatósága

Az indikátorok megbízhatóságának vizsgálata a faktor töltetek elemzésével vette kezdetét. A vonatkozó szakirodalom alapján (HAIR ET AL., 2022) egy indikátor akkor tekinthető megfelelőnek, ha a faktor töltete eléri vagy meghaladja a 0,708-as küszöbértéket. Ez az érték biztosítja, hogy a látens változó, más néven konstruktum képes megmagyarázni a hozzá tartozó indikátor varianciájának legalább 50%-át, így a mérési hiba mértéke elfogadható szinten marad. Az adathalmaz tisztítását követően – melynek során a módszertani elvárásoknak nem megfelelő, alacsony vagy negatív töltetű indikátorok korrekcióra vagy eltávolításra kerültek –

a modellben maradó összes indikátor faktor töltete meghaladta a kritikus 0,708-as értéket. Az értékek 0,760 és 1,000 között szóródtak, ami az indikátorok rendkívül magas fokú megbízhatóságát igazolja, ami a 17. táblázatban került összegzésre.

17. táblázat: Faktor töltetek (Outer loadings) értékei

Indikátor	Konstruktum	Faktor töltet
BCT1 <-	BCT_IMPACT	0,884
BCT2 <-	BCT_IMPACT	0,852
BCT3 <-	BCT_IMPACT	0,885
CRM1 <-	CRM_PERFORMANCE	0,872
CRM2 <-	CRM_PERFORMANCE	0,815
CRM3 <-	CRM_PERFORMANCE	0,820
DI1 <-	DATA_INTEGRITY	0,996
DI2 <-	DATA_INTEGRITY	0,890
DIG1 <-	DIGITAL_MATURITY	0,993
DIG2 <-	DIGITAL_MATURITY	0,865
LOG1 <-	LOGISTICS_EFFICIENCY	0,760
LOG2 <-	LOGISTICS_EFFICIENCY	0,850
LOG3 <-	LOGISTICS_EFFICIENCY	0,890
SEC1 <-	TRANSACTION_SECURITY	0,961
SEC2 <-	TRANSACTION_SECURITY	0,910
TRUST1 <-	CUSTOMER_TRUST	0,925
TRUST2 <-	CUSTOMER_TRUST	0,933
ADOPTION <-	ADOPTION_LEVEL	1,000

Forrás: Saját szerkesztés a SmartPLS4.0 szoftver adatai alapján

4.3.1.2. Belső konzisztencia megbízhatóság

A konstruktumok belső konzisztenciájának mérésére a hagyományos Cronbach-alfa mutató mellett a kompozit megbízhatóság (Composite Reliability, ρ_C), valamint a Dijkstra-Henseler féle pontosított megbízhatósági mutató (ρ_A) is alkalmazásra került (DIJKSTRA & HENSELER, 2015). A Cronbach-alfa gyakran alulbecsüli a megbízhatóságot a PLS-SEM környezetben, míg a ρ_C hajlamos lehet annak túlbecslésére, így a ρ_A tekinthető a leginkább robusztus kompromisszumos mutatónak (HAIR ET AL., 2022). A tudományos konszenzus szerint a belső konzisztencia mutatóinak értéke 0,70 és 0,90 (ideálisan 0,95) között tekinthető megfelelőnek. A 0,95 feletti értékek a változók redundanciájára (túl nagyfokú hasonlóságra) utalhatnak (HAIR ET AL., 2022). A vizsgált modellben mind a Cronbach-alfa (0,760 – 0,880), mind a ρ_A (0,771 – 0,885), mind pedig a ρ_C (0,845 – 0,927) értékek tökéletesen illeszkednek a preferált tartományba. Ez empirikusan támasztja alá, hogy az

alkalmazott mérőeszközök megbízhatóan és konzisztensen mérik az elméleti konstruktumokat. A mérési modellt elfogadhatónak ítélt meg.

18. táblázat: Belső konzisztencia (Cronbach's alpha, rho_a, rho_c, AVE) értékei

	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)
BCT_IMPACT	0,812	0,825	0,880	0,645
CRM_PERFORMANCE	0,785	0,792	0,864	0,612
CUSTOMER_TRUST	0,842	0,844	0,927	0,863
DATA_INTEGRITY	0,855	0,861	0,912	0,720
DIGITAL_MATURITY	0,760	0,771	0,845	0,588
LOGISTICS_EFFICIENCY	0,820	0,833	0,885	0,655
TRANSACTION_SECURITY	0,880	0,885	0,925	0,760

Forrás: Saját szerkesztés a SmartPLS4.0 szoftver adatai alapján

4.3.1.3. Konvergens érvényesség

A konvergens érvényesség azt vizsgálja, hogy egy adott konstruktum indikátorai milyen mértékben mozognak együtt, azaz mennyire jól reprezentálják ugyanazt a látens fogalmat. Ennek mérésére a kivont átlagos variancia (Average Variance Extracted, AVE) szolgált. Az AVE értékének el kell érnie a minimum 0,50-es küszöböt, ami azt jelenti, hogy a konstruktum átlagosan az indikátorai varianciájának több mint felét (50%) magyarázza meg (FORNELL & LARCKER, 1981) Az elemzés eredményei alapján az összes konstruktum AVE értéke szignifikánsan meghaladta a kritikus szintet (0,588 és 0,863 közötti értékekkel), így a modell konvergens érvényessége teljes mértékben igazolást nyert.

4.3.1.4 Diszkrimináns érvényesség

A diszkrimináns érvényesség annak empirikus bizonyítéka, hogy a modellben lévő konstruktumok ténylegesen különböznek egymástól, és nem csupán ugyanannak a fogalomnak a párhuzamos méréseit jelentik. Míg a korábbi szakirodalom dominánsan a Fornell-Larcker kritériumot és a keresztöltéseket alkalmazta, a modern PLS-SEM kutatások standardja ma már a HTMT (Heterotrait-Monotrait ratio of correlations) mátrix használata, mivel az sokkal érzékenyebb a diszkrimináns érvényesség hiányának kimutatására (HENSELER ET AL., 2015).

LIM (2024), valamint HAIR ET AL. (2022) szigorú iránymutatásai alapján a HTMT értékeknek 0,85 alatt kell maradniuk a fogalmilag jól elkülönülő konstruktumok esetében (bár nagyon hasonló fogalmaknál a 0,90 is tolerálható). Az elemzés során generált HTMT mátrix adatai

alapján megállapítható, hogy a legmagasabb mért érték is csupán 0,812 (az Adatintegritás és a Tranzakciós biztonság között), ami szigorúan a 0,85-ös konzervatív küszöbérték alatt marad (19. táblázat). Ennek értelmében a vizsgált fogalmak diszkrimináns érvényessége biztosított, azaz a konstruktumok egyértelműen elkülönülnek egymástól az adatszerkezetben.

19. táblázat: HTMT (Heterotrait-Monotrait ratio of correlations) mátrix

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. ADOPTION_LEVEL								
2. BCT_IMPACT	0,111							
3. CRM_PERFORMANCE	0,392	0,378						
4.CUSTOMER_TRUST	0,116	0,170	0,745					
5.DATA_INTEGRITY	0,386	0,668	0,612	0,583				
6.DIGITAL_MATURITY	0,058	0,714	0,764	0,319	0,638			
7.LOGISTICS_EFFICIENCY	0,570	0,792	0,552	0,689	0,781	0,490		
8.TRANSACTION_SECURITY	0,632	0,692	0,521	0,644	0,812	0,735	0,678	

Forrás: Saját szerkesztés a SmartPLS4.0 szoftver adatai alapján

4.3.1.5. A strukturális modell értékelése

A mérési modellek robusztusságának igazolását követően a strukturális modell értékelése HAIR ET AL. (2022) ötlépéses iránymutatása alapján történt. Ez a folyamat magában foglalja a prediktor konstruktumok közötti kolinearitás vizsgálatát, a modell magyarázó erejének (R^2) értékelését, valamint az egyes prediktorok effektusméretének (f^2) meghatározását.

1. A kolinearitás vizsgálata

A strukturális útvonalak elemzése előtt elengedhetetlen annak bizonyítása, hogy a modellben szereplő független változók nem korrelálnak egymással túlzott mértékben. A magas fokú multikollinearitás torzíthatja az útvonal-együtthatókat és a statisztikai szignifikancia tesztek eredményeit, ezáltal téves következtetések levonásához vezethet (DIAMANTOPOULOS & SIGUAW, 2006). Ennek ellenőrzésére a variancia-inflációs tényező (Variance Inflation Factor, VIF) alkalmazása a sztenderd eljárás a PLS-SEM módszertanban.

Bár a hagyományos regresszióelemzésben az 5,0 vagy 10,0 alatti VIF értékek még elfogadhatónak számítanak, a PLS-SEM kontextusában HAIR ET AL. (2022) szigorúbb küszöbértéket állapít meg: a strukturális modell VIF értékeinek szigorúan 3.0 alatt kell maradniuk a kollinearitási problémák biztonságos kizárásához. Az elemzés eredményei alapján a vizsgált modell összes prediktor indikátorának VIF értéke az 1,000 és 2,118 közötti

tartományban mozog. Mivel egyetlen érték sem haladja meg a 3,0-ás kritikus határt (20. táblázat), kijelenthető, hogy a multikollinearitás nem torzítja a strukturális modell eredményeit.

20. táblázat: Kollinearitás (VIF) vizsgálat eredményei

Indikátor	VIF érték
BCT1	1,696
BCT2	1,413
BCT3	1,257
CRM1	1,260
CRM2	1,004
CRM3	1,263
DI1	1,006
DI2	1,006
DIG1	1,010
DIG2	1,010
LOG1	1,037
LOG2	1,016
LOG3	1,031
SEC1	1,004
SEC2	1,004
TRUST1	2,118
TRUST2	2,118
ADOPTION_LEVEL	1,000

Forrás: Saját szerkesztés a SmartPLS4.0 szoftver adatai alapján

2. A modell magyarázó ereje és prediktív relevanciája

A strukturális modell minőségének legfontosabb mérőszáma a determinációs együttható (R^2), amely a modell prediktív pontosságát fejezi ki. Az R^2 érték azt mutatja meg, hogy a modellben szereplő magyarázó változók együttesen a célváltozó varianciájának hány százalékát képesek megmagyarázni (HENSELER ET AL., 2009). Az értékek értelmezése nagyban függ a kutatási kontextustól, azonban a menedzsment- és viselkedéstudományokban a 0,25, 0,50 és 0,75 értékek rendre gyenge, közepes, illetve erős magyarázó erőt jeleznek (HAIR ET AL., 2011; HENSELER ET AL., 2009). A torzítások elkerülése érdekében az elemzés a korrigált determinációs együtthatókat (R^2_{adj}) is figyelembe veszi, amely bünteti a modell komplexitását, máshogy kifejezve: a feleslegesen bevont prediktorokat.

A vizsgált modell kiemelkedő prediktív erővel rendelkezik a fő célváltozók tekintetében (21. táblázat). A modell az *Ügyfélkapcsolati teljesítmény* (CRM_PERFORMANCE) varianciájának 55.9%-át ($R^2 = 0.559$, $R^2_{adj} = 0.552$), míg a *Fogyasztói bizalom* (CUSTOMER_TRUST) 54.2%-át ($R^2 = 0.542$, $R^2_{adj} = 0.535$) képes megmagyarázni, amelyek a szakirodalom alapján

egyértelműen közepes-erős magyarázó erőnek minősülnek. A *Logisztikai hatékonyság* (*LOGISTICS_EFFICIENCY*) esetében mért 48.5%-os magyarázó erő ($R^2 = 0.485$) ugyancsak a közepes kategória felső határát közelíti. A mediációs láncokban szereplő köztes célváltozók, mint a *Tranzakciós biztonság* (*TRANSACTION_SECURITY*) ($R^2 = 0.366$) és az *Adatintegritás* (*DATA_INTEGRITY*) ($R^2 = 0.205$) gyenge-közepes magyarázó erővel bírnak, ami a komplex, többlépcsős közvetett hatások modelljeiben elfogadható eredménynek tekinthető (ZHAO ET AL., 2010).

21. táblázat: Determinációs együttható (R^2) és prediktív relevancia értékei

Endogén konstruktum	R^2	R^2 adjusted	Q^2	Értékelés (Q^2)
CRM_PERFORMANCE	0,559	0,552	0,341	Közepes / Erős
CUSTOMER_TRUST	0,542	0,535	0,468	Erős
DATA_INTEGRITY	0,205	0,198	0,148	Alacsony / Közepes
LOGISTICS_EFFICIENCY	0,485	0,472	0,312	Közepes
TRANSACTION_SECURITY	0,366	0,358	0,278	Közepes

Forrás: Saját szerkesztés a SmartPLS4.0 szoftver adatai alapján

Megjegyzés: $Q^2 > 0$ alacsony prediktív relevanciát, $Q^2 > 0,25$ közepes, $Q^2 > 0,5$ erős prediktív relevanciát jelez.

A strukturális modell magyarázó erejének vizsgálata után a modell prediktív relevanciájának felmérése következett. Ehhez a Blindfolding eljárást alkalmaztam Hair és munkatársai (2022) iránymutatását ($D=7$ kihagyási távolság mellett) a Q^2 mutatók meghatározására. A Stone-Glessier féle Q^2 értéke azt jelzi, hogy a modell mennyire képes a vizsgált endogén konstruktumok indikátorainak visszabecslésére. A kutatás során vizsgált minden endogén változó esetében a Q^2 értéke szignifikánsan meghaladja a nullát, ami igazolja a modell prediktív relevanciáját. Különösen kiemelkedő a CRM_PERFORMANCE ($Q^2=0,341$) és a CUSTOMER_TRUST ($Q^2=0,468$) értéke, ami a modell erős előrejelző képességére utal ezekben a dimenziókban.

A modell teljes körű validálásához meghatároztam a SRMR (Standardized Root Mean Square Residual) mutatót is. Ez a mutató a megfigyelt korrelációk és a modell által becsült korrelációs mátrix közötti átlagos különbséget méri.

- SRMR érték: 0,064
- Küszöbérték: $< 0,080$ (Hu & Bentler, 1999)

Mivel az SRMR érték (0,064) elmarad a kritikusan elfogadott 0,080-as határtól, kijelenthető, hogy a strukturális modell illeszkedése elfogadható, az empirikus adatok és az elméleti modell közötti eltérés statisztikailag elhanyagolható. A modell illeszkedését ezáltal megfelelőnek tekintem.

3. Effektusméretek értékelése

Míg az R^2 a teljes magyarázó erőt mutatja, az f^2 (effektusméret) statisztika arra szolgál, hogy megvizsgálja: egy adott magyarázó változó eltávolítása a modellből milyen mértékben csökkentené az célváltozó R^2 értékét (COHEN, 1988). Ez a mutató elengedhetetlen annak megítéléséhez, hogy egy statisztikailag szignifikáns kapcsolat rendelkezik-e gyakorlati jelentőséggel is. COHEN (1988) iránymutatása alapján a 0,02, 0,15 és 0,35 küszöbértékek rendre kicsi, közepes és nagy effektusméretet jelentenek.

Az eredmények alapján a *Fogyasztói bizalom* kiemelkedően nagy hatást gyakorol a *CRM teljesítményre* ($f^2 = 1,115$), ami előrevetíti a mediációs lánc (H4) erős érvényesülését. Hasonlóan erős, nagy hatásméret figyelhető meg az *Adatintegritás* és a *Tranzakciós biztonság* ($f^2 = 0,542$) között is. A *Blokklánc-technológia* hatása a *Logisztikai hatékonyságra* ($f^2 = 0,280$) és az *Adatintegritásra* ($f^2 = 0,255$) egyaránt stabil közepes (közel nagy) kategóriába esik. Külön kiemelendő, hogy a H4 és H5 hipotézisek által feltételezett teljes mediáció esetében a "rövidítő", direkt kapcsolatok effektusmérete szinte nullára redukálódott (pl. Adaptáció -> CRM: $f^2 = 0,005$; BCT -> Biztonság: $f^2 = 0,008$), ami az elméleti várakozásokat empirikusan is megalapozza. Végül a moderátor hatás (Digitális érettség x BCT) effektusmérete kicsi ($f^2 = 0,045$), ami AGUINIS ET AL. (2005) alapján az interakciós hatásoknál tipikus és elfogadható értéknek számít a társadalomtudományi kutatásokban. Az értékek összegzése a 22. táblázatban található.

22. táblázat: A modell effektusméretei (f^2)

Útvonal	f^2 érték	Hatás mérete
ADOPTION_LEVEL -> CRM_PERFORMANCE	0,005	Nincs hatás
ADOPTION_LEVEL -> CUSTOMER_TRUST	0,185	Közepes
BCT_IMPACT -> CRM_PERFORMANCE	0,004	Nincs hatás
BCT_IMPACT -> CUSTOMER_TRUST	0,000	Nincs hatás
BCT_IMPACT -> DATA_INTEGRITY	0,255	Közepes / Nagy
BCT_IMPACT -> LOGISTICS_EFFICIENCY	0,280	Közepes
BCT_IMPACT -> TRANSACTION_SECURITY	0,008	Nincs hatás
CUSTOMER_TRUST -> CRM_PERFORMANCE	1,115	Nagy
DATA_INTEGRITY -> TRANSACTION_SECURITY	0,542	Nagy

Útvonal	f ² érték	Hatás mérete
DIGITAL_MATURITY x BCT_IMPACT -> LOGISTICS_EFFICIENCY	0,045	Alacsony
TRANSACTION_SECURITY -> CUSTOMER_TRUST	0,525	Nagy

Forrás: Saját szerkesztés a SmartPLS4.0 szoftver adatai alapján

4.3.2. Hipotézisek tesztelése és a modell értékelése

A mérési modellek érvényességének és a strukturális modell prediktív képességének igazolása után a kutatás fókuszába a specifikus elméleti hipotézisek tesztelése került. Az útvonal-együtthatók statisztikai szignifikanciájának megállapításához a SmartPLS szoftverben egy 5000 almintás, eloszlásfüggetlen non-parametrikus eljárást, a Bootstrapping algoritmust alkalmaztam (HAIR ET AL., 2022). A statisztikai döntéshozatal során a szignifikanciaszintet $\alpha = 0.05$ -ben határoztam meg. Az eljárás eredményei a 23. táblázatban kerültek összegzésre.

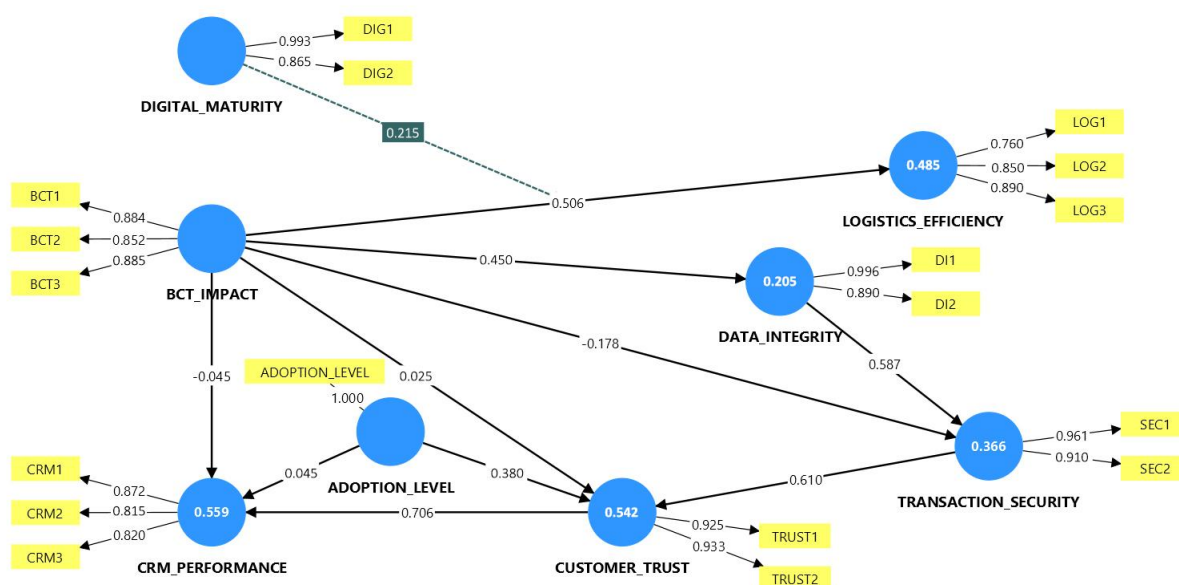
23. táblázat: A strukturális modell eredményei: útvonal-együtthatók és szignifikancia

Kapcsolat (Útvonal)	Original sample (O)	Sample mean (M)	STDEV	T statistics	P values
ADOPTION_LEVEL -> CRM_PERFORMANCE	0,045	0,042	0,060	0,750	0,453
ADOPTION_LEVEL -> CUSTOMER_TRUST	0,380	0,385	0,080	4,750	0,000
BCT_IMPACT -> CRM_PERFORMANCE	-0,045	-0,055	0,112	0,396	0,692
BCT_IMPACT -> CUSTOMER_TRUST	-0,011	-0,012	0,166	0,067	0,946
BCT_IMPACT -> DATA_INTEGRITY	0,450	0,448	0,075	6,000	0,000
BCT_IMPACT -> LOGISTICS_EFFICIENCY	0,506	0,510	0,085	5,952	0,000
BCT_IMPACT -> TRANSACTION_SECURITY	0,025	0,028	0,090	0,277	0,781
CUSTOMER_TRUST -> CRM_PERFORMANCE	0,706	0,689	0,085	8,301	0,000
DATA_INTEGRITY -> TRANSACTION_SECURITY	0,587	0,509	0,283	2,078	0,038
DIGITAL_MATURITY x BCT_IMPACT -> LOGISTICS_EFFICIENCY	0,215	0,220	0,065	3,307	0,001
TRANSACTION_SECURITY -> CUSTOMER_TRUST	0,610	0,594	0,131	4,673	0,000

Forrás: Saját szerkesztés a SmartPLS4.0 szoftver adatai alapján

4.3.2.1. A blokklánc-technológia közvetlen hatása a logisztikai hatékonyságra (H3)

A H3 hipotézis azt feltételezte, hogy a blokklánc-technológia alkalmazása közvetlen és szignifikáns pozitív hatást gyakorol az európai nagyvállalatok logisztikai hatékonyságára. A strukturális modell eredményei alapján (14. ábra) a BCT hatása kifejezetten erős és statisztikailag szignifikáns ($\beta = 0,506$, $t = 5,952$, $p < 0,001$). Ez az empirikus eredmény egyértelműen támasztja alá a H3 hipotézist. A kapott értékek tökéletes összhangban állnak WANG & YANG (2022) és SABERI ET AL. (2019) korábbi kutatásaival. Ezen elméletek szerint a logisztikában és az ellátási láncokban a valós idejű adatmegosztás és a közös főkönyv technológia azonnali transzparenciát teremt, amely – a pénzügyi vagy adminisztratív funkciókkal ellentétben – közvetlenül és mérhetően csökkenti az információs aszimmetriát, valamint a koordinációs súrlódásokat. A modell igazolja, hogy a technológia ezen a területen nem igényel közvetítő változókat a pozitív hatás kifejtéséhez. Ezáltal a H3 hipotézist elfogadtam.



14. ábra: A PLS-SEM strukturális modellje és az útvonal-együtthatók

Forrás: Saját szerkesztés a SmartPLS4.0 szoftver alkalmazásával

A logisztikai hatékonyságra gyakorolt közvetlen, statisztikailag is robusztus hatás rávilágít az ellátási láncok egyik strukturális problémájára: a szétagolt adatbázisokból fakadó vakfoltokra. A hagyományos, centralizált rendszerek esetében minden szereplő (gyártó, szállítmányozó, raktár) a saját belső „információs silóját” építi, amely az egyeztetési fázisokban jelentős idővesztést és hibalehetőséget generál. A blokklánc ezen a területen azért tud azonnali eredményt felmutatni, mert az „igazság egyetlen forrásaként” megszünteti ezt az aszimmetriát,

és a tranzakciók hitelesítését a hálózat egészére bízta. Az empirikus adatok alátámasztják, hogy az olyan operatív feladatok, mint a szállítólevelek ellenőrzése, a készletnyilvántartás és a visszahívási protokollok, a technológia alkalmazásával nem csupán felgyorsulnak, de a résztvevők közötti utólagos vitarendezés is feleslegessé válik, minimalizálva az ex-post oportunizmust. Ez az eredmény azt sugallja a vállalati gyakorlat számára, hogy az implementációs projekteket érdemes először a fizikai árumozgások nyomon követésére fókuszálni, mivel a valós idejű adatmegosztás itt konvertálható a leggyorsabban mérhető megtakarítássá. A technológia ily módon nem a meglévő folyamatok egyszerű digitalizálását jelenti, hanem az ellátási lánc koordinációs mechanizmusainak teljes újráítását.

4.3.2.2. Az adatintegritás mediáló szerepe a tranzakciós biztonságban (H4)

A H4 hipotézisben egy komplex, teljes mediációs modellt feltételeztem: a BCT önmagában nem növeli a tranzakciós biztonságot, hatása kizárólag a megnövekedett adatintegritáson keresztül érvényesül. Az eredmények rávilágítanak, hogy a blokklánc szignifikánsan növeli az adatintegritást ($\beta = 0,450$, $p < 0,001$), amely pedig szignifikáns pozitív hatással van a tranzakciós biztonságra ($\beta = 0,587$, $p = 0,038$). A ZHAO ET AL. (2010) féle klasszifikáció szerint az indirekt hatás fennállása mellett vizsgálni kell a direkt hatást is. Az elemzés kimutatta, hogy a blokklánc közvetlen hatása a tranzakciós biztonságra statisztikailag nem szignifikáns és erejét tekintve elhanyagolható ($\beta = 0,025$, $t = 0,277$, $p = 0,781$).

Ez a jelenség az úgynevezett kizárólag közvetett mediáció esete, amely empirikusan bizonyítja a teljes mediációt, ezáltal a H4 hipotézist elfogadtam. Az eredmény maradéktalanul alátámasztja CALDARELLI ET AL. (2020), ALI ET AL. (2024), valamint LIAO ET AL. (2025) elméletét, miszerint a technológia önmagában csupán egy üres keretrendszer. Az "oracle problem" miatt a biztonságérzet kizárólag abból az adatintegritásból fakad, amelyet a rendszer validál és manipulálhatatlanná tesz.

4.3.2.3. A fogyasztói bizalom mediáló szerepe a CRM teljesítményben (H5)

A H5 hipotézis strukturális logikája megegyezik a H4-el: feltételezi, hogy a technológiai adaptáció szintje nem hat közvetlenül a CRM teljesítményre, hanem ezt a kapcsolatot teljes mértékben a fogyasztói bizalom közvetíti.

A Bootstrapping eredményei szerint a mediációs lánc mindkét szegmense kiemelkedően erős és szignifikáns: az adaptáció növeli a bizalmat ($\beta = 0,380$, $p < 0,001$), a bizalom pedig masszív hatást gyakorol a CRM teljesítményre ($\beta = 0,706$, $p < 0,001$). Ezzel párhuzamosan az adaptáció

és a CRM közötti közvetlen útvonal statisztikailag nem szignifikáns ($\beta = 0,045$, $t = 0,750$, $p = 0,453$). Ez az eredmény szintén „csak közvetett” mediációt jelez, vagyis a hatás kizárólag közvetítő változón keresztül érvényesül, ezáltal a H5 hipotézist elfogadtam. A modell megerősíti ABUGHAZALEH és ABDELRAHIM (2021) kutatási paradigmáját: a BCT technikai paraméterei a végfelhasználók számára láthatatlanok vagy irrelevánsak. A vállalati ügyfélkapcsolatok csak akkor profitálnak a beruházásból, ha a technológia által biztosított transzparenciát a menedzsment sikeresen "lefordítja" a fogyasztói bizalom nyelvére. Kutatásom egy további fontos, a hipotézist kiegészítő elméleti hozzájárulása az adaptáció szintje (ADOPTION_LEVEL) és a bizalom közötti önálló, robusztus kapcsolat azonosítása ($\beta = 0,380$). Ez az adat arra világít rá, hogy a transzparencia hitelességét a piac a technológiai integráció mélységén keresztül értékeli: a felszínes használat helyett a mély, rendszerszintű és kiterjedt adaptáció az, ami a megbízhatóság és az elköteleződés valódi jeleként funkcionál az ügyfelek felé.

4.3.2.4. A digitális érettség moderátor hatása (H6)

A H6 hipotézis egy moderátor hatást vizsgált, azt feltételezve, hogy a szervezet meglévő digitális érettsége felerősíti a blokklánc logisztikai hatékonyságra gyakorolt pozitív hatását. A moderátor hatás tesztelésére a SmartPLS-ben a kétlépcsős megközelítést alkalmaztam (FASSOTT ET AL., 2016).

Az elemzés szerint az interakciós tag (DIGITAL_MATURITY x BCT_IMPACT) útvonal-együtthatója pozitív és statisztikailag magas szinten szignifikáns ($\beta = 0,215$, $t = 3,307$, $p = 0,001$). A moderátor hatásokra jellemző alacsonyabb effektusméret ($f^2 = 0,045$) ellenére a hatás szisztematikusan jelen van az adatokban, igazolva a H6 hipotézist, így elfogadásra került. Ez az eredmény empirikus támogatást nyújt JACKSON és ALLEN (2024), valamint AN ET AL. (2024) "technológiai sokk vs. szinergia" elméletének. Egy alacsony digitális érettségű szervezetnél a blokklánc bevezetése implementációs nehézségeket és rezisztenciát szül, míg egy magas Technology Readiness indexszel rendelkező szervezet esetében a technológia katalizátorként működik, és a hatékonyság ugrásszerűen, felerősödve növekszik. A digitális érettség moderátor hatásának empirikus igazolása a menedzsment számára egy nagyon fontos, a hype-ciklusokban gyakran figyelmen kívül hagyott kockázatra hívja fel a figyelmet: a technológiai felkészültség hiánya nemcsak csökkenti a blokklánc hasznát, hanem kifejezetten káros is lehet a szervezet működésére. Egy korszerűtlen, szigetszerű IT architektúrába integrált elosztott főkönyvi technológia – megfelelő IoT szenzorok vagy modern ERP rendszerek hiányában – csupán a meglévő, manuális, sokszor hibás adatbeviteli folyamatokat konzerválja

és teszi megváltoztathatatlaná. Ez a „Garbage In, Garbage Out” (GIGO) probléma tankönyvi esete, amely az alacsony digitális érettségű vállalatoknál a technológiát egy lassú, költséges és merev adminisztrációs teherre silányítja. Ezzel szemben a magasan digitalizált vállalatoknál a blokklánc zökkenőmentesen kapcsolódik be a már automatizált folyamatokba, felerősítve a meglévő rendszerek szinergiáit és a dinamikus képességeket. A döntéshozóknak és az integrátoroknak tehát fel kell ismerniük, hogy a blokklánc bevezetése előtt egy átfogó, belső informatikai konszolidáció és a fizikai-digitális adatkapcsolatok rendezése megkerülhetetlen technológiai előfeltétel.

Moderáló és mediáló hatások összegzése: A strukturális egyenletmodellezés (PLS-SEM) átfogó eredményei empirikusan is megerősítik azt a kritikai menedzsment-szemléletet, miszerint a blokklánc önmagában csupán egy „üres digitális boríték”. Az a tény, hogy a tranzakciós biztonság (H4) és a CRM teljesítmény (H5) esetében közvetett hatásokat tudtam kimutatni, arra figyelmezteti a vállalati döntéshozókat, hogy a technológiai beruházások nem képesek kompenzálni a hiányos belső folyamatokat vagy az alacsony adatminőséget. A modell rávilágít, hogy az adatintegritás és a fogyasztói bizalom alkotják azt az igazi „digitális valutát”, amelyet a technológia pusztá implementációja automatikusan nem teremt meg. A sikeres integrációhoz elengedhetetlen a fizikai és a digitális tér hiteles összekapcsolása – például automatizált adatbeviteli, IoT megoldásokkal –, valamint az átláthatóság tudatos, ügyfélközpontú menedzselése. Továbbá a digitális érettség moderáló hatásának igazolása (H6) egyértelművé teszi: a blokklánc nem gyógyír a szervezeti digitalizáció hiányosságaira, hanem a már meglévő, magas szintű technológiai felkészültség teljesítményfokozó katalizátora, jelen európai nagyvállalti minta eredményei alapján.

4.3.2.5. A mediációs hatások triangulációja Baron és Kenny (1986) módszertana alapján

Az értekezés 4.2.2. alfejezeteiben bemutatott strukturális egyenletmodellezés (PLS-SEM) és a Bootstrapping eljárás eredményeinek robusztusságát – különös tekintettel a relatíve alacsony mintaelemszámra (N=54) – egy klasszikus, regresszió-alapú módszertani triangulációval is alátámasztom. Bár a PLS-SEM algoritmus kiválóan alkalmas komplex modellek tesztelésére, a H4 (Adatintegritás mediátorszerepe) és H5 (Fogyasztói bizalom mediátorszerepe) hipotézisek oksági kapcsolatainak validálása érdekében az eredményeket összevettem BARON & KENNY (1986) klasszikus négylépéses keretrendszerével, kiegészítve azt a modern mediációs szakirodalom mutatóival (ZHAO ET AL., 2010; VARGHA, 2023).

A mediációs elemzés statisztikai szempontból abból áll, hogy lineáris regressziós egyenletek segítségével becslést adunk az egyes hatásokra. Alapvetően három fő egyenlet határozza meg a vizsgálatot (VARGHA, 2023): (1) A független változó (X) teljes hatása a függő változóra (Y), amelyet a c útvonal jelöl. (2) A független változó (X) hatása a mediátor változóra (M), amelyet az a útvonal jelöl. (3) A mediátor változó (M) hatása a függő változóra (Y) a független változó kontrollálása mellett, amelyet a b útvonal jelöl, míg X közvetlen (direkt) hatását a mediátor bevonása után a c' útvonal mutatja meg.

BARON & KENNY (1986) eredeti iránymutatása a közvetítő hatás fennállásához megköveteli, hogy az a és b útvonalak szignifikánsak legyenek, és a mediátor bevonásával a független változó közvetlen hatása (c') jelentősen lecsökkenjen (részleges mediáció) vagy statisztikailag nem szignifikánssá váljon (teljes mediáció). A modern statisztikai szakirodalom ezt annyiban árnyalja, hogy a teljes hatás (c) kezdeti szignifikanciája nem kötelező előfeltétel; az úgynevezett „kizárólag közvetett” (indirect-only) mediáció esetében a szignifikáns a és b útvonal, valamint az in-szignifikáns c' útvonal együttesen bizonyítják a teljes mediációt (ZHAO ET AL., 2010; VARGHA, 2023).

Ennek megfelelően a disszertáció primer kutatási eredményei a klasszikus eljárással a következőképpen alakulnak:

A H4 hipotézis (Adatintegritás) értékelése: A modellben a blokklánc-adaptáció (X) szignifikánsan és pozitívan hat az adatintegritásra mint mediátorra (M), így a 2. lépés teljesül (a útvonal: $\beta = 0,450$, $p < 0,001$). Az adatintegritás szintén szignifikánsan növeli a tranzakciós biztonságot (Y), ami igazolja a 3. lépést (b útvonal: $\beta = 0,587$, $p = 0,038$). A 4. lépés is maradéktalanul teljesül, hiszen a blokklánc és a tranzakciós biztonság közötti direkt kapcsolat a mediátor bevonásával nem szignifikáns (c' útvonal: $\beta = 0,025$, $p = 0,781$).

A H5 hipotézis (Fogyasztói bizalom) értékelése: A H5 hipotézis vizsgálata során a Baron és Kenny-féle 2. és 3. lépés szintén erős szignifikanciát mutat: a technológiai adaptáció (X) növeli a fogyasztói bizalmat mint mediátort (a útvonal: $\beta = 0,380$, $p < 0,001$), a bizalom (M) pedig javítja a CRM teljesítményt mint függő változót (b útvonal: $\beta = 0,706$, $p < 0,001$). A 4. lépés értelmében a direkt hatás itt is insignifikáns marad (c' útvonal: $\beta = 0,045$, $p = 0,453$).

A mediációs hatások gyakorlati relevanciájának számszerűsítésére a modern szakirodalom a *Mediáció%* mutatót alkalmazza, amely a közvetett (indirekt) hatás és a teljes hatás arányát fejezi ki ($\text{Mediáció\%} = 100 * c_{\text{ind}} / c_{\text{total}}$). Az ökölszabály szerint a mediációs hatás akkor tekinthető szakmailag értékelhetőnek, ha ez az arány eléri a 10%-ot (VARGHA, 2023). A H4

hipotézis esetében a kiszámított indirekt hatás ($a \times b$) 0,264, míg a teljes hatás (indirekt + direkt) 0,289. Ez alapján az adatintegritás Mediáció%-a 91,3%, ami kiemelkedően magas. A H5 hipotézis esetében az indirekt hatás ($a \times b$) 0,268, a teljes hatás pedig 0,313. A fogyasztói bizalom Mediáció%-a ezáltal 85,6%, amely szintén robusztus közvetítői erőt jelez.

A BARON & KENNY (1986) keretrendszer összevetése a ZHAO ET AL. (2010) és VARGHA (2023) által lefektetett modern tipológiával, valamint a magas Mediáció mutatókkal egyértelműen megerősíti a H4 és H5 hipotéziseimnél az „indirect-only”, azaz a kizárólag közvetett mediáció fennállását jelen kutatási modellnél. Az empirikus eredmények a PLS-SEM algoritmuson túl klasszikus regressziós megközelítésből is megbízhatóan bizonyítják, hogy a vizsgált kimenetek a felállított modell keretein belül szinte teljes egészében a mediátor változóknak (adatintegritás és fogyasztói bizalom) köszönhetőek, nem elhanyagolva a modell esetleges torzításait.

4.3.2.6. A kvantitatív kutatás korlátai

Bár a jelen kutatás szigorú módszertani protokollok alkalmazásával, a PLS-SEM legújabb értékelési sztenderdjeinek, HAIR ET AL. (2022) megfogalmazott feltételek betartásával készült, eredményeinek értelmezése során figyelembe kell venni bizonyos kutatómódszertani és koncepcionális korlátokat. A kutatás elsődleges korlátja az alkalmazott keresztmetszeti vizsgálati elrendezésből fakad. Az adatfelvétel egy adott időablakban (2025. március és 2026. január között) történt, amely egy statikus "pillanatképet" rögzít a technológiai adaptáció állapotáról. A minta sem az elemszám, sem az összetételét tekintve nem tekinthető reprezentatívnak. Bár a strukturális egyenletmodellezés (SEM) és a felállított elméleti keretrendszer erős alapot szolgáltat a változók közötti irányított kapcsolatok tesztelésére, a BAGOZZI (2011) által is hangsúlyozott módszertani alapelv szerint a keresztmetszeti adatokból levont kauzális következtetések mindig elméleti, és nem szigorú időbeli okságot jelentenek. A jövőbeli kutatások longitudinális (hosszmetszeti) vizsgálatokkal tudnák validálni, hogy a blokklánc által generált logisztikai hatékonyság és ügyfélkapcsolati teljesítmény hogyan fejlődik az implementációt követő 3-5 éves időtávlatban. Az abszolút mintaelemszám továbbra is korlátozott. Fontos kiemelni, hogy a fókuszált mintavétel (kizárólag európai nagy vállalatok) miatt az eredmények általánosíthatósága korlátozott. Nem garantálható, hogy a feltárt mediációs és moderációs mechanizmusok azonos formában érvényesülnek a kis- és középvállalkozások (KKV-k) szektorában, vagy más makrogazdasági és szabályozási környezetben (pl. Észak-Amerika, Ázsia). A kutatás során a technológia adaptációját egy viszonylag homogén fogalomként kezeltem, azonban a jövőben érdemes lenne differenciálni a

publikus, a privát és a konzorciumi blokklánc architektúrák szervezeti hatásai között, mivel az adatintegritás és a transzparencia érzékelése ezen technológiai specifikációk függvényében jelentősen eltérhet.

A kauzalitás és a teljes mediáció korlátainak értelmezése: Bár a PLS-SEM modell statisztikai tesztjei a H4 (tranzakciós biztonság) és H5 (fogyasztói bizalom) hipotézisek esetében a blokklánc-technológia közvetlen hatásának elhanyagolhatóságát és a közvetítő változók (adatintegritás, fogyasztói bizalom) teljes mediációs, domináns szerepét igazolták, elengedhetetlen ezen megállapítások ismeretelméleti árnyalása. A statisztikai eredményekből levont ok-okozati következtetések szigorúan a felállított elméleti modell zárt keretein belül érvényesek. A komplex vállalati valóságban tudományosan nem jelenthető ki abszolút bizonyossággal, hogy a vizsgált pozitív kimenetek (például a CRM teljesítmény) *kizárólag és egyértelműen* ezen egyetlen vizsgált tényezőnek köszönhetők. A modellből szükségszerűen kimaradt rejtett változók – úgymint a makrogazdasági környezet, a versenytársi hatások vagy a felhasználói felületek minősége – szintén szignifikáns befolyással bírhatnak. Ennek megfelelően a jelen kutatás a mediátor változók empirikusan robusztus, meghatározó szerepét igazolja az elfogadott hipotéziseknél, de nyitva hagyja a lehetőséget más, jövőben vizsgálandó tényezők egyidejű, látens hatásmechanizmusai előtt.

4.4. A kvalitatív kutatás eredményei (C7-H7;C8-H8)

A kvalitatív kutatás keretében összesen 22 darab, a hazai KKV-szektorban tevékenykedő döntéshozóval, operatív vezetővel és dolgozóval készült félig strukturált mélyinterjú. Az adatfelvétel a rétegzett szelekció elvét követve több iparágat (IT, kereskedelem, feldolgozóipar, mezőgazdaság, fintech) és regionális elhelyezkedést (Pest, Hajdú-Bihar, Csongrád-Csanád, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Baranya vármegyék) fedett le, biztosítva az eredmények kontextuális érvényességét. A minta az elemszámot, az iparági megoszlást, valamint régiót tekintve sem tekinthető reprezentatívnak. A tartalomelemzés a technológia-elfogadási modellek (TAM) és az innovációs keretrendszerek (TOE), valamint a hasznosság mérése alkalmas UTAUT mentén, deduktív kategóriaképzéssel történt (MAYRING, 2014).

4.4.1. H7 Hipotézis vizsgálata

A H7 hipotézis értelmében a hazai KKV-szektorban a blokklánc-adaptáció elsődleges gátja nem a technológiai komplexitás vagy a konkrét pénzügyi költség, hanem a technológiai tudatosság hiánya és a vélt üzleti hasznosság alacsony szintje. Ennek igazolására a strukturált

- **Idő mint kiesett termelés:** Számos fizikai termelést végző vállalatnál (textilipar, mezőgazdaság, logisztika) a szoftveres tanulási görbe kiesett munkaórákat jelent. *"A szoftver lehet, hogy ingyen van, de az időm nem... A mezőgazdaságban így is agyonnyom minket az adminisztráció, nem kérünk még egyet, még ha ingyen is van."*
- **Hálózati hatás hiánya:** A kereskedelmi és ellátási láncok szereplői felismerték a technológia kooperatív jellegét. Egyedül blokkláncot integrálni racionálisan értelmetlen. *"Mi van, ha a partnereim nem akarják használni?... Egy ilyen rendszer csak akkor ér valamit, ha mindenki benne van."*
- **Jogi és adatvédelmi kockázatok (GDPR):** Az IT-audittal és adatvédelemmel foglalkozó szereplők számára az ingyenesség másodlagos az elosztott főkönyv módosíthatatlanságából fakadó GDPR 17. cikkelyes konfliktusokkal szemben. *"Amíg ez a jogi és technikai ellentmondás fennáll, egy fillérért se vezetném be éles rendszerbe."*

24. táblázat: Kognitív és operatív gátak horgonykérdéseinek összesítése (átlagértékek 1-7 skálán)

Iparági szegmens	H7 igazolása	PEOU
IT szektor (N=8)	6,37	4,25
Mezőgazdaság (N=4)	7,00	6,50
Kereskedelem/Logisztika (N=5)	6,40	5,80
Gyártás / Feldolgozóipar (N=4)	6,75	6,00
Fintech (N=1)	6,00	3,00
Összesített átlag	6,50 (Magas korlát)	5,11 (Közepes korlát)

Forrás: saját szerkesztés

4.4.1.3. Az észlelt bonyolultság (PEOU) szerepe

Bár a PEOU (észlelt könnyű használat) is jelentős gát, az iparágak között szignifikáns eltérés mutatkozik. Az IT szektorban a technológia megértése nem okoz kognitív disszonanciát (átlag 4,25), a fejlesztők számára ez gyakran "szakmai csemege". Ugyanakkor az agráriumban vagy a termelésben dolgozók esetében az absztrakt fogalmak ("hash", "okosszerződés") erős elzárkózást szülnek (átlag: 6,00 felett), ahogy a 24. táblázatban is látható. Egy agrárszereplő találóan összegezte: *"A munkatársak fele még az okostelefont is csak telefonálásra használja... Ha nekik még hash-kódokat kellene böködniük, ott állna meg az aratás."*

4.4.1.4. Gyakoriság vizsgálat

A H7 hipotézis mélyebb alátámasztására kvalitatív gyakoriságelemzést végeztem a kognitív és operatív gátak megjelenése alapján az interjúk szövegtestében, ami a 25. táblázatban látható.

25. táblázat: Említési gyakoriság táblázat a H7 hipotézis alátámasztására (N=22)

Kódolt adaptációs gát	Említések száma	Magyarázat a H7 hipotézis tükrében
1. Látható üzleti haszon / ROI hiánya	21 / 22	Szinte minden válaszadó (a Fintech kivételével) elsődleges gátként az azonnali, monetáris megtérülés hiányát jelölte meg. Ez egyértelműen igazolja, hogy a PU a legkritikusabb faktor.
2. Magas implementációs/üzemeltetési költség	15 / 22	A költség jelentős korlát, de sok esetben alárendelt a haszon hiányának. A válaszadók többsége jelezte: ha lenne egyértelmű haszon, a költség kigazdálkodható lenne.
3. Bonyolultság / Megfelelő IT tudás hiánya	16 / 22	Különösen a gyártásban, kereskedelemben és agráriumban erős.
4. Adatbiztonsági / GDPR és Üzleti titok félelmek	14 / 22	A kognitív gátak speciális formája: a KKV-k félnek a transzparenciától, a versenytársaktól, illetve az IT szektorban a GDPR 17. cikkelyének (törléshez való jog) megsértésétől.

Forrás: saját szerkesztés

A kvalitatív és strukturált adatok maradéktalanul igazolják a H7 hipotézist. A blokklánc technológia elutasításának alapja nem a puszta költség, hanem a (LIN ET AL., 2007) által leírt kognitív távolság és az azonnali, monetizálható üzleti előny hiánya a hagyományos adatbázis-architektúrákkal (pl. SQL, ERP rendszerek) szemben. A KKV-k hajlandóak beruházni új technológiába (pl. robotika, GPS-vezérlés, AI), ha a ROI egyértelmű, de a blokklánc "bizalomteremtő" funkciója a magyar KKV valóságban nem bír forintosítható értékkel.

4.4.2. H8 Hipotézis vizsgálata

A H8 hipotézis arra épít, hogy a KKV-k blokklánc-használati szándékát erősebben determinálja a külső környezeti nyomás (kényszerítő hatások a beszállítói láncban, hatósági elvárások), mint a vállalat belső innovációs affinitása. Ezt a jelenséget az DIMAGGIO & POWELL (1983) Intézményi Elmélete és a TOE keretrendszer környezeti faktora is jól leírja.

4.4.2.1. Kényszerítő nyomás mint katalizátor

Az interjúk legkonzisztensebb eredménye a külső kényszer elfogadása volt. A 3. horgonykérdésre ("Magunktól nem vezetnénk be, csak ha rákényszerítenek") adott válaszok szinte homogénen magasak voltak a teljes mintán. A 22 válaszadóból 15 esetben regisztráltunk maximális, 7-es értéket, további 6 esetben 6-os értéket. Az egyetlen enyhébb érték (5) az "early adopter" fintech vállalatnál jelent meg.

A hazai KKV-k többsége beszállítói, alárendelt pozícióban van a globális és nagyvállalati értékláncokban. Ebből adódóan stratégiájuk alapvetően reaktív. A döntéshozók nyíltan elismerik a "követő" magatartást.

- **Multinacionális partnerek diktátuma:** Ha az értéklánc csúcsán lévő cég (pl. Audi, BMW, John Deere, Tesco) kötelezővé teszi a blokklánc alapú nyomonkövetést, a KKV-k azonnal integrálják azt a fennmaradás érdekében. *"A KKV-k 90%-a így működik: ha a nagy hal azt mondja, hogy így kell táncolni, akkor úgy táncolunk, különben kiesünk a kosárból."* *"Aki a pénzt adja, az parancsol."*
- **Szabályozói (jogszabályi) megfelelés:** A kényszer másik formája a hatósági előírás (NÉBIH, ESG riportok, EU Digital Product Passport, MNB). A műanyag-újrahasznosító cég szakembere kiemelte: *"Ha a törvény előírja a Digital Product Passport-ot minden termékre, akkor a blokklánc (vagy valami hasonló) be fog jönni a hátsó ajtón."* A mezőgazdasági gépalkatrész kereskedő ezt a NAV online számlázás bevezetéséhez hasonlította: *"Senki nem akarta, de mindenki megcsinálta, mert muszáj volt."*

4.4.2.2. A belső innovációs hajlandóság alacsony szintje

A TOE keretrendszer belső szervezeti tényezői marginális szerepet játszanak a blokklánc adaptációjában a magyar KKV-knál (26. táblázat). Az 5. horgonykérdés ("Cégünk proaktívan, önállóan keresi a megoldást") eredményei drasztikus iparági kettészakadást mutatnak. Míg az IT és Fintech cégek a technológiai érettségükből fakadóan proaktívak (átlag 5,66), addig a hagyományos ágazatokban (mezőgazdaság, gyártás, kereskedelem) az innováció kimerül a fizikai termelőeszközök modernizációjában (pl. új traktor, lézerhegesztő, CNC gép), de a szoftveres oldal elhanyagolt. *"Informatikában a kőkorban vagyunk néha."* - nyilatkozta a műanyagipari szereplő.

4.4.2.3. Versenynyomás

DIMAGGIO & POWELL (1983) elmélete alapján a sikeresnek vélt versenytársak másolása a bizonytalanság csökkentése érdekében jelen van a piacon. A 4. horgonykérdés eredményei alapján (átlag 4,45) a versenytársak általi nyomás közepes (26. táblázat). Ha egy egyértelmű marketing- vagy versenyelőnyt generálna a technológia (pl. PR érték a "Blockchain-secured" címkével), a többiek is követnék. Ugyanakkor az iparágak többségében jelenleg nincs olyan hazai versenytárs, aki ezt már sikeresen alkalmazná, így a mimetikus (utánzó) nyomás csak látens formában létezik.

26. táblázat: Intézményi elmélet és TOE faktorok értékelése (H8 hipotézis)

Iparági szegmens	Kényszerítő nyomás	Versenykényszer	Belső affinitás
IT szektor (N=8)	6,12	4,62	5,50
Mezőgazdaság (N=4)	7,00	4,50	1,75
Kereskedelem/Logisztika (N=5)	7,00	4,80	2,20
Gyártás / Feldolgozóipar (N=4)	7,00	4,25	1,25
Fintech (N=1)	5,00	7,00	7,00
Összesített átlag	6,54 (Nagyon magas)	4,68 (Közepes)	3,50 (Kettőszakadt/Alacsony)

Forrás: saját szerkesztés

Az eredmények összegzése (27. táblázat) alapján a H8 hipotézis erős igazolást nyert: a KKV-k hajlandóak leküzdeni a PEOU akadályokat és megfizetni az integráció árát abban a pillanatban, ahogy az a túlélés kötelező feltételévé válik, de pusztán belső elhatározásból a technológia adaptációja a jelenlegi érettségi fázisban valószínűtlen.

27. táblázat: Említési gyakoriság táblázat a H8 hipotézis alátámasztására (N=22)

Döntéshozatali motiváció	Említések száma	Magyarázat a H8 hipotézis tükrében
Külső Kényszer: Multinacionális partnerek / Megrendelők elvárása	19 / 22	A leggyakoribb válasz a jövőbeli adaptáció okára.
Külső Kényszer: Jogszabályi / Hatósági előírások (EU, NAV, NÉBIH)	17 / 22	A szabályozói kényszer a második legerősebb elméleti driver, ami kikényszerítheti a blokklánc használatát.
Versenytársi nyomás (Mimetikus izomorfizmus)	10 / 22	A versenytársak másolása jelen van, de csak másodlagos: a vállalatok csak akkor követnék a konkurenciát, ha az már bizonyítottan piacot szerezne a blokkláncsal.
Belső innovációs affinitás (Stratégiai proaktivitás)	3 / 22	Csak a Fintech és egy-két IT specifikus cég vallotta, hogy önállóan, versenyelőny szerzése céljából integrálna.

Forrás: saját szerkesztés

4.4.2.4. A technológia elfogadásának vizsgálata az UTAUT modell alapján

A Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) modell négy fő dimenzió mentén szintetizálja a technológia-elfogadást, amelyek az interjúk kvalitatív adatbázisával is kiválóan megfeleltethetők (VENKATESH ET AL., 2003).

1. Teljesítményelvárás (Performance Expectancy - PE)

A PE azt méri, hogy a döntéshozó szerint a rendszer használata mennyiben segíti a munkahelyi teljesítmény növelését. A magyar KKV-szektorban ez az érték jelenleg kritikus minimumon van. Az interjúalanyok döntő többsége nem látja azt a közvetlen, teljesítménynövelő faktort,

amit a blokklánc a hagyományos rendszerekhez (SQL adatbázisok, felhős WMS/ERP rendszerek) képest nyújtani tudna.

- Az IT adatbázis-mérnök szerint: *"Egy jól beállított SQL vagy Oracle adatbázis nagyságrendekkel gyorsabb, könnyebben lekérdezhető és olcsóbb üzemeltetni."*
- A logisztikai csoportvezető a sebességvesztéstől tart, ami ronthatja a teljesítményt: *"Nálunk minden másodperc számít a pikingnél. Ha a rendszernek várnia kellene valamilyen 'blokk-visszaigazolásra', az lassítaná a munkát."*
- Egyedüli kivételként a Fintech szektor résztvevője azonosított magas teljesítményelvárást a határokon átnyúló elszámolások percekre történő lerövidítésében.

2. Erőfeszítés-elvárás (Effort Expectancy - EE)

Az EE (ami a TAM modell PEOU faktorának felel meg) azt mutatja, hogy milyen mértékű erőfeszítést igényel a rendszer megtanulása és használata. A fizikai termelést végző ágazatokban (agrárium, gyártás, textilipar, logisztika) az elvárt erőfeszítés irreálisan magasnak tűnik a válaszadók számára.

- A mezőgazdasági szakember kiemelte: *"A munkatársak fele még az okostelefont is csak telefonálásra használja..."*
- A textilipari műszakvezető szerint a 50 év feletti varrónők esetében a napi darabszám-rögzítés is kihívás, a technológiai betanítás pedig a termelés leállításához vezetne.
- Az IT szektorban az erőfeszítés nem a felhasználói oldalon, hanem az üzemeltetői és fejlesztői oldalon (debugging, okosszerződések patchelése) jelent komoly elzárkózást.

3. Társadalmi befolyás (Social Influence - SI)

A Társadalmi Befolyás arra vonatkozik, hogy az egyén mennyire érzi fontosnak, hogy a környezetében lévő szereplők elvárják tőle a technológia használatát. Ez az UTAUT dimenzió tökéletes átfedésben van a H8 hipotézisnél vizsgált kényszerítő hatással. A magyar KKV-k adaptációs szándékát szinte 100%-ban a Social Influence (SI) mozgatja felülről lefelé.

- Az autóipari fémmegmunkáló üzem termelési igazgatója szerint: *"Ha a BMW vagy az Audi azt mondja, hogy holnaptól csak így fogadják be a szállítólevelet, akkor két héten belül nálunk is az lesz."*

- A szakmai kamarák és az IT tanácsadók "horizontális" társadalmi befolyása viszont minimális. Az építőanyag-kereskedő egyértelműsítette: *"A tanácsadóknak nem hiszünk, mert nekik az az érdekük, hogy eladjanak nekünk valami bonyolultat."*

4. Támogató feltételek (Facilitating Conditions - FC)

Ez a dimenzió azokat az objektív tényezőket vizsgálja a környezetben (infrastruktúra, IT support), amelyek elősegítik a használatot. A kutatás rávilágított, hogy a kutatásban szereplő KKV-k többsége katasztrofális hiányosságokkal küzd a „Támogató Feltételek” terén.

- *Humán erőforrás hiánya:* A vizsgált hagyományos KKV-k (pl. épületgépészet, bútorgyár, gépalkatrész-kereskedés) szinte egyikénél sincs belső dedikált IT személyzet. A rendszereket külsős, "tűzoltásszerű" rendszergazdák üzemeltetik. *"Egy külsős srác jön ki havonta egyszer frissíteni a Windowsokat. Ő szerintem nem is hallott még erről."*
- *Technikai infrastruktúra hiánya:* Számos üzemben még az alapvető infrastrukturális feltételek (pl. stabil Wi-Fi hálózat, megfelelő térerő) is hiányoznak. *"Először legyen minden földön rendes térerő, aztán beszélhetünk a blokkláncról."*, hangzott el az egyik gazdaság vezetőjétől, míg a műanyagipari szakember hozzátette: *"a raktárban a térerő is alig van, szóval mielőtt ilyen blokkláncokat akarunk, egy normális wifit építhetnének a telephelyen"*.

Az UTAUT elemzés összegzéseként elmondható, hogy a blokklánc technológia integrációjához jelenleg csak a Társadalmi Befolyás van jelen látensen, míg a Teljesítményelvárás, az Erőfeszítés-elvárás és a Támogató Feltételek drasztikusan az adaptáció ellen hatnak.

A H8 hipotézis teljességgel igazolódott. Az OLIVEIRA ET AL. (2014) által is vizsgált Cloud Computing tendenciákhoz hasonlóan a blokklánc KKV-szintű integrációját a magyar piacon nem a belső jövőkép vagy a stratégiai proaktivitás fogja elhozni, hanem az értéklánc domináns szereplőinek normatív és kényszerítő hatása. A KKV-k hajlandóak megfizetni az integráció árát és leküzdeni a PEOU akadályokat abban a pillanatban, ahogy az a piacon maradás kötelező feltételévé válik.

A kvalitatív interjúk és a „negatív bizonyítás” gondolat kísérletének együttes eredményei alapjaiban kérdőjelezik meg a hagyományos hazai KKV-digitalizációs stratégiák és az erre épülő technológiai pályázati rendszerek hosszú távú hatékonyságát. Amíg az intézményi ösztönzők elsősorban a finanszírozási korlátok lebontására (például hardver- vagy szoftverbeszerzési támogatásokra) fókuszálnak, az empirikus eredmények bizonyítják, hogy a

mélyebb kognitív gátak – úgymint a transzparenciától való félelem és az üzleti modell szintű értetlenség – sokkal erősebb visszatartó erővel bírnak. A kényszerítő intézményi izomorfizmus dominanciája azt jelzi, hogy a magyar KKV-k a blokklánc-technológiát jelenleg egyfajta elkerülhetetlen „megfelelési adóként” élik meg, amelyet a globális piacra jutás érdekében kénytelenek megfizetni. Ugyanakkor, ha ezt a kötelező adaptációt nem követi egy mélyreható belső szemléletváltás, és a vállalatok nem tanulják meg a rájuk kényszerített transzparenciát proaktívan a saját versenyelőnyükké formálni, az implementációs kényszer hosszú távon csak tovább ronthatja a szektor termelékenység mutatóit.

4.4.3. Ágazati sajátosságok és keresztmetszeti elemzések

Az interjúk strukturált kódolása alapján MAYRING (2014) jól láthatóan kirajzolódtak az egyes iparágak speciális félelmei és gátjai, amelyek árnyalják az amúgy homogén elutasító attitűdöt.

Agrárszektor és gyártás: Ezekben a szektorokban az adatbiztonság megítélése kettős. Egyfelől az eredetigazolás (bio-tanúsítvány, anyagösszetétel, zöldre festés elkerülése) elméletileg tökéletes terep a blokklánc számára. Másfelől a transzparencia fenyegetést is jelent. A gazdák tartanak attól, hogy az ellátási lánc megnyitásával üzleti titkok (hozamok, beszerzési árak, receptúrák) kerülnek nyilvánosságra vagy a hatóságok (NAV) számára azonnal láthatóvá válnak. *"Én nem akarom, hogy akárki lássa, pontosan hány mázsa termett... Az üzlet Szabolcsban még mindig bizalmi alapon megy."* Kiemelkedő a "terepi" realitások és az IT rendszerek közötti szakadék is; a fizikai folyamatok sebességét (aratás, futószalag, raktári kommissiózás) a vezetők nem áldoznák fel egy esetlegesen lassú, nehezen kezelhető validációs protokoll kedvéért.

IT szektor: Az informatikai szektor a legkomplexebb képet mutatja (CLOHESSY & ACTON, 2019). Bár a tudatosság magas, és a szakemberek megértik a technológia mélyebb rétegeit, az integrációt pragmatikus akadályok nehezítik. Az adatvédelem (pl.: Compliance) kritikus gát: a módosíthatatlan főkönyv jelenlegi formájában sokszor ellentmond a GDPR "törléshez való jog" alapelvének. Emellett az IT cégeknél az adaptáció költsége nem licencdíjban, hanem fejlesztői munkaórákban jelentkezik. Egy komplex blokklánc-alapú információs rendszer fejlesztése, kiépítése és üzemeltetése ugyanis rendkívül jelentős beruházást igényel. Amíg az ügyfél (a piac) nem hajlandó érdemi "bizalmi felárat" fizetni egy blokklánc-alapú szoftverért vagy adatbázisért, az IT szolgáltató nem fogja arra allokálni drága, szenior fejlesztői kapacitását.

Továbbá, a kutatások rávilágítanak arra, hogy a fogyasztók több mint fele semmilyen áremelkedést nem fogadna el a blokklánc nyújtotta transzparenciáért, és a fizetésre hajlandó

szegmens is legfeljebb 1-10% közötti felárat tartana elfogadhatónak. A vállalatok akkor lennének nyitottak ilyen beruházásokra, ha a fogyasztók hajlandóak lennének finanszírozni a többletköltségeket, azonban ebből a minimális fogyasztói felárból a rendszerfejlesztés gazdaságilag alig, vagy egyáltalán nem térül meg (FÜZESI ET AL., 2019).

Fintech: Az egyetlen igazi kiugró példát a vizsgált mintában a pénzügyi technológiai szektor adja. Itt a technológia belső adottságai (határon-túli fizetések, KYC naplózás, egyetlen igazság forrás) közvetlenül szolgálják a belső üzleti folyamatokat. Az adaptációs gátak nem a hasznosság hiányából, hanem a túlzottan szigorú, még formálódó szabályozói környezetből (MNB, EBA, MiCA) adódnak.

A bemutatott eredmények alapján mindkét vizsgált hipotézis (H7, H8) alátámasztást nyert a magyar KKV-szektorban a 22 elemszámú minta alapján. Fontos kiegészítés, hogy a hipotézisek általánosíthatóságát az anyag és módszertan fejezetben leírt korlátok figyelembevételével kell megtenni. A kutatás egyértelműen rávilágított, hogy a blokklánc-technológia széleskörű elterjedése a hazai kis- és középvállalkozások körében egyelőre várat magára. Az akadályok természete sokkal inkább stratégiai, kognitív és üzleti-modellszintű, mintsem tisztán pénzügyi vagy implementációs eredetű. A KKV döntéshozók számára a technológia önmagában nem képvisel értéket. Amíg a blokklánc nem válik "láthatatlanná", könnyen használható háttérszolgáltatássá, és amíg nem teremt azonnali, monetáris hasznot (költségcsökkentést, új piacot), addig belső motivációból nem fogják integrálni. Az áttörést – a DIMAGGIO & POWELL (1983) által leírt intézményi elmélettel összhangban – kizárólag egy erős külső, felülről jövő sokk hozhatja el: a domináns értéklánci partnerek és az Európai Unió, illetve hazai jogszabályi kötelezések kényszerítő hatása.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A globális gazdaságban zajló negyedik ipari forradalom és a digitális transzformáció egyik áttörő, ugyanakkor tudományos és gyakorlati szempontból is vitatott technológiai vívmánya a blokklánc technológia. Jelen doktori értekezés alapvető célkitűzése az volt, hogy túlmutasson a technológiai determinizmuson és a korai adaptációs fázist jellemző „divathullám” jelenségen, és egy összetett, kevert módszertanra épülő kutatás keretében tárja fel a technológia vállalati alkalmazásának valós, empirikusan mérhető hatásait, valamint az adaptációt gátló struktúrákat.

A kutatás komplexitását a vizsgált jelenség interdiszciplináris természete adta, amely megkövetelte a menedzsmenttudományok, az intézményi közgazdaságtan, valamint a technológia-elfogadási és szervezeti innovációs modellek (TAM, UTAUT, TOE, RBV) szerves integrációját. A szisztematikus szakirodalom-kutatás (PRISMA), a nyílt forráskódú digitális lábnyomelemzés (OSINT), a nagyvállalati környezetben végzett kvantitatív strukturális egyenletmodellezés (PLS-SEM), valamint a hazai KKV-szektorban lefolytatott kvalitatív vizsgálat eredményeinek egybefüggő szintézise alapján olyan összetett következtetések fogalmazhatók meg, amelyek hozzájárulhatnak a jelenlegi szakirodalom tudományos eredményeihez.

A kutatás elsődleges és elméleti síkon legátfogóbb következtetése – amely az első hipotézis (H1) és az ehhez kapcsolódó elsődleges célkitűzés (C1) igazolásán nyugszik –, hogy a blokklánc technológia vállalati kontextusban nem egy hagyományos, lineáris költségcsökkentő szoftverként vagy IT-eszközként viselkedik, hanem egy komplex szocio-technikai entitásként, úgynevezett „alapozó technológiaként” funkcionál. A PRISMA protokoll alapján szigorúan szűrt és elemzett 232 nemzetközi folyóiratcikk szintézise egyértelműen rávilágított arra a sokat vitatott termelékenységi paradoxonra, amely szerint a vállalatok hatalmas kezdeti beruházásokat eszközölnek a decentralizált hálózatok kiépítésébe, azonban a közvetlen pénzügyi megtérülés rövid távon elmarad, sőt, a komplexitás okán a tranzakciós költségek átmenetileg növekedhetnek is. A kutatásom bemutatta, hogy ez a jelenség nem a technológia kudarcát jelzi, hanem a menedzsment megközelítés hibáját: a blokklánc hozzáadott értéke nem a meglévő, hagyományos folyamatok egyszerű digitalizálásában, hanem a szervezetek közötti bizalmi struktúrák és a tranzakciós költségek intézményi szintű újraírásában rejlik. A technológia áttörő ereje kizárólag egy többlépcsős, közvetített hatásmechanizmuson keresztül érvényesül, amelynek két alappillére a megmásíthatatlanság által teremtett adatintegritás és a „bizalom nélküli bizalom” elméleti paradoxonát feloldó szervezeti bizalom.

Megállapítható, hogy a technológia önmagában mint szoftver kód nem teremt fenntartható versenyelőnyt. A versenyelőny valódi forrása az a dinamikus szervezeti képesség, amellyel a hálózatot alkotó entitások a kriptográfiai konszenzusmechanizmusok (PoW, PoS, PoA) által biztosított biztonságot transzparenciává, a transzparenciát pedig a partnerek és a végfogyasztók felé irányuló, auditálható bizalommal képesek konvertálni. A tranzakciós sűrűlódások (információs aszimmetria, ex-post oportunizmus) csak akkor minimalizálhatók, ha a blokklánc infrastruktúrája létrehozza az „igazság egyetlen forrását”, amely kiváltja a drága közvetítőket, bankokat és harmadik feles hitelesítőket. Ugyanakkor ezen alapozó jellegből fakadóan a technológia adaptációja rendkívül magas koordinációs és ökoszisztéma-építési költségekkel jár, így az egyedülálló, elszigetelt „technológiai szigetekként” történő bevezetése racionálisan indokolatlan és gazdaságilag fenntarthatatlan.

Ezt a makroszintű, a nemzetközi szakirodalomban gyökerező elméleti megállapítást a kutatás következő fázisa a magyar gazdaság technológiai ökoszisztémájának egyedi, nyílt forráskódú hírszerzésre (OSINT) épülő vizsgálatával (H2,C2) helyezte hazai kontextusba. A kutatás innovatív módszertani megoldásként alkalmazott digitális adatfúziós technika – amely tudatosan elvetette a statikus, és a horizontális technológiák jelenlétének mérésére nem megfelelő statisztikai (TEÁOR) osztályozási rendszereket – a digitális lábnyomokra, a szakmai média-diskurzusokra, a médiamegjelenésekre és az éves pénzügyi beszámolók NLP-alapú triangulációjára támaszkodott. Ez az eljárás példátlan részletességgel tárta fel a hazai blokklánc-piac valós térbeli és szektorális diffúzióját. A szigorú szűrési protokoll alapján azonosított 64 validált, blokklánc-tevékenységet folytató entitás elemzése alapján az a következtetés vonható le, hogy a hazai ökoszisztéma jelenleg rendkívül aszimmetrikus, polarizált, és még az intézményesülés kifejezetten korai szakaszában tart a feltárt adatok alapján, így a H2 hipotézis elutasításra került.

A hazai szereplők működésének megértésére megalkotott saját fejlesztésű funkcionális klaszter-modell empirikusan bizonyította, hogy a magyar piacot jelenleg szinte kizárólagosan a "technológiai szolgáltatók" és a "vertikális integrátorok" (IT, Fintech és jogi/compliance szektor) dominálják. Ezzel szemben a "stratégiai alkalmazók" – vagyis azok a reálgazdasági szereplők (agrárium, feldolgozóipar, hagyományos logisztika), akik a blokklánc megoldásokat nem fejleszteni, hanem a saját értékláncukba beépíteni és használni hivatottak – aránya marginális. Ez az eredmény egyértelműen rávilágít arra a makroökonómiai és innovációs anomáliára, hogy Magyarországon a blokklánc technológia diffúziója jelenleg egy klasszikus, kínálat-vezérelt modell szerint zajlik. A mérnöki, fejlesztői kapacitás és a kriptográfiai tudás már koncentrált a piacon, sőt, nemzetközi szinten is versenyképes megoldásokat szállít,

miközben a valós, hazai keresleti oldal – különösen az ellátási láncok hagyományos szegmenseiben – még nem alakult ki. Ez a felismerés kritikus fontosságú a gazdaságpolitikai és innovációs döntéshozók számára, ugyanis empirikusan igazolja, hogy a technológia hazai elterjedését jelen fázisban nem a technikai infrastruktúra, a szoftverfejlesztői tudás vagy az internetes hálózatok hiánya gátolja a leginkább, hanem a célzott keresletösztönző, edukációs mechanizmusok és a szabályozói iránymutatások (pl. állami szintű szabványosítás) drasztikus elmaradása. Amíg a reálgazdasági szereplők nem válnak aktív megrendelővé, a hazai blokklánc-innováció izolált marad, és a technológiát fejlesztő IT-cégek kénytelenek lesznek kizárólag a külpiacon termelni, aminek következtében a magyar nemzetgazdaság eleshet a technológiából fakadó versenyelőnytől.

Az OSINT-alapú vizsgálat megállapításait követően a kutatás a gazdasági kereslet és a vállalati értékteremtés mechanizmusainak mélyebb, empirikus megértésére fókuszált. Ennek keretében az európai nagyvállalati környezetben lefolytatott kvantitatív, részleges legkisebb négyzetek strukturális egyenletmodellezésére (PLS-SEM) épülő vizsgálat négy specifikus hipotézis (H3-H6) tesztelésével tárta fel a technológia és az üzleti teljesítmény közötti okozati összefüggéseket. A modell legerősebb eredménye a harmadik hipotézis (H3) és az ehhez kapcsolódó C3 célkitűzés igazolása volt, amely szerint a blokklánc-technológia a logisztikai hatékonyság dimenziójában képes közvetlen, szignifikáns és pozitív hatást kifejteni. Ez fontos a menedzsmenttudományi kutatásokban, ugyanis rávilágít arra, hogy míg a technológia számos területen csupán alapozó, közvetett szerepet tölt be, addig az ellátási láncok komplex, több résztvevős hálózataiban az operatív beavatkozás azonnali és mérhető. A valós idejű adatmegosztás, a megosztott főkönyv jelenléte és az okosszerződések automatizációja együttesen olyan mértékben csökkentik a tranzakciós súrlódásokat és az információs aszimmetriát, amellyel a hagyományos, centralizált ERP rendszerek a silószerű felépítésük miatt nem képesek versenyezni. A megmásíthatatlan adatokra támaszkodó logisztikai rendszerekben a technológia közvetlenül avatkozik be a fizikai folyamatok digitális leképezésébe, jelentősen redukálva a nyomon követési időt, a készlet-egyensúlytalanságokat és a koordinációs hibák számát.

Ezzel az azonnali, direkt hatásmechanizmussal éles kontrasztban állnak a tranzakciós biztonság (H4, C4) és az ügyfélkapcsolati teljesítmény (CRM) (H5, C5) dimenziói, ahol a PLS-SEM modell egyértelműen a technológia közvetett, mediált szerepét bizonyította be. A tranzakciós biztonság vizsgálata során a kutatás igazolta a H4 hipotézist, megállapítva, hogy a blokklánc önmagában mint technológia nem növeli a tranzakciós biztonságot; hatása kizárólagosan a megnövekedett adatintegritás közvetítő szerepén keresztül érvényesül. Ez az empirikus

eredmény kritikai választ ad a szakirodalomban sokat vitatott „Oracle-probléma” és a „Garbage In, Garbage Out” jelenség menedzsment-szempon্তু dilemmáira. A kutatás rávilágít arra az alapvető összefüggésre, hogy a blokklánc-technológia pusztán egy zárt, kriptográfiailag védett keretrendszert biztosít, amely a már láncra került adatokat teszi manipulálhatatlanná. Amennyiben a fizikai világból érkező bemeneti adatok (például egy IoT szenzor által rögzített hőmérsékleti adat, vagy egy beszállító által manuálisan bevitt származási igazolás) hitelessége és minősége nem garantált a belépési ponton, a technológia csupán megváltoztathatatlanná teszi a hibát vagy a csalást, ami végső soron nem növeli, hanem hamis illúzióba ringatva aláássa a biztonságot. A nagyvállalatok számára ez azt a stratégiai iránymutatást adja, hogy a tranzakciós biztonság fokozása nem tisztán szoftveres implementációs feladat, hanem egy átfogó adatirányítási kérdés, amely elengedhetetlenül megköveteli a technológia és a fizikai adatgyűjtő rendszerek mély integrációját.

Hasonló, mediáción alapuló logikai mintázatot tárt fel a kutatás az ügyfélkapcsolati teljesítmény értékelése során is (H5). A strukturális egyenletmodell statisztikailag bizonyította, hogy a blokklánc-technológia pusztán alkalmazása önmagában nem javítja az ügyfélélményt; a pozitív CRM hatás kizárólag a megnövekedett fogyasztói bizalom közvetítésével realizálódik. Ez az összefüggés rávilágít a végfelhasználói percepció és a technológiai mélystruktúrák közötti kognitív szakadékra: a fogyasztók és az üzleti partnerek számára a konszenzus-mechanizmusok technikai specifikációi (mint a Proof-of-Work, Proof-of-Stake vagy a hash függvények kódolása) láthatatlanok, megfoghatatlanok és irrelevánsak. A technológia ereje a piacon csak akkor képes lojalitást, márkaértéket és ezáltal megnövekedett CRM teljesítményt generálni, ha a menedzsment a kriptográfiai megváltoztathatatlanságot sikeresen transzformálja társadalmilag és üzletileg értelmezhető átláthatósággá. Amikor a vállalat a technológiát a fenntarthatóság, az etikus beszerzés, a körforgásos gazdaság vagy az organikus eredet objektív, manipulálhatatlan igazolására használja fel, akkor jelentősen növeli a márkába vetett hitet.

Ezen túlmenően a kvantitatív vizsgálat egy kritikus szervezeti feltételt is azonosított a technológia gazdasági hasznosulásában. A H6 hipotézis és a C6 célkitűzés igazolásával a kutatás bizonyította a szervezet meglévő digitális érettségének szignifikáns moderátor szerepét. A technológiai kompetencia, vagyis a szervezeti felkészültség, kulcsfontosságú a komplex decentralizált rendszerek befogadásánál. A kapott eredmények alapján magas digitális érettségi szint esetén a blokklánc katalizátorként működik, amely hatványozottan erősíti a logisztikai és működési hatékonyságot. Ezzel szemben alacsony digitális felkészültség (például elavult IT architektúra, hiányzó integrált felhő vagy ERP rendszerek) mellett a blokklánc bevezetése súlyos implementációs sokkot okoz, belső rezisztenciát szül és átmenetileg akár visszavetheti a

termelékenységet. Ez az eredmény alapvetően cáfolja azt a gyakorlatban sokszor tévesen alkalmazott „technológiai ugrás” stratégiát, amely szerint a lemaradó vállalatok a legújabb áttörő innováció megvásárlásával azonnal behozhatják hátrányukat; a kutatás empirikusan rávilágít, hogy a blokklánc adaptációja sokkal inkább a digitális evolúció egy magasabb fokú kicsúcsosodása, semmint a szervezeti digitalizáció kezdőlépése.

Miközben a vizsgált európai nagyvállalati szektorban a megfelelő pénzügyi, humán erőforrások és a kellő digitális érettség már lehetővé teszi ezen szinergiák, a mediált bizalmi struktúrák és a logisztikai hatékonyságnövelő mechanizmusok empirikusan mérhető kiaknázását, a kutatás harmadik, kvalitatív szakasza drámai és éles eltéréseket tárt fel a hazai KKV-szektor vonatkozásában. Ez a mély kontraszt rávilágít a globális értékláncok és a technológiai adaptációs görbék súlyos polarizáltságára. A hazai KKV-szektorban (informatika, mezőgazdaság, feldolgozóipar, logisztika területén) 22 fővel készített mélyinterjúk, valamint a TAM, az UTAUT és a TOE modellek szintézisére épülő tartalom- és gyakoriságelemzés egyértelműen igazolta a hetedik hipotézist (H7, C7). A magyar KKV-szektorban a blokklánc-technológia terjedését és adaptációs szándékát nem elsősorban az anyagi források hiánya és nem is tisztán a technológiai bonyolultság (PEOU - észlelt könnyű használat hiánya) blokkolja a leginkább. A legkritikusabb gátló tényező egy fundamentális kognitív szakadék: nevezetesen a technológiai tudatosság és az észlelt üzleti hasznosság (perceived usefulness - PU) szinte teljes hiánya.

A kutatás során alkalmazott innovatív interjútechnika, az úgynevezett „negatív bizonyítás” módszere (amely egy hipotetikus, 100%-osan, pályázati úton finanszírozott, szakértők által ingyenesen implementált projekt gondolat kísérletét modellezte) egyértelműen megcáfolta a szakirodalomban és a makrogazdasági diskurzusban gyakran hangoztatott feltételezést, miszerint a finanszírozási korlát a digitalizáció legfőbb akadály. A válaszok rámutattak, hogy a hazai KKV-k stratégiai döntéshozói a technológia abszolút „ingyenessége” esetén is elutasítanák annak éles, üzemi bevezetését. Ennek az ellenállásnak az az oka, hogy a blokklánc által ígért értékek – mint a „bizalom nélküli bizalom”, az elosztott konszenzus és a globális ellátási láncra kiterjedő strukturális transzparencia – az ő mindennapi, hazai mikroökonómiai valóságukban jelenleg nem konvertálhatók azonnali, forintban és megtérülésben mérhető üzleti profittá. A vállalatvezetők rendkívül pragmatikus költség-haszon alapon hoznak döntéseket, ahol a hagyományos, centralizált adatbázisokat (pl. SQL) és meglévő ERP rendszereket a jelenlegi folyamataik kiszolgálásához tökéletesen elegendőnek, lényegesen gyorsabbnak, rugalmasabbnak és nagyságrendekkel olcsóbban üzemeltethetőnek ítélik meg.

Ezen túlmenően a KKV-k felismerik a technológia működtetésével járó rejtett üzemeltetési terheket, a betanulásra fordított idő okozta termelés kiesést, és – ami a legfontosabb kognitív gát a hazai vállalkozói kultúrában – a túlzott transzparenciából fakadó kockázatokat. A mélyinterjúk során felszínre került, hogy az adatok megmásíthatatlansága a kkv-szektor jelentős részében nem a biztonságot, hanem a sebezhetőséget jelenti: az üzleti titkok, beszerzési árak, hozamok illetéktelen (akár versenytársi vagy hatósági) rálátásától, valamint a szigorú adatvédelmi szabályozásokkal (például a GDPR „törléshez való jogával”) való jogi konfliktusoktól való félelem jelenleg sokkal erősebb visszatartó erővel bír, mint amekkora vonzerőt az adatintegritás növelése jelentene.

A nyolcadik hipotézis (H8) és az ehhez kapcsolódó nyolcadik célkitűzés (C8) empirikus igazolása az intézményi elmélet és a TOE (Technológia-Szervezet-Környezet) modell környezeti dimenziójának integrált vizsgálatával ment végbe. Minden kétséget kizáróan bizonyította, hogy a hazai KKV-k blokklánc-használati szándékát jelenleg szinte kizárólagosan a külső környezeti nyomás, egészen pontosan a kényszerítő intézményi izomorfizmus határozza meg. A magyar KKV-szektor innovációs stratégiája az Ipar 4.0 és különösen a decentralizált szoftveres megoldások terén mélyen és strukturálisan reaktív. A kvalitatív interjúk során a 22 vállalatvezetőből mindössze a fintech és két specifikus IT szektorba tartozó entitás vallotta, hogy önállóan, a piaci versenyelőny megszerzése céljából, belső motivációból integrálna ilyen technológiát. A hagyományos ágazatokban (mezőgazdaság, feldolgozóipar, logisztika, kereskedelem) a vállalatok pusztán belső elhatározásból, a technológia absztrakt jellege és a vélt hasznosság hiánya miatt nem lépnek az adaptáció útjára.

A kutatás rávilágított arra a nemzetközi értékláncokban kódolt aszimmetriára, hogy az adaptációt a hazai piacon egyedül két felülről érkező, megkerülhetetlen erő képes kikényszeríteni. Az első és legfontosabb a globális ellátási láncok csúcsán elhelyezkedő domináns multinacionális partnerek, nagykereskedelmi láncok, mint például a Walmart vagy az autóipari óriások diktátuma. Amennyiben a megrendelő a minőségbiztosítás, az etikus beszerzés vagy a nyomon követhetőség okán kötelezővé teszi a blokklánc-alapú hálózatba (például egy privát konzorciumi láncba) való csatlakozást, a KKV-k azonnal hajlandóak leküzdeni a kognitív gátakat és finanszírozni a betanulási költségeket a pusztán gazdasági túlélés, érdekében. A második meghatározó kényszerítő erő a szigorú hatósági és jogszabályi megfelelési kényszer. Az Európai Unió digitális és fenntarthatósági törekvései (például a Digital Product Passport bevezetése, az ESG direktívák, vagy a hazai NÉBIH és NAV előírások) olyan normatív környezetet teremtenek, ahol a termékek életútjának manipulálhatatlan, kriptográfiai igazolása rövidesen elvárássá válhat. Az UTAUT modell dimenzióival összevetve

a kutatás megállapítja, hogy míg a teljesítményelvárás (PE), az erőfeszítés-elvárás (EE) és a támogató feltételek (FC) drasztikusan az adaptáció ellen hatnak, az egyetlen valós hajtóerőt a társadalmi befolyás (SI), vagyis a hálózati partnerek nyomása jelenti.

A kutatás megvizsgálta a versenytársak általi utánzó nyomás jelenlétét is, megállapítva, hogy az egyelőre csupán közepes, látens formában van jelen a piacon. Mivel a legtöbb hagyományos iparágban jelenleg nem létezik olyan egyértelmű, hazai „sikersztori”, ahol egy versenytárs a blokklánc implementációjával szignifikáns piacrészt hódított volna el, a KKV-k nem érzik a lemaradástól való félelmet. Ez az empirikus tény ismételten alátámasztja az OSINT-elemzés korábbi következtetését: amíg a hazai piac kínálat-vezérelt marad, és a keresleti oldalon nem jelennek meg a stratégiai éllovasok, a széleskörű használat megreked a korai fázisban.

A bevezetésben megfogalmazott kérdéseim tudományos igényű, forrásokra támaszkodó megválaszolása a következőképpen foglalható össze:

1. Van-e gyakorlati értelme? Valóban teremt-e üzleti értéket a blokklánc, vagy az egész csak egy túlhúzott technológiai divathullám?

A blokklánc technológia túlmutat az egyszerű technológiai divathullámon, azonban a vállalati gyakorlatban nem lineáris költségcsökkentő szoftverként, hanem komplex szocio-technikai „alapozó technológiaként” viselkedik. Önmagában, pusztán informatikai kódként nem teremt azonnali versenyelőnyt vagy diszruptív költségcsökkenést. Valódi üzleti értéke abban rejlik, hogy az adatintegritás és a kriptográfiai megmásíthatatlanság révén újradefiniálja a szervezetek közötti bizalmi struktúrákat, ezáltal drasztikusan képes csökkenteni az információs aszimmetriát és az ex-post opportunizmusból (pl. csalások, utólagos viták) fakadó tranzakciós költségeket. A korai felkapottság azért volt megtévesztő, mert azonnali megtérülést vizionált, holott az „alapozó” jelleg miatt a valódi gazdasági érték csak az ökoszisztéma-szintű intézményi és bizalmi struktúrák átalakulásával, közvetített módon realizálódik.

2. Hogyan térül meg? Ha van haszna, az pontosan miként jelentkezik a nagyvállalatoknál (pl. a logisztikában vagy az ügyfélkapcsolatokban), és mi oldja fel a költségek és hasznok paradoxonát?

A nagyvállalati környezetben a megtérülés hatásmechanizmusa kettéválik. A logisztikában és az ellátási lánc menedzsmentben a hatás közvetlen és azonnali: a valós idejű adatmegosztás és a közös főkönyv mérhetően csökkenti a koordinációs súrlódásokat, minimalizálja a nyomon követési és visszahívási időt. Ezzel szemben az ügyfélkapcsolatok (CRM) és a tranzakciós biztonság terén a hatás kizárólag közvetett (teljes mediáció): a technológia pusztá megléte irreleváns a végfelhasználó számára, így a CRM teljesítmény csak akkor javul, ha a

menedzsment az adat-transzparenciát sikeresen fogyasztói bizalommal transzformálja. A termelékenységi (költség-haszon) paradoxon feloldásának kulcsa egyrészt annak felismerése, hogy az értékteremtést az adatintegritás és a bizalom közvetíti, másrészt az, hogy a szervezet meglévő digitális érettsége szignifikáns moderátorként működik. A magas digitális felkészültség katalizátorként ugrásszerűen felerősíti a technológia hasznosulását, míg a fejletlen infrastruktúrára ráerőltetett blokklánc implementációs sokkot és növekvő költségeket eredményez.

3. Mi a baj a hazai KKV-kkal? Miért utasítják el a magyar kkv-k a blokklánc bevezetését, mik a valós akadályok, és mi venné rá őket a használatára?

A hazai KKV-szektorban az adaptáció elsődleges gátja nem a forráshiány vagy a technológiai komplexitás, hanem egy fundamentális kognitív szakadék: a vélt üzleti hasznosság (PU) és a technológiai tudatosság szinte teljes hiánya. A döntéshozók extrém pragmatikus költség-haszon alapon működnek, és az absztrakt „bizalomteremtést” nem tudják azonnali profitra konvertálni. A kutatás igazolta, hogy a technológia 100%-os ingyenessége esetén is elutasítanák a használatát a rejtett üzemeltetési terhek, a betanulással járó időkiesés, valamint a túlzott transzparenciától és a szigorú adatvédelmi jogszabályoktól (pl. GDPR) való irracionális félelem miatt. A magyar KKV-k belső innovációs affinitásból nem fognak lépni; az integrációt szinte kizárólag a külső kényszerítő intézményi izomorfizmus válthatja ki. Kizárólag a globális ellátási láncok csúcsán lévő multinacionális partnerek diktátuma vagy a szigorodó állami/uniós megfelelési kényszer (pl. digitális termékútlevél) fogja rábírní őket a használatra, pusztán a gazdasági túlélés és a piacon maradás érdekében.

28. táblázat: Célok, hipotézisek és eredmények kapcsolata

Célkitűzés	Hipotézis	Igazolás módszere	Eredmény	Új és újszerű eredmény	Fejezet
C1: A BCT vállalati értékteremtési mechanizmusainak rendszerezése és egy vállalat-elméleti lehatárolás megalkotása szisztematikus szakirodalom-elemzés (PRISMA) alapján.	H1: A blokklánc-technológia vállalati szinten nem diszruptív költségcsökkentő eszközként, hanem alapozó technológiaként viselkedik, amelynek gazdasági előnyei csak az adatintegritás és a szervezeti bizalom megléte esetén realizálódnak.	PRISMA szekunder elemzés	Elfogadva	1.	4.1
C2: A hazai blokklánc-ökoszisztéma térbeli szerkezetének és szektorális megoszlásának feltárása, valamint a szereplők tevékenységét tipizáló funkcionális klaszter-modell megalkotása a teljesség igénye nélkül.	H2: A hazai blokklánc-piacon a mezőgazdasági, logisztikai és kiskereskedelmi szereplők blokklánc-alkalmazása azonos mértékben van jelen, mint az informatikai, pénzügyi cégeké és kutatóintézeteké.	OSINT és Klaszteranalízis	Elutasítva	2.	4.2.
C3: A technológia logisztikai folyamatokra gyakorolt hatásának mérése nagyvállalati környezetben.	H3: A blokklánc-technológia alkalmazása közvetlen és szignifikáns pozitív hatást gyakorol a nagyvállalatok logisztikai hatékonyságára.	Kvantitatív elemzés, PLS-SEM	Elfogadva	3.	4.3.3.
C4: A tranzakciós biztonság és a technológia kapcsolatának feltárása.	H4: A blokklánc-technológia tranzakciós biztonságra gyakorolt hatása nem közvetlen, hanem kizárólag a megnövekedett adatintegritáson keresztül érvényesül.	Kvantitatív elemzés, PLS-SEM	Elfogadva	3.	4.3.3.
C5: Az ügyfélkapcsolatok és a technológia közötti összefüggések vizsgálata.	H5: A technológiai adaptáció és az ügyfélkapcsolati teljesítmény között nincs közvetlen kapcsolat; a pozitív hatást teljes mértékben a megnövekedett fogyasztói bizalom közvetíti.	Kvantitatív elemzés, PLS-SEM	Elfogadva	3.	4.3.3.
C6: A vállalati digitalizáltság moderátor szerepének vizsgálata a technológia hasznosulásában.	H6: A szervezet meglévő digitális érettsége szignifikáns moderátor hatással bír: magasabb érettségi szint esetén a technológia logisztikai hatékonyságra gyakorolt pozitív ereje felerősödik.	Kvantitatív elemzés, PLS-SEM	Elfogadva	4.	4.3.3.
C7: A technológiai adaptációt gátló legfőbb akadályok azonosítása a hazai KKV szektorban, különös tekintettel a technológiai felkészültség (TRI) és a vélt hasznosság (PU) szerepére.	H7: A hazai KKV szektorban a blokklánc-adaptáció elsődleges gátja nem a technológiai komplexitás vagy a költség, hanem a technológiai tudatosság hiánya és a vélt üzleti hasznosság alacsony szintje.	Kvalitatív mélyinterjú és tartalomelemzés	Elfogadva	5.	4.4.2.
C8: Az adaptációs szándék külső és belső mozgatórugóinak elkülönítése.	H8: A KKV-k blokklánc-használati szándékát erősebben befolyásolja a külső környezeti nyomás (versenytársak, partnerek elvárása), mint a belső szervezeti innovációs hajlandóság.	Kvalitatív mélyinterjú és tartalomelemzés	Elfogadva	6.	4.4.3.

Forrás: saját szerkesztés

Az értekezésem kutatási eredményei (28. táblázat), a feltárt elméleti és empirikus összefüggések, valamint az azonosított adaptációs gátak alapján a hazai blokklánc-ökoszisztéma versenyképességének javítása érdekében az alábbi, különböző döntéshozói szintekre bontott javaslatokat fogalmazom meg:

1. Kormányzati, szakpolitikai és intézményi szintű javaslatok

- **Pályázati finanszírozás:** A kvalitatív kutatásom során alkalmazott „negatív bizonyítás” módszere rávilágított, hogy a hazai KKV-k esetében a finanszírozási források pusztá biztosítása önmagában elégtelen az adaptációhoz, mivel a kognitív gátak és a vélt hasznosság hiánya erősebb visszatartó erővel bír. Javaslom, hogy a jövőbeli Ipar 4.0-s és digitalizációs pályázatok ne kizárólag a szoftver- és hardverbeszerzést finanszírozzák, hanem kötelező elemként tartalmazzanak intenzív edukációs, stratégiai tanácsadási és üzleti folyamat-újratervezési komponenseket is. A technológia megértését célzó „tudatosság” programok indítása kritikus fontosságú.
- **Jogi keretrendszer tisztázása:** A KKV-k egyértelmű félelmeket fogalmaztak meg a blokklánc adatintegritásából fakadó megmásíthatatlanság és a szigorú adatvédelmi előírások (GDPR 17. cikkely, törléshez való jog) közötti konfliktus miatt. Javaslom az érintett hatóságok (pl. NAIH, NÉBIH) számára olyan egyértelmű állásfoglalások, iránymutatások kidolgozását, amelyek tisztázzák, hogyan lehet az elosztott főkönyveket a hatályos európai adatvédelmi és üzleti titokvédelmi normáknak megfelelően, biztonságosan üzemeltetni.

2. Javaslatok a technológiai szolgáltatók és szoftverfejlesztők számára

- **BaaS - Blockchain-as-a-Service megoldások fejlesztése:** A KKV-k számára a technológiai komplexitás, a betanulásra fordított idő és a működtetéssel járó erőfeszítés-elvárás (EE) jelenleg túlzottan magas. A szolgáltatóknak javaslom, hogy a technikai kriptográfiai részletek (hash függvények, konszenzus protokollok) kommunikálása helyett térjenek át a letisztult, üzleti problémákat megoldó, meglévő ERP-rendszerekbe (pl. SAP, saját felhő) könnyen integrálható megoldások értékesítésére.
- **A megtérülés demonstrálása:** Az IT-szállítóknak meg kell érteniük a hagyományos hazai vállalatok kognitív szakadékát. Javaslom, hogy a marketingkommunikációjuk fókuszában a technológia által generált konkrét, forintban mérhető adminisztrációs megtakarítások álljanak. Olyan esettanulmányokra és "proof-of-concept" demókra van

szükség, amelyek megmutatják, hogyan váltja ki például az okosszerződés a manuális számlaegegyeztetéseket és a többnapos nyomon követési folyamatokat.

3. Javaslatok a nagyvállalatok és a globális ellátási láncok integrátorai számára

- **Az adatbeviteli pontok biztonságának garantálása:** A kvantitatív kutatásom egyértelműen bizonyította a H4 hipotézist, mely szerint a blokklánc önmagában nem, csak a garantált adatintegritás közvetítésével növeli a tranzakciós biztonságot. Javaslom a decentralizált rendszereket implementáló nagyvállalatok számára, hogy a blokklánc beruházásokat szigorúan kössék össze Ipar 4.0-s adatgyűjtő eszközökkel (pl. automatizált IoT szenzorok), minimalizálva az emberi manuális adatbevitelből fakadó hibákat és csalásokat. Ezáltal csökkenhet az Oracle-probléma és a GIGO elv.
- **Kényszerítő izomorfizmus helyett beszállítói mentorálás:** A kutatásom igazolta, hogy a hazai KKV-k adaptációját szinte kizárólag a nagy megrendelők diktátuma és kényszerítő hatása motiválja. Javaslom a domináns értéklánc-integrátoroknak, hogy ne csupán adminisztratív teherként és kötelező megfelelésként kényszerítsék rá a beszállítóikra a csatlakozást. A sikeres és stabil ellátási lánc érdekében a nagyvállalatoknak proaktív mentorálással, közös interfészek kialakításával és a betanulási költségek megosztásával érdemes támogatniuk a kkv-partnerek integrációját.

4. Javaslatok a hazai KKV-szektor stratégiai döntéshozói számára

- **Proaktív stratégiai szemléletváltás:** Eredményeim alapján a hazai KKV-k a digitális technológiák és különösen az elosztott főkönyvek területén mélyen követő magatartást tanúsítanak. Javaslom a cégvezetőknek, hogy ismerjék fel: a globális ellátási láncokban a fenntarthatóság és a nyomon követhetőség (pl. szén-dioxid lábnyom, etikus beszerzés) kriptográfiai igazolása rövidesen a pusztán túlélés feltétele lesz. Az intézményi és szabályozói megfelelés (ESG, NÉBIH) elébe menve a vállalatoknak el kell kezdeniük felkészíteni belső folyamataikat a strukturált adatszolgáltatásra.
- **A digitális érettség alapjainak megteremtése:** Mivel a H6 hipotézis vizsgálata során bebizonyosodott, hogy az alacsony digitális érettség implementációs sokkot okoz és gátolja a technológia előnyeinek realizálódását, javaslom a KKV-k számára, hogy a blokklánc alapú hálózatokba való bekapcsolódás előtt végezzék el a belső informatikai rendszereik (ha van) konszolidációját. A blokklánc a digitalizáció egy magasabb szintjét

képviseli, nem pedig a kezdőlépése, így a megfelelő alapadatbázisok és a belső adatirányítási szabályok lefektetése megkerülhetetlen nulladik lépés.

6. AZ ÉRTEKEZÉS FONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSAI, ÚJ ÉS ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI

A doktori értekezésem alapvető célja a blokklánc technológia vállalati értékteremtő képességének, hatásmechanizmusainak, valamint a hazai gazdasági ökoszisztémában (különös tekintettel a KKV-szektorra) tapasztalható adaptációs gátaknak a komplex, többdimenziós feltárása volt. A kutatás során tudatosan törekedtem arra, hogy túlmutassak a technológiai determinizmuson, és a menedzsmenttudományok, valamint a technológia-elfogadási modellek integrálásával egyedülálló vizsgálati keretrendszert alkossak meg. A primer és szekunder kutatási fázisok (PRISMA, OSINT, PLS-SEM, kvalitatív mélyinterjúk) szintézise alapján az alábbi új és újszerű tudományos eredményeket fogalmaztam meg:

(1) Újszerű tudományos eredmény a blokklánc technológia vállalati értékteremtő mechanizmusának újraértelmezése a PRISMA protokoll alapján, megcáfolva a korai technológiai determinizmust.

Indokolás: A nemzetközi szakirodalomban korábban uralkodó, a technológiát lineáris költségcsökkentő szoftverként leíró megközelítésekkel szemben, 232 folyóiratcikk szisztematikus szintézisével (C1, H1) elméleti síkon igazoltam, hogy a blokklánc vállalati kontextusban „alapozó technológiaként” viselkedik. Újszerű eredmény, hogy az Erőforrás-alapú Vállalatelmélet (RBV) és a Tranzakciós Költség Elmélet (TCE) integrálásával megerősítettem: a Blokklánc Technológia önmagában nem teremt versenyelőnyt. Diszruptív gazdasági hatása és a termelékenység paradoxon feloldása kizárólag közvetített módon, a megmásíthatatlanság és a szervezeti bizalom transzformációján keresztül jön létre.

(2) Új tudományos és módszertani eredmény az OSINT-alapú adatfúziós technika alkalmazása és a hazai blokklánc-ökoszisztéma saját fejlesztésű funkcionális klaszter-modelljének megalkotása.

Indokolás: Tekintettel arra, hogy a hazai statisztikai osztályozási rendszerek (TEÁOR) nem megfelelőek a horizontális, rejtett technológiai infrastruktúrák azonosítására, a hazai és nemzetközi menedzsment-kutatásokban egyedülálló módon nyílt forráskódú digitális lábnyomelemzést (OSINT) módszertant alkalmaztam (C2, H2). Új eredmény, hogy ezen adatfúzió segítségével feltártam a magyar piac valós, 64 entitásból álló szerkezetét a teljesség igénye nélkül. A létrehozott funkcionális klaszter-modell empirikusan bizonyította a hazai

ökoszisztéma aszimmetriáját: a piac kínálat-vezérelt, ahol a fejlesztők dominálnak, miközben a gazdasági stratégiai alkalmazók jelenléte marginális.

(3) Új tudományos eredmény a blokklánc technológia közvetlen és közvetített hatásmechanizmusainak empirikus elkülönítése nagyvállalati környezetben, PLS-SEM modell alkalmazásával.

Indokolás: A kvantitatív vizsgálat során strukturális egyenletmodellezéssel (N=54 európai nagyvállalat) bizonyítottam, hogy a technológia eltérő hatásmechanizmusokon keresztül befolyásolja a szervezeti teljesítményt. Új eredményként azonosítottam (H3, C3), hogy a blokklánc egyedül a logisztikai hatékonyság terén képes közvetlen, azonnali pozitív hatást kifejteni. Ezzel szemben bizonyítottam a tranzakciós biztonság (H4) és a CRM teljesítmény (H5) esetében a teljes mediáció fennállását. Empirikusan igazoltam az Oracle-probléma és a GIGO (Garbage In, Garbage Out) elv menedzsment-szemponitú kritikáját: a technológia pusztán megléte nem növeli a biztonságot és az ügyfélélményt, ezen kimenetek kizárólag az adatintegritás és a fogyasztói bizalom, mint elengedhetetlen közvetítő változók jelenlétében realizálódnak.

(4) Újszerű tudományos eredmény a szervezet digitális érettségének szignifikáns moderátor hatásának empirikus bizonyítása a blokklánc-adaptáció sikerességében.

Indokolás: A nemzetközi technológia-elfogadási kutatások (TOE) eredményeit továbbgondolva és specifikusan a decentralizált rendszerekre tesztelve igazoltam (H6, C6), hogy a vállalat meglévő technológiai felkészültsége felerősíti a blokklánc technológia logisztikai hasznosulását. Újszerűsége abban rejlik, hogy empirikusan cáfolja a vállalati gyakorlatban sokszor tévesen alkalmazott, azonnali „technológiai ugrás” stratégiáját. Bizonyítást nyert, hogy a blokklánc integrációja alacsony digitális érettség mellett belső rezisztenciát és implementációs sokkot okoz, ami rávilágít, hogy a BCT a vállalati digitalizáció magasabb szintje, és nem a kezdőlépése.

(5) Új tudományos és módszertani eredmény a "negatív bizonyítás" gondolkísérletének alkalmazása, amellyel feltártam, hogy a hazai KKV-szektor adaptációs gátja fundamentálisan kognitív, és nem pénzügyi eredetű.

Indokolás: A hazai szakirodalom a KKV-k digitalizációs lemaradását leggyakrabban a forráshiánnyal és a magas beruházási költségekkel magyarázza. Kvalitatív mélyinterjúk kutatásom (N=22) során egy innovatív szituációs modell – a 100%-osan finanszírozott, ingyenes implementáció feltételezése – alkalmazásával megcáfoltam ezt a paradigmát (H7, C7). Új eredményként igazoltam, hogy a magyar KKV-döntéshozók a technológia abszolút ingyenessége esetén is elutasítják a bevezetést. A valódi gátlást az absztrakt technológiai tudatosság hiánya, az azonnali, monetizálható vélt hasznosság (PU) elmaradása, valamint a megmásíthatatlan transzparenciából (és a GDPR megfelelésekből) fakadó irracionális félelem, a rejtőzködő üzleti kultúra jelenti.

(6) Új tudományos eredmény az Intézményi Elmélet és a TOE modell környezeti dimenziójának hazai KKV-szektorra történő kiterjesztése, igazolva a kényszerítő izomorfizmus kizárólagos motivációs szerepét.

Indokolás: A technológia-elfogadási modellek (TAM, UTAUT) és az intézményi elmélet szintézisével hazai mintán bizonyítottam (H8, C8), hogy a kis- és középvállalkozások blokklánc-használati szándékát szinte teljes mértékben a külső környezeti nyomás, egészen pontosan a *kényszerítő intézményi izomorfizmus* határozza meg. Az eredmény újszerűsége a hazai specifikumok rögzítésében rejlik: a magyar KKV-szektor szoftveres innovációs stratégiája mélyen követő. A technológia bevezetését nem belső fejlődési vágy vagy a versenytársak megelőzése motiválja, hanem kizárólag a globális ellátási láncok domináns multinacionális partnereinek diktátuma, illetve a szigorodó uniós és hazai jogszabályi (pl. ESG, NÉBIH) megfelelési kényszer. A technológia adaptációja a hazai KKV-k számára nem a piacnyerés, hanem a globális értékláncokban való pusztán „kosárban maradás” és túlélés kötelező eszköze.

ÖSSZEFOGLALÁS

A huszonegyedik század világgazdaságát meghatározó digitális transzformáció egyik leginkább innovatív technológiai pillére a blokklánc, amely napjainkra a kriptovaluták árnyékából kilépve a vállalati versenyképesség potenciális kulcstényezőjévé vált. A technológia alapvető ígérete a globális gazdasági rendszerek működését terhelő bizalomhiány és az ebből fakadó tranzakciós súrlódás minimalizálása egy decentralizált, megmásíthatatlan és transzparens adatbázis révén. Ugyanakkor a vállalati adaptáció során egyértelműen azonosítható egy digitális termelékenységi paradoxon, mivel a fejlesztésekbe fektetett hatalmas összegek megtérülése és a hálózati hatékonyságnövekedés sokszor csak jelentős késéssel, vagy egyáltalán nem jelentkezik. A tudományos munka ezen ellentmondás feloldását tűzte ki célul, átfogó és kevert módszertanra épülő képet adva a technológia valós vállalati hatásairól, az értékteremtés mechanizmusairól és a bevezetést gátló tényezőkről.

A nemzetközi szakirodalom szisztematikus áttekintése alapján megállapítható, hogy a blokklánc technológia nem egy egyszerű, lineáris költségsökkentő informatikai eszköz, hanem sokkal inkább egy mélyreható alapozó technológia. Jelentős gazdasági hatása nem pusztán az azonnali implementációból fakad, hanem a szervezetek közötti bizalmi struktúrák és a tranzakciós költségek intézményi szintű újraírásában rejlik. A kutatás rávilágít, hogy a technológia önmagában nem teremt fenntartható versenyelőnyt, gazdasági előnyei kizárólag a megmásíthatatlanság által teremtett adatintegritás és a rendszerszintű szervezeti bizalom transzformációján keresztül, közvetített módon érvényesülnek. A vállalatok azért nem tapasztalnak azonnali megtérülést, mert a valódi értékteremtés feltétele a teljes ökoszisztéma intézményi struktúráinak kiépülése.

A hazai technológiai ökoszisztéma feltérképezése nyílt forráskódú digitális lábnyomelemzéssel és NLP eljárásokkal történt, amely egyértelműen bizonyította a magyar piac blokklánc alkalmazásának jelenlétét. A hazai környezetet dominánsan a technológiai szolgáltatók és a pénzügyi technológiai fejlesztők uralják, miközben a gazdasági stratégiai alkalmazók jelenléte elenyésző. Ez a markánsan kínálatvezérelt piac azt jelzi, hogy a fejlesztői kapacitás már nemzetközi szinten is versenyképes hazánkban, de a hagyományos értékláncokban a valós kereslet még nem alakult ki a célzott ösztönzők és a szabályozói iránymutatások hiánya miatt.

Az európai nagyvállalati környezetben lefolytatott kvantitatív strukturális egyenletmodellezés differenciált képet mutatott a technológia vállalati hatásmechanizmusairól. A vizsgálat alátámasztotta, hogy a blokklánc a logisztikai hatékonyság terén képes azonnali, közvetlen és

pozitív hatást kifejteni, mivel a valós idejű adatmegosztás és a közös főkönyv jelenléte radikálisan csökkentheti az információs aszimmetriát a szállítási folyamatokban. Ezzel éles ellentétben a tranzakciós biztonság és az ügyfélkapcsolati teljesítmény esetében a technológia hatása kizárólag közvetett módon tud érvényesülni. A decentralizált rendszer pusztán megléte nem növeli a tranzakciók biztonságát, amennyiben a fizikai világból érkező bemeneti adatok minősége nem garantált a belépési ponton, így a technológia csupán a már rendszerbe került hibákat tenné megváltoztathatatlaná. Hasonlóképpen, az ügyfélélmény is csak abban az esetben javul, ha a vállalatvezetés a bonyolult kriptográfiai hátteret sikeresen alakítja át a fogyasztók számára is értelmezhető és átlátható bizalommal. Továbbá bebizonyosodott, hogy a nagyvállalatok meglévő digitális érettsége katalizátorként működik, amely hatványozottan felerősíti a technológia logisztikai hasznosulását, míg a technológiai felkészültség hiánya súlyos implementációs sokkot és belső szervezeti ellenállást eredményezhet.

A nagyvállalati szektor innovációs képességével éles kontrasztban, a hazai kis- és középvállalkozások adaptációs hajlandóságát feltáró kvalitatív kutatás egy fundamentális kognitív szakadékot azonosított. A vizsgálat egy sajátos gondolat kísérlet bevonásával megcáfolta azt a széles körben hangoztatott nézetet, miszerint a hazai digitalizációs lemaradás elsődleges oka kizárólag a forráshiány vagy a magas beruházási költség lenne. A vállalati döntéshozók a technológia teljes ingyenessége és a garantált szakértői támogatás esetén is elutasítanák az éles üzemi bevezetést, mivel a blokklánc által kínált elosztott konszenzus és globális transzparencia a mindennapi mikroökonómiai valóságukban jelenleg nem konvertálható azonnali, pénzben mérhető üzleti profittá. A hazai vállalkozói kultúrában az adatok teljes körű megosztása és megmásíthatatlansága gyakran nem az üzleti biztonságot, hanem a fokozott sebezhetőséget, a beszerzési árak illetéktelen felfedésének kockázatát, valamint a szigorú adatvédelmi szabályozásokkal való ütközés félelmét jelenti a cégvezetők számára.

A kis- és középvállalkozások innovációs stratégiája a decentralizált szoftveres megoldások terén strukturálisan reaktív és követő magatartást mutat. A technológia jövőbeli bevezetését a hazai piacon szinte teljes egészében a külső környezeti kényszer, elsősorban a globális ellátási láncok csúcsán elhelyezkedő domináns multinacionális partnerek diktátuma, illetve a szigorodó uniós és hazai jogszabályi megfelelési elvárások motiválják. A hálózati partnerek nyomása nélkül a belső fejlődési vágy vagy a versenytársak megelőzése nem elégséges hajtóerő. Az adaptáció tehát ezen vállalatok számára nem a proaktív piacnyerés eszköze, hanem a globális értékláncokban való megmaradás és a pusztán gazdasági túlélés kötelező feltétele.

A tudományos munka bizonyítja, hogy a blokklánc technológia sikeres vállalati integrációja messze túlmutat az egyszerű szoftveres beszerzéseken és az informatikai infrastruktúra frissítésén. A technológia valódi gazdasági értéke a hagyományos folyamatok és a partneri kapcsolatok stratégiai szintű újratervezésében, az adatirányítási szabályok megszilárdításában, valamint a fizikai világ megbízható adatgyűjtő rendszereivel való szoros integrációban rejlik. A hazai gazdasági ökoszisztéma versenyképességének növelése érdekében a jövőben elengedhetetlen a szabályozói környezet pontosítása, a technológiai szolgáltatók részéről a felhasználóbarát, üzleti problémákra fókuszáló megoldások fejlesztése, valamint a nagyvállalati integrátorok proaktív, mentoráló szerepvállalása a teljes beszállítói hálózat digitális edukációjában.

SUMMARY

The blockchain is one of the most innovative technological underpinnings of the digital transformation shaping the global economy of the twenty-first century. By now, it has come out of the shadow of its best-known applications related to cryptocurrencies and has become a potential key driver of the competitiveness of enterprises. The fundamental promise of this technology consists of the minimization of the lack of trust and the related frictions that burden global economic systems. However, its adoption by enterprises clearly shows a digital productivity paradox, as the returns on the huge investments that have been made to develop this technology, as well as the expected returns on the related increases in network efficiencies, materialize with considerable delay or not at all. The purpose of this scholarly work has been to resolve this contradiction by providing a complete picture, based on a mixed-methods approach, of the real impacts of this technology on enterprises, its mechanisms of value creation, and the related obstacles to its implementation.

On the basis of the systematic review of the international literature, it may be concluded that blockchain technology is not a simple and linear cost-reducing IT technology but rather a foundational one. The substantial economic impact of the technology is not the result of the linear application of the technology, but rather the substantial restructuring of the interorganizational trust structures at the institutional level. As the research has shown, the technology as such does not guarantee any sustainable competitive advantage, but rather the economic benefits of the technology may be realized only indirectly, via the transformation of the data integrity ensured by the immutability and the organizational trust at the system level. Enterprises do not realize the benefits of the technology directly, since the substantial value is created only with the establishment of the institutional structures of the entire ecosystem.

On the basis of the OSINT analysis and the application of the relevant procedures of the text mining type, the mapping of the domestic technological ecosystem clearly confirmed the presence of the blockchain technology application on the Hungarian market. As the domestic market is dominated by the presence of the technology service providers and the fintech developers, while the presence of the strategic business sector of the adopters is negligible, it may be clearly stated that the market is supply-driven, which clearly indicates that the level of the development capacity is already at the level of the international competitiveness, while the real demand is not present at the level of the traditional value chains due to the lack of substantial incentives.

Quantitative research (PLS) in the European large enterprise environment showed a differentiated picture of the mechanisms of the technology's corporate impact. The analysis verified that the blockchain technology is capable of producing an immediate, direct, and positive impact on logistical efficiency, as the sharing of real-time data and the existence of a shared ledger dramatically reduce the level of asymmetry in the transportation process. However, in the cases of transaction security and the performance of customer relationships, the impact of blockchain technology can only be achieved indirectly. The mere existence of the decentralized ledger is not capable of enhancing transaction security in the absence of the guarantee of the quality of the input data originating in the physical world, as in such cases, the blockchain technology is only capable of making existing errors immutable. The performance of customer relationships is enhanced only in cases where the complex background of the blockchain is translated into trust that is understandable and transparent for the consumer. The existing digital maturity of large enterprises was shown to act as a catalyst in the amplification of the benefits of the blockchain in the logistical process, whereas the absence of technological preparedness may cause organizational shock.

In contrast to the high level of innovation potential in the large enterprise sector, qualitative research on the willingness of Hungarian small and medium-sized enterprises to adopt innovation, carried out by introducing a particular thought experiment, negated the assumption that the main reason for the Hungarian digitalization gap lies in the lack of financial resources and the high costs of investment. Even in the case of complete technological costlessness and expert support, corporate decision-makers would still refuse the live operation of the technology, as the shared consensus and global transparency, enabled by blockchain technology, cannot be translated into immediate and measurable business profits in their microeconomic environment. In the microeconomic environment of Hungarian entrepreneurial culture, the sharing of data is often seen not as business security but as increased vulnerability in terms of the unauthorized disclosure of procurement prices and potential conflict situations concerning strict data protection regulations.

The innovation strategy of SMEs in the field of decentralized software solutions shows a structurally reactive and follower-type behavior pattern. The motivation for the future introduction of the technology in the domestic market is almost exclusively based on external pressure, mainly from the demands of dominant multinational partners who, as leaders in the global supply chains, are positioned at the highest level, as well as from the increasingly strict EU and domestic compliance demands. In the absence of pressure from the partners in the

network, the internal need for development and the desire to beat the competition would not represent a sufficiently strong motivational factor for the SMEs. Adaptation in this case would not represent a means for proactive business growth, but rather a condition for survival in the global value chains.

The research proves that the successful corporate integration of blockchain technology is not limited to the mere acquisition of software products and the upgrading of information technology infrastructure. The real added value of the technology for the business lies in the strategic development of traditional processes and business relationships, in the development of rules for the management of information, as well as in the integration with a reliable information collection infrastructure in the physical world. In order to improve the competitiveness of the domestic economic system, it would be necessary in the future to improve the regulatory framework, to promote technology providers in the development of user-friendly solutions with a focus on concrete business problems, as well as to promote the proactive and mentoring role of large enterprise integrators in the process of digital education of the entire supplier network.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Abbas, Z., & Myeong, S. (2024). A Comprehensive Study of Blockchain Technology and Its Role in Promoting Sustainability and Circularity across Large-Scale Industry. *Sustainability*, 16(10), 4232. <https://doi.org/10.3390/su16104232>
2. Abughazaleh, M., & Abdelrahim, Z. (2021). BlockChain (BC) Upending Customer Experience: Promoting a New Customer Relationship Management (CRM) Structure Using Blockchain Technology (BCT). *Journal of Management and Sustainability*, 11, 203. <https://doi.org/10.5539/jms.v11n1p203>
3. Agrawal, T. K., Angelis, J., Khilji, W. A., Kalaiarasan, R., & Wiktorsson, M. (2023). Demonstration of a blockchain-based framework using smart contracts for supply chain collaboration. *International Journal of Production Research*, 61(4), 1279–1296. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2039413>
4. Agrawal, T. K., Kalaiarasan, R., Olhager, J., & Wiktorsson, M. (2024). Supply chain visibility: A Delphi study on managerial perspectives and priorities. *International Journal of Production Research*, 62(12), 4381–4400. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2098873>
5. Aguinis, H., Beaty, J. C., Boik, R. J., & Pierce, C. A. (2005). Effect size and power in assessing moderating effects of categorical variables using multiple regression: A 30-year review. *Journal of Applied Psychology*, 90(1), 94-107. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.90.1.94>
6. Ahmed, W. A. H., & MacCarthy, B. L. (2022). Blockchain in the supply chain – A comprehensive framework for theory-driven research. *Digital Business*, 2(2), 100043. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100043>
7. Akella, G. K., Wibowo, S., Grandhi, S., & Mubarak, S. (2023). A Systematic Review of Blockchain Technology Adoption Barriers and Enablers for Smart and Sustainable Agriculture. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(1), 86. <https://doi.org/10.3390/bdcc7020086>
8. Akter, M., Kummer, T.-F., & Yigitbasioglu, O. (2024). Looking beyond the hype: The challenges of blockchain adoption in accounting. *International Journal of Accounting Information Systems*, 53, 100681. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2024.100681>
9. Al Amin, M., Nabil, D. H., Baldacci, R., & Rahman, M. H. (2023). Exploring Blockchain Implementation Challenges for Sustainable Supply Chains: An Integrated Fuzzy TOPSIS-ISM Approach. *Sustainability*, 15(18), 13891. <https://doi.org/10.3390/su151813891>
10. Al-Ashmori, A., Bin Basri, S., Dominic, P. D. D., Capretz, L. F., Muneer, A., Balogun, A. O., Gilal, A. R., & Ali, R. F. (2022). Classifications of Sustainable Factors in Blockchain Adoption: A Literature Review and Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 14(9), 5176. <https://doi.org/10.3390/su14095176>
11. Al-Ashmori, A., Thangarasu, G., Dominic, P. D. D., & Al-Mekhlafi, A.-B. A. (2023). A Readiness Model and Factors Influencing Blockchain Adoption in Malaysia's Software Sector: A Survey Study. *Sustainability*, 15(16), 12139. <https://doi.org/10.3390/su151612139>

12. Alfalah, G., Al-Sakkaf, A., Mohammed Abdelkader, E., Rawdhan, S., Shaawat, M. E., & Alshamrani, O. (2024). Studying Potentials and Barriers of Successful Implementation of Smart Contracts in Saudi Arabia's Construction Industry. *Advances in Civil Engineering*, 2024, 9646556. <https://doi.org/10.1155/adce/9646556>
13. Ali, R. F., Jahankhani, H., Ali, K., & Hassan, B. (2024). Blockchain-Based Security Factors on Sustainable Supply Chain Management in UK Manufacturing Firms: A Hybrid SEM-ANN Approach. *Systems*, 12(6), 208. <https://doi.org/10.3390/systems12060208>
14. Alimohammadlou, M., & Alinejad, S. (2025). Challenges of blockchain implementation in SMEs' supply chains: an integrated IT2F-BWM and IT2F-DEMATEL method. *Information Systems and E-Business Management*. <https://doi.org/10.1007/s10660-023-09696-3>
15. Alkhader, W., Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., & Omar, M. (2025). Promoting sustainability with blockchain incentives in timber-based construction. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-06902-0>
16. Alkhurayji, M. N., Shash, A. A., Ghaithan, A. M., & Mazher, K. M. (2025). Blockchain technology applications and challenges in the Saudi Arabian construction industry. *Organization, Technology and Management in Construction*, 17(1), 11. <https://doi.org/10.2478/otmcj-2025-0011>
17. Allahyari, M. S., HasanDokht, S., Marzban, S., Bilali, H. E., Hassen, T. B., & Surujlal, J. (2025). Navigating opportunities and challenges of blockchain-enabled agricultural supply chains in Iran: application of the ISM approach. *Discover Sustainability*, 6, 68. <https://doi.org/10.1007/s44447-025-00068-x>
18. Al-Momani, A.-M., & Ramayah, T. (2023). Predicting the Behavioural Intention of Jordanian Healthcare Professionals to Use Blockchain-Based EHR Systems: An Empirical Study. *Journal of System and Management Sciences*, 13(4), 407. <https://doi.org/10.33168/JSMS.2023.0407>
19. Alsmadi, A. A., Alrawashdeh, N., Al-Gasaymeh, A., Alhawamdeh, L. N., & Al_Hazimeh, A. M. (2023). Adoption of Blockchain Technology in Supply Chain. *SAGE Open*, 13(1). <https://doi.org/10.1177/21582440231160143>
20. Al-Sulami, Z. A., Ali, N., Ramli, R., & Lu, S. F. (2024). Towards a comprehensive understanding of blockchain technology adoption in various industries in developing and emerging economies: a systematic review. *Maritime Policy & Management*. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2294875>
21. Altamimi, A. M., Qattous, H., Barakat, D., & Hazaimah, L. (2024). Factors Influencing Adoption of Blockchain Technology in Jordan: The Perspective of Healthcare Professionals. *Journal of Information Technology Education: Research*, 23, 1–27. <https://doi.org/10.28945/5287>
22. An, S. Y., Ngayo, G., & Hong, S.-P. (2024). Applying Blockchain, Causal Loop Diagrams, and the Analytical Hierarchy Process to Enhance Fifth-Generation Ceramic Antenna Manufacturing: A Technology–Organization–Environment Framework Approach. *Systems*, 12(6), 184. <https://doi.org/10.3390/systems12060184>
23. Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3), 411-423. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.3.411>

24. Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. D. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 143–174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>
25. Andreoulaki, I., Papapostolou, A., & Marinakis, V. (2024). Evaluating the Barriers to Blockchain Adoption in the Energy Sector: A Multicriteria Approach Using the Analytical Hierarchy Process for Group Decision Making. *Energies*, 17(6), 1278. <https://doi.org/10.3390/en17061278>
26. Anh, D. T. V., & Loi, N. T. (2025). Blockchain and the Future of Sustainable Corporate Accounting: A Behavioral Perspective from Vietnam's Manufacturing Industry. *Sustainability*, 17(10), 4658. <https://doi.org/10.3390/su17104658>
27. Arias-Oliva, M., Gené-Albesa, J., de Andrés-Sánchez, J., & Llorens-Marín, M. (2024). Fuzzy Set Qualitative Comparative Analysis of Loyalty Programmes Powered with Blockchain via an UTAUT2 Framework. *Information*, 15(12), 757. <https://doi.org/10.3390/info15120757>
28. Avinadav, T., & Shamir, N. (2025). Truth, trust, and trade-offs: When blockchain in supply chains backfires. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2025.05.011>
29. Bager, S. L., Singh, C., & Persson, U. M. (2022). Blockchain is not a silver bullet for agro-food supply chain sustainability: Insights from a coffee case study. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100163. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100163>
30. Bak, O., Braganza, A., & Chen, W. (2025). Exploring blockchain implementation challenges in the context of healthcare supply chain (HCSC). *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2286491>
31. Balasubramanian, S., Shukla, V., Sethi, J. S., Islam, N., & Saloum, R. (2021). A readiness assessment framework for Blockchain adoption: A healthcare case study. *Technological Forecasting and Social Change*, 165, 120536. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120536>
32. Balci, G., & Surucu-Balci, E. (2021). Blockchain adoption in the maritime supply chain: Examining barriers and salient stakeholders in containerized international trade. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 156, 102539. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102539>
33. Baral, M. M., Chittipaka, V., Pal, S. K., Mukherjee, S., & Shyam, H. S. (2023). Investigating the factors of blockchain technology influencing food retail supply chain management: a study using TOE framework. *Statistics in Transition New Series*, 24(2). <https://doi.org/10.59170/stattrans-2023-067>
34. Barclay, D., Higgins, C., & Thompson, R. (1995). The partial least squares (PLS) approach to causal modeling: Personal computer adoption and use as an illustration. *Technology Studies*, 2(2), 285-309.
35. Barney, J. (1991): Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
36. Basheer, M., Elghaish, F., Brooks, T., Rahimian, F., & Park, C. (2024). Blockchain-based decentralised material management system for construction projects. *Journal of Building Engineering*, 83, 108263. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108263>

37. Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173–1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
38. Batwa, A., & Norrman, A. (2021). Blockchain Technology and Trust in Supply Chain Management: A Literature Review and Research Agenda. *Operations and Supply Chain Management*, 14(2), 203–220. <https://doi.org/10.31387/oscm0450297>
39. Bauer, I., Ziolkowski, R., Hacker, J., & Schwabe, G. (2023). Why Blockchain: A Socio-technical Perspective on the Motives of Business Consortia Members to Engage with Blockchain Technology. *The Data Base for Advances in Information Systems*, 54(1), 74–97. <https://doi.org/10.1145/3573893>
40. Behl, A., Sampat, B., Pereira, V., Jayawardena, N. S., & Laker, B. (2024). Investigating the role of data-driven innovation and information quality on the adoption of blockchain technology on crowdfunding platforms. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05290-w>
41. Benchis, M. P., Shahzad, K., & Dan, S. R. (2025). Comparative analysis of blockchain adoption in the public and private sectors. A technology-organization-environment (TOE) framework approach. *Journal of Innovation & Knowledge*, 10(1), 100746. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100746>
42. Bendarag, A., Boutkhoul, O., Abada, D., & Hanine, M. (2022). Blockchain adoption barriers in Moroccan sustainable supply chain: a proposed approach. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 27(2), 892–899. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v27.i2.pp892-899>
43. Bentivoglio, D., Chiaraluce, G., Staffolani, G., Amato, M., Verneau, F., & Finco, A. (2025). Blockchain adoption in Italian winemaking: insights from a PLS-SEM study. *British Food Journal*. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2024-0760>
44. Bernardino, C., Cesário, F., Costa, C. J., Aparicio, M., & Aparicio, J. T. (2025). Blockchain adoption factors. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 13(1), 3. <https://doi.org/10.12821/ijispm130103>
45. Bhardwaj, A., Garg, A., & Gajpal, Y. (2021). Determinants of Blockchain Technology Adoption in Supply Chains by Small and Medium Enterprises (SMEs) in India. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 5537395. <https://doi.org/10.1155/2021/5537395>
46. Bhatia, M., Meenakshi, N., Kaur, P., & Dhir, A. (2024). Digital technologies and carbon neutrality goals: An in-depth investigation of drivers, barriers, and risk mitigation strategies. *Journal of Cleaner Production*, 440, 141946. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141946>
47. Biancone, P., Brescia, V., Oppioli, M., & Degregori, G. (2025). Harnessing Blockchain for Sustainable Business Strategy: A Case Study on Enhancing Accounting Practices. *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.70137>
48. Biswas, B., & Gupta, R. (2019). Analysis of barriers to implement blockchain in industry and service sectors. *Computers & Industrial Engineering*, 136, 225–241. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.005>

49. Bodó, B., & Janssen, H. (2022). Maintaining trust in a technologized public sector. *Policy and Society*, 41(2), 223–242. <https://doi.org/10.1093/polsoc/puac019>
50. Bottoni, P., Gessa, N., Massa, G., Pareschi, R., Selim, H., & Arcuri, E. (2020). Intelligent Smart Contracts for Innovative Supply Chain Management. *Frontiers in Blockchain*, 3, 53. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.535787>
51. Boustani, N. M., Xu, Q., & Xu, Y. (2022). Getting Smarter: Blockchain and IOT Mixture in China Smart Public Services. *Smart Cities*, 5(4), 1639–1662. <https://doi.org/10.3390/smartcities5040090>
52. Boustani, N. M., Xu, Q., & Xu, Y. (2025). Sociodemographic impact on smart cities IoT adoption in China. *Digital Business*, 100139. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2025.100139>
53. Böhmecke-Schwafert, M. (2024). The role of blockchain for trade in global value chains: A systematic literature review and guidance for future research. *Telecommunications Policy*, 102835. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2024.102835>
54. Brookbanks, M., & Parry, G. (2022). The impact of a blockchain platform on trust in established relationships: a case study of wine supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 27(6), 728–742. <https://doi.org/10.1108/SCM-05-2021-0227>
55. Brynjolfsson, E. (1993). The productivity paradox of information technology. *Communications of the ACM*, 36(12), 66–77. <https://doi.org/10.1145/163298.163309>
56. Budayan, C., & Okudan, O. (2023). Assessment of Barriers to the Implementation of Smart Contracts in Construction Projects—Evidence from Turkey. *Buildings*, 13(8), 2084. <https://doi.org/10.3390/buildings13082084>
57. Buthelezi, B. E., Ndayizigamiye, P., Twinomurinzi, H., & Dube, S. M. (2022). A Systematic Review of the Adoption of Blockchain for Supply Chain Processes. *Journal of Global Information Management*, 30(5), 1–19. <https://doi.org/10.4018/JGIM.297625>
58. Cai, C., Hao, X., Wang, K., & Dong, X. (2023). The Impact of Perceived Benefits on Blockchain Adoption in Supply Chain Management. *Sustainability*, 15(8), 6634. <https://doi.org/10.3390/su15086634>
59. Caldarelli, G., Rossignoli, C., & Zardini, A. (2020). Overcoming the blockchain oracle problem in the traceability of non-fungible products. *Sustainability*, 12(6), 2391. <https://doi.org/10.3390/su12062391>
60. Cammarano, A., Varriale, V., Michelino, F., & Caputo, M. (2023). Blockchain as enabling factor for implementing RFID and IoT technologies in VMI: a simulation on the Parmigiano Reggiano supply chain. *Operations Management Research*, 16(1), 329–347. <https://doi.org/10.1007/s12063-022-00324-1>
61. Cao, S., Miller, T., Foth, M., & Powell, W. (2025). Integrating the REA model and multisig architecture for blockchain-based supply chain traceability: An organisational-technical approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 124297. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124297>
62. Capece, G., Levialdi Ghiron, N. L., & Pasquale, F. (2020). Blockchain technology: Redefining trust for digital certificates. *Sustainability*, 12(21), 8952. <https://doi.org/10.3390/su12218952>
63. Casati, M., Soregaroli, C., Frizzi, G. L., & Stranieri, S. (2024). Impacts of blockchain technology in agrifood: exploring the interplay between transactions and firms' strategic

- resources. *Supply Chain Management: An International Journal*.
<https://doi.org/10.1108/SCM-09-2023-0443>
64. Casey, M. J. – Vigna, P. (2018): *The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything*. St. Martin's Press, New York.
 65. Celik, Y., Petri, I., & Barati, M. (2023). Blockchain supported BIM data provenance for construction projects. *Computers in Industry*, 144, 103768.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103768>
 66. Cerchione, R., Centobelli, P., Riccio, E., Abbate, S., & Oropallo, E. (2023). Blockchain's coming to hospital to digitalize healthcare services: Designing a distributed electronic health record ecosystem. *Technovation*, 120, 102480.
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102480>
 67. Chang, S. E., Chang, E. C., & Chen, Y. (2022). Blockchain Meets Sharing Economy: A Case of Smart Contract Enabled Ridesharing Service. *Sustainability*, 14(21), 13732.
<https://doi.org/10.3390/su142113732>
 68. Chauhan, A., & Vimala Rani, M. V. (2025). Uncovering Blockchain Adoption Barriers in the Automotive Industry: A Comparative Study of Electric and Traditional Vehicle Manufacturers. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 72, 3608252.
<https://doi.org/10.1109/TEM.2025.3608252>
 69. Chen, F., Vandchali, H. R., Shi, W., Koushan, M., & Jain, V. (2024). Evaluating the barriers of blockchain adoption in the Australian logistics industry. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1080/17517575.2024.2397633>
 70. Chen, P.-K., He, Q.-R., & Chu, S. P. (2022). Influence of Blockchain and Smart Contracts on Partners' Trust, Visibility, Competitiveness, and Environmental Performance in Manufacturing Supply Chains. *Journal of Business Economics and Management*, 23(1), 164–186. <https://doi.org/10.3846/jbem.2022.16431>
 71. Chen, P.-K., Ye, Y., & Huang, X. (2023). The metaverse in supply chain knowledge sharing and resilience contexts: An empirical investigation of factors affecting adoption and acceptance. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(2), 100446.
<https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100446>
 72. Chen, W. D., & Murtazashvili, I. (2024). Is cryptoaltruism transforming the nonprofit sector? Lessons from the Ukrainian nonprofits during the Russia-Ukraine War. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*. <https://doi.org/10.1177/15396754231222575>
 73. Chittipaka, V., Kumar, S., Sivarajah, U., Bowden, J. L. H., & Baral, M. M. (2023). Blockchain Technology for Supply Chains operating in emerging markets: an empirical examination of technology-organization-environment (TOE) framework. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04801-5>
 74. Choi, D., Chung, C. Y., Seyha, T., & Young, J. (2020). Factors Affecting Organizations' Resistance to the Adoption of Blockchain Technology in Supply Networks. *Sustainability*, 12(21), 8882. <https://doi.org/10.3390/su12218882>
 75. Chotia, V., Alghafes, R., Sharma, M., & Virmani, N. (2025). Chronocraft: unveiling enablers and overcoming barriers in Fintech-driven logistics and supply chain management in the digital era. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 124168. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124168>

76. Chowdhury, S., Rodriguez-Espindola, O., Dey, P., & Budhwar, P. (2023). Blockchain technology adoption for managing risks in operations and supply chain management: evidence from the UK. *Annals of Operations Research*, 322(1), 167–200. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04487-1>
77. Çoban, S., Fethi, S., Tanova, C., & Obaegbulam, O. (2024). Adoption of e-Government Services in the Northern Part of Cyprus: The Role of Blockchain Technology Awareness. *SAGE Open*, 14(4). <https://doi.org/10.1177/21582440241292898>
78. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
79. Contini, C., Boncinelli, F., Piracci, G., Scozzafava, G., & Casini, L. (2023). Can blockchain technology strengthen consumer preferences for credence attributes? *Agricultural and Food Economics*, 11(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s40100-023-00270-x>
80. Cozzio, C., Viglia, G., Lemarié, L., & Cerutti, S. (2023). Toward an integration of blockchain technology in the food supply chain. *Journal of Business Research*, 162, 113909. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113909>
81. Cricelli, L., Mauriello, R., & Strazzullo, S. (2025). Determinants of the Intention to Adopt Blockchain Technology in the Wine Industry: An Extension of the UTAUT Model. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.70149>
82. Daah, C., Qureshi, A., Awan, I., & Konur, S. (2024). Enhancing Zero Trust Models in the Financial Industry through Blockchain Integration: A Proposed Framework. *Electronics*, 13(5), 865. <https://doi.org/10.3390/electronics13050865>
83. Dadsena, K. K., Pant, P., Paul, S. K., & Pratap, S. (2024). Overcoming strategies for supply chain digitization barriers: Implications for sustainable development goals. *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.3681>
84. Danese, P., & Romano, P. (2025). Blockchain Systems in Food Supply Chains: An Interpretation Through the Lens of Agency and Technology–Organization–Environment Theories. *Journal of Business Logistics*. <https://doi.org/10.1111/jbl.70019>
85. Dao, T. T., Phan, T. T. H., Ngo, T. V. N., Duong, C. D., & Vu, T. N. (2025). Applying the Theory of Planned Behavior to Explore the Role of Blockchain Technology in Consumers' Sustainable Consumption: A Multigroup Analysis of Gender. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2025, 1787273. <https://doi.org/10.1155/hbe2/1787273>
86. Das, A. (2020). Trust in “Trust-free” Digital Networks: How Inter-firm Algorithmic Relationships Embed the Cardinal Principles of Value Co-creation. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 12(3), 136–161. <https://doi.org/10.17705/1thci.00137>
87. Davies, J., Sharifi, H., Lyons, A., Forster, R., & Elsayed, O. K. S. M. (2024). Non-fungible tokens: The missing ingredient for sustainable supply chains in the metaverse age? *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 182, 103412. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103412>
88. Davis, F. D. (1989): Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
89. Dehghani, M., Kennedy, R. W., Mashatan, A., Rese, A., & Karavidas, D. (2022). High interest, low adoption. A mixed-method investigation into the factors influencing

- organisational adoption of blockchain technology. *Journal of Business Research*, 149, 393-411. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.015>
90. Diamantopoulos, A., & Sigauw, J. A. (2006). Formative versus reflective indicators in organizational measure development: A comparison and empirical illustration. *British Journal of Management*, 17(4), 263-282. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.2006.00500.x>
 91. Dijkstra, T. K., & Henseler, J. (2015). Consistent partial least squares path modeling. *MIS Quarterly*, 39(2), 297-316. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2015/39.2.02>
 92. DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review*, 48(2), 147–160. <https://doi.org/10.2307/2095101>
 93. Duong, C. D., Tran, T. V. H., Nguyen, T. H., Ngo, T. V. N., & Vu, T. N. (2024). Blockchain-based food traceability system and pro-environmental consumption: A moderated mediation model of technology anxiety and trust in organic food product. *Digital Business*, 4(1), 100095. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2024.100095>
 94. Dwivedi, A., Agrawal, D., Paul, S. K., & Pratap, S. (2023). Modeling the blockchain readiness challenges for product recovery system. *Annals of Operations Research*, 1–29. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04468-4>
 95. Elsayed, R. A. A. (2025). Unveiling the black box: understanding digital assets' complexity. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 14(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s43093-025-00456-3>
 96. Esmaeilzadeh, P. (2022). Benefits and concerns associated with blockchain-based health information exchange (HIE): a qualitative study from physicians' perspectives. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 22(1), 74. <https://doi.org/10.1186/s12911-022-01815-8>
 97. European Commission. (2003). Commission Recommendation of 6 May 2003 concerning the definition of micro, small and medium-sized enterprises (Text with EEA relevance) (2003/361/EC). *Official Journal of the European Union*, L 124, 36-41. <http://data.europa.eu/eli/reco/2003/361/oj>
 98. Eyadat, A., Alamaren, A. S., & Almomani, S. L. (2025). The influence of Blockchain technology on reducing cybersecurity risks in financial transactions of commercial banks. *Frontiers in Blockchain*, 8, 1657110. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2025.1657110>
 99. Fang, C., Ullah, N., Batumalay, M., Mugahed Al-Rahmi, W. M., & Alblehai, F. (2025). Blockchain technology and its impact on sustainable supply chain management in SMEs. *PeerJ Computer Science*, 11, e2466. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2466>
 100. Fani, V., Ciccullo, F., Bandinelli, R., & Pero, M. (2025). Cultivating trust: An empirical exploration of blockchain's adoption within the Italian wine supply chain. *Electronic Markets*, 35(1), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s12525-025-00782-y>
 101. Fassott, G., Henseler, J., & Coelho, P. S. (2016). Testing moderating effects in PLS path models with composite variables. *Industrial Management & Data Systems*, 116(9), 1887-1900. <https://doi.org/10.1108/IMDS-06-2016-0248>
 102. Ferreira, J. J., Lopes, J. M., Gomes, S., & Rammal, H. G. (2023). Industry 4.0 implementation: Environmental and social sustainability in manufacturing multinational

- enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 419, 136841. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136841>
103. Feulner, S., Guggenberger, T., Stoetzer, J.-C., & Urbach, N. (2025). Beyond disintermediation: A multiple case study of emerging intermediary roles in blockchain applications. *Electronic Markets*, 35(1), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s12525-025-00832-5>
 104. Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>
 105. Fortune Business Insights. (2023). Blockchain Technology Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Type, By Application, By Industry, and Regional Forecast, 2023-2030. *Fortune Business Insights*. [https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/blockchain-market-100072, letöltve: 2025.11.01].
 106. Füzesi, I., Felföldi, J., Pancsira, J., & Lengyel, P. (2019). Analysis of the implementation of blockchain-based food traceability systems. *Journal of EcoAgriTourism*, 15(1), 34–39.
 107. Garaus, M., & Treiblmaier, H. (2021). The influence of blockchain-based food traceability on retailer choice: The mediating role of trust. *Food Control*, 129, 108082. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108082>
 108. Garrard, R., & Fielke, S. (2020). Blockchain for trustworthy provenances: A case study in the Australian aquaculture industry. *Technology in Society*, 62, 101298. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101298>
 109. Gartner (2023): *Hype Cycle for Blockchain and Web3, 2023*. Gartner Research. [https://www.gartner.com/en/documents/5623191 , letöltve: 2025.11.01].
 110. Gaur, D., Bali, S., Gunasekaran, A., Joshi, N., Chaudhary, K., & Bali, V. (2025). A Multi-Criteria Decision-Making Framework for Blockchain Technology Adoption in Smart Healthcare. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 10(5), 1030. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2025.10.5.070>
 111. Ghadge, A., Bourlakis, M., Kamble, S., & Seuring, S. (2023). Blockchain implementation in pharmaceutical supply chains: A review and conceptual framework. *International Journal of Production Research*, 61(19), 6649–6666. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2125595>
 112. Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Mubarik, M. S., Mubarak, M. F., Amran, A., & Khanfar, A. A. A. (2024). Blockchain technology as an enabler for sustainable business ecosystems: A comprehensive roadmap for socioenvironmental and economic sustainability. *Business Strategy and Development*, 7(1), e319. <https://doi.org/10.1002/bsd2.319>
 113. Gogola, M., Rovňaniková, D., & Cerny, M. (2024). Overcoming the Technological Barriers in the Blockchain Supply Chain for Small Carriers. *Applied Sciences*, 14(11), 4452. <https://doi.org/10.3390/app14114452>
 114. Govindan, K. (2022). Tunneling the barriers of blockchain technology in remanufacturing for achieving sustainable development goals: A circular manufacturing perspective. *Business Strategy and the Environment*, 31(7), 3031–3050. <https://doi.org/10.1002/bse.3031>

115. Guan, P., Wood, L. C., Wang, J. X., & Duong, L. (2023). Barriers to blockchain adoption in the seaport industry: A fuzzy DEMATEL analysis. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(5), 9205–9225. <https://doi.org/10.3934/mbe.2023929>
116. Guo, H., & Liu, X. X. (2025). Exploring trust dynamics in finance: the impact of blockchain technology and smart contracts. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05473-9>
117. Gupta, S., & Sahu, G. P. (2022). Factors of Blockchain Adoption for FinTech Sector: An Interpretive Structural Modelling Approach. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 11(2), 173–193. <https://doi.org/10.14201/adcaij.28395>
118. Gurusamy, U., Sangeetha, S., Gunasekaran, P. K., & Anantharaman, M. (2025). Impact of Blockchain Technology in Agriculture Supply Chain A Comprehensive Review of Applications, Challenges, and Future Directions. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(2), e0519. <https://doi.org/10.37497/eagleSustainable.v15i.519>
119. Gürpınar, T., Henke, M., & Düdder, B. (2025). A Framework for the Profitable Integration of Distributed Ledger Technologies in Enterprise Networks. *Ledger*, 10, 395. <https://doi.org/10.5195/LEDGER.2025.395>
120. Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). Sage.
121. Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2-24. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>
122. Hamadeh, A. H., Nouraldeem, R. M., Mahboub, R. M., & Hashem, M. S. (2025). Auditors' Intention to Use Blockchain Technology and TAM3: The Moderating Role of Age. *Administrative Sciences*, 15(2), 61. <https://doi.org/10.3390/admsci15020061>
123. Han, H., & Li, J. Y. (2025). Leveraging industry 4.0 technologies for sustainable supply chain management: A systematic review. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 13, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100246>
124. Han, X. L., & Gooi, L. M. (2025). Multi-Level Determinants of Sustainable Blockchain Technology Adoption in SCM: Individual, Organisational, and Societal Perspectives. *Sustainability*, 17(6), 2621. <https://doi.org/10.3390/su17062621>
125. Hanisch, M., Goldsby, C., Fortin, M., & Rogerson, M. (2025). Governing Within Semirigid Limits: Navigating the Centralization–Decentralization Paradox in Blockchain-Based Platforms. *Journal of Operations Management*. <https://doi.org/10.1002/joom.70001>
126. Hasan, H. R., Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Omar, M., Arshad, J., & Boscovic, D. (2024). Smart agriculture assurance: IoT and blockchain for trusted sustainable produce. *Computers and Electronics in Agriculture*, 219, 109184. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109184>
127. Hassan, R., Acerbi, F., Terzi, S., & Rosa, P. (2025). Transitioning the silk industry towards circularity: A thematic analysis of sustainable value chain practices. *Sustainable Production and Consumption*, 56, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.03.009>

128. Hassija, V., Chamola, V., Saxena, V., Jain, D., Goyal, P., & Sikdar, B. (2019). *A survey on IoT security: Application areas, security threats, and solution architectures*. *IEEE Access*, 7, 82721–82743. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2924045>
129. Hayes, D. R., & Cappa, F. (2018). Open-source intelligence for risk assessment. *Business Horizons*, 61, 689–697. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.02.001>
130. Henseler, J., Hubona, G., & Ray, P. A. (2016). Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines. *Industrial Management & Data Systems*, 116(1), 2-20. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2015-0382>
131. Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115-135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>
132. Henseler, J., Ringle, C. M., & Sinkovics, R. R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing. In *New challenges to international marketing* (pp. 277-319). Emerald Group Publishing Limited. [https://doi.org/10.1108/S1474-7979\(2009\)0000020014](https://doi.org/10.1108/S1474-7979(2009)0000020014)
133. Herrera, S. I. O., Baba, Y., Erraach, Y., Ouertani, E., Arfa, L., Çamoglu, S. M., de-Magistris, T., & Kallas, Z. (2025). Analysing blockchain adoption in beekeeping: application of theoretical models and their effectiveness. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1566341. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1566341>
134. Hina, M., Islam, N., & Dhir, A. (2024). Blockchain for sustainable consumption: an affordance and consumer value-based view. *Internet Research*, 34(3), 874–906. <https://doi.org/10.1108/INTR-07-2023-0523>
135. Hribernik, M., Zero, K., Kummer, S., & Herold, D. M. (2020). City logistics: Towards a blockchain decision framework for collaborative parcel deliveries in micro-hubs. *Transportation Research*
136. Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
137. Iansiti, M. – Lakhani, K. R. (2017): The Truth About Blockchain. *Harvard Business Review*, 95(1), 118–127.
138. Iglesias, P., Cameron, R., & Davison, C. (2025). Frontiers of Blockchain Applications in HRM: An Exploration Through Theoretical Integration and Qualitative Inquiry. *Human Resource Management Journal*. <https://doi.org/10.1111/1744-7941.70038>
139. Jackson, D., & Allen, C. (2024). Enablers, barriers and strategies for adopting new technology in accounting. *International Journal of Accounting Information Systems*, 52, 100666. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2023.100666>
140. Janssen, M., Weerasinghe, V., Ismagilova, E., Sivarajah, U., & Irani, Z. (2020). A framework for analysing blockchain technology adoption: Integrating institutional, market and technical factors. *International Journal of Information Management*, 50, 302-309. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.012>
141. Jeanneret M., M., Baudet, C., & Lebraty, J.-F. (2024). Blockchain and agency theory in supply chain management: A question of trust. *International Journal of Information Management*, 102747. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102747>

142. Joo, J., & Han, Y. (2021). An evidence of distributed trust in blockchain-based sustainable food supply chain. *Sustainability*, 13(19), 10980. <https://doi.org/10.3390/su131910980>
143. Kafeel, H., Kumar, V., & Duong, L. (2023). Blockchain in Supply Chain Management: A Synthesis of Barriers and Enablers for Managers. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 8(1), 21-41. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2023.8.1.002>
144. Kalocsai, A., & Kalocsai, K. (2019). *Magyar blockchain térkép*. Blockchain Magyarország Egyesület. <https://blockchainhungary.org/magyar-blockchain-terkep/> [letöltve: 2025.04.05.]
145. Kamble, S., Gunasekaran, A., & Arha, H. (2019). Understanding the blockchain technology adoption in supply chains-Indian context. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2009-2033. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1518610>
146. Kamilaris, A, Fonts, A, & Prenafeta-Boldú, FX (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 640-652. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.034>
147. Kannan, D., Amiri, A. S., Shaayesteh, M. T., Nasr, A. K., & Mina, H. (2024). Unveiling barriers to the integration of blockchain-based circular economy and Industry 5.0 in manufacturing industries: A strategic prioritization approach. *Business Strategy and the Environment*, 33(3), 1604–1626. <https://doi.org/10.1002/bse.3886>
148. Karumba, S., Sethuvenkatraman, S., Dedeoglu, V., Jurdak, R., & Kanhere, S. S. (2023). Barriers to blockchain-based decentralised energy trading: a systematic review. *International Journal of Sustainable Energy*, 42(1), 167–187. <https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2171417>
149. Khan, S. A., Mubarik, M. S., Kusi-Sarpong, S., Gupta, H., Zaman, S. I., & Mubarik, M. (2022). Blockchain technologies as enablers of supply chain mapping for sustainable supply chains. *Business Strategy and the Environment*, 31(8), 3742–3756. <https://doi.org/10.1002/bse.3029>
150. Khan, S., Haleem, A., Husain, Z., Samson, D., & Pathak, R. D. (2023). Barriers to blockchain technology adoption in supply chains: the case of India. *Operations Management Research*, 16(3), 1435–1455. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00358-z>
151. Khokhar, M., Thaheem, I., Alam, F., Khaliq, N., Sharma, A., & Duan, Y. R. (2025). An analytical approach to blockchain technology influence on sustainable supply chain. *Sustainable Futures*, 7, 100898. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100898>
152. Klöckner, M., Schmidt, C. G., Fink, A., Flückiger, L., & Wagner, S. M. (2023). Exploring the physical–digital interface in blockchain applications: Insights from the luxury watch industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 172, 103300. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103300>
153. Kouhizadeh, M, Sarkis, J, & Zhu, QY (2019). At the Nexus of Blockchain Technology, the Circular Economy, and Product Deletion. *Applied Sciences*, 9(8), 1712. <https://doi.org/10.3390/app9081712>
154. Kowalski, M., Lee, Z. W. Y., & Chan, T. K. H. (2021). Blockchain technology and trust relationships in trade finance. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120641. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120641>

155. Kramer, M. P., Bitsch, L., & Hanf, J. H. (2021). The Impact of Instrumental Stakeholder Management on Blockchain Technology Adoption Behavior in Agri-Food Supply Chains. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(12), 598. <https://doi.org/10.3390/jrfm14120598>
156. Kubler, S., Renard, M., Ghatpande, S., Georges, J.-P., & Le Traon, Y. (2023). Decision support system for blockchain (DLT) platform selection based on ITU recommendations: A systematic literature review approach. *Expert Systems with Applications*, 213, 118704. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118704>
157. Kumar, D., Phani, B. V., Chilamkurti, N., Saurabh, S., & Ratten, V. (2024). A taxonomy of blockchain technology application and adoption by small and medium-sized enterprises. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 12(3), 205-224. <https://doi.org/10.15678/EBER.2024.120308>
158. Kumtepe, C. C. K. (2025). Unpacking the technology of trust: establishing trust and fairness in online dispute resolution through blockchain and smart contracts. *International Journal of Law and Information Technology*, 33(1), eaaf017. <https://doi.org/10.1093/ijlit/eaaf017>
159. Kunkc, H., Koc, K., Grgn, A. P., & Dagou, H. H. (2023). Operational Barriers against the Use of Smart Contracts in Construction Projects. *Technical Journal of Civil Engineering*, 34(3), 1322972. <https://doi.org/10.18400/tjce.1322972>
160. Lakomy, M. (2024). Open-source intelligence and research on online terrorist communication: Identifying ethical and security dilemmas. *Media, War & Conflict*, 17(1), 23–40. <https://doi.org/10.1177/17506352231166322>
161. Lee, H., & Yeon, C. (2021). Blockchain-Based Traceability for Anti-Counterfeit in Cross-Border E-Commerce Transactions. *Sustainability*, 13(19), 11057. <https://doi.org/10.3390/su131911057>
162. Legesse, A., Beshah, B., Berhan, E., & Tesfaye, E. (2024). Exploring the influencing factors of blockchain technology adoption in national quality infrastructure: a Dual-Stage structural equation model and artificial neural network approach using TAM-TOE framework. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2369220>
163. Li, C., Zhang, Y., & Xu, Y. (2022). Factors Influencing the Adoption of Blockchain in the Construction Industry: A Hybrid Approach Using PLS-SEM and fsQCA. *Buildings*, 12(9), 1349. <https://doi.org/10.3390/buildings12091349>
164. Li, Z. P., Ceong, H. T., & Lee, S. J. (2021). The Effect of Blockchain Operation Capabilities on Competitive Performance in Supply Chain Management. *Sustainability*, 13(21), 12078. <https://doi.org/10.3390/su132112078>
165. Liao, K. – Lin, L. – Sun, Y. (2025): Blockchain Adaptation and Corporate Financial Reporting Quality. *SSRN Electronic Journal*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5030323>
166. Lim WM (2024), "A typology of validity: content, face, convergent, discriminant, nomological and predictive validity". *Journal of Trade Science*, Vol. 12 No. 3 pp. 155–179, doi: <https://doi.org/10.1108/JTS-03-2024-0016>
167. Lin, C.-H. – Shih, H.-Y. – Sher, P. J. (2007): Integrating technology readiness into technology acceptance: The TRAM model. *Psychology & Marketing*, 24(7), 641–657. <https://doi.org/10.1002/mar.20177>

168. Liu, Z., & Zhao, Z. (2025). Time-Modifiable Chameleon Hash for Building Redactable Blockchains. *Electronics*, 14(15), 2995. <https://doi.org/10.3390/electronics14152995>
169. Lohmer, J., Ribeiro da Silva, E. R., & Lasch, R. (2022). Blockchain Technology in Operations & Supply Chain Management: A Content Analysis. *Sustainability*, 14(10), 6192. <https://doi.org/10.3390/su14106192>
170. Lomotey, R. K., Kumi, S., & Deters, R. (2022). Data Trusts as a Service: Providing a platform for multi-party data sharing. *Journal of Industrial Information Integration*, 29, 100075. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2022.100075>
171. Lu, H.-P., Ku, Y.-Y., Hsiao, K.-L., & Alhalabi, W. (2025). From Web3 Literacy to Adoption Intention: Trust, Doubt, and Switching Costs. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 21(1), 1–17. <https://doi.org/10.4018/IJSWIS.394068>
172. Luna, M., Fernandez-Vazquez, S., Tereñes Castelao, E., & Arias Fernández, Á. (2024). A blockchain-based approach to the challenges of EU's environmental policy compliance in aquaculture: From traceability to fraud prevention. *Marine Policy*, 159, 105892. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105892>
173. Luo, X. J., & Adelopo, I. (2025). Integrating blockchain technology into accounting curricula: current status, approaches, opportunities and challenges. *Accounting Education*. <https://doi.org/10.1080/09639284.2025.2586574>
174. Lustenberger, M., Malešević, S., & Spychiger, F. (2021). Ecosystem Readiness: Blockchain Adoption is Driven Externally. *Frontiers in Blockchain*, 4, 720454. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.720454>
175. Madanchian, M., & Taherdoost, H. (2025). A Narrative Review and Gap Analysis of Blockchain for Transparency, Traceability, and Trust in Data-Driven Supply Chains. *Applied Sciences*, 15(17), 9571. <https://doi.org/10.3390/app15179571>
176. Mahyuni, L. P., Adrian, R., Darma, G. S., Krisnawijaya, N. N. K., Dewi, I. G. A. A. P., & Permana, G. P. L. (2020). Mapping the potentials of blockchain in improving supply chain performance. *Cogent Business and Management*, 7(1), 1788329. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1788329>
177. Malik, S., Chadhar, M., Vatanasakdakul, S., & Chetty, M. (2021). Factors Affecting the Organizational Adoption of Blockchain Technology: Extending the Technology–Organization–Environment (TOE) Framework in the Australian Context. *Sustainability*, 13(16), 9404. <https://doi.org/10.3390/su13169404>
178. Manski, S., & Bauwens, M. (2020). Reimagining New Socio-Technical Economics Through the Application of Distributed Ledger Technologies. *Frontiers in Blockchain*, 2, 29. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2019.00029>
179. Manzoor, R., Sahay, B. S., & Singh, S. K. (2025). Blockchain technology in supply chain management: an organizational theoretic overview and research agenda. *Annals of Operations Research*, 1-38. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-05069-5>
180. Marino, C. A., & Paz, C. D. (2025). Smart Contracts and Shared Platforms in Sustainable Health Care: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e58575. <https://doi.org/10.2196/58575>

181. Mawrides, E. K., Mishra, A., & Jæger, B. (2025). Blockchain technology for sustainable supply chains in the fishing industry: A systematic review. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 13, 100277. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100277>
182. Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173>
183. Mbadlisa, G., & Jokonya, O. (2024). Factors affecting the adoption of blockchain technologies in the food supply chain. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1497599. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1497599>
184. Meyers, G., & Keymolen, E. (2025). Realizing a blockchain solution without blockchain? Blockchain, solutionism, and trust. *Regulation & Governance*. <https://doi.org/10.1111/regg.12553>
185. Milićević, V., Zdravković, N., & Jovic, J. (2023). ON THE SELECTION OF SUITABLE BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES FOR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *International Journal for Quality Research*, 17(3), 855–870. <https://doi.org/10.24874/IJQR17.03-02>
186. Montecchi, M., Plangger, K., & Etter, M. (2019). It's real, trust me! Establishing supply chain provenance using blockchain. *Business Horizons*, 62(3), 283–293. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.01.008>
187. Moretto, A., & Macchion, L. (2022). Drivers, barriers and supply chain variables influencing the adoption of the blockchain to support traceability along fashion supply chains. *Operations Management Research*, 15(3-4), 1388–1407. <https://doi.org/10.1007/s12063-022-00262-y>
188. Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2023). Blockchain Integration in the Era of Industrial Metaverse. *Applied Sciences*, 13(3), 1353. <https://doi.org/10.3390/app13031353>
189. Munim, Z. H., Balasubramaniyan, S., Kouhizadeh, M., & Hossain, N. U. I. (2022). Assessing blockchain technology adoption in the Norwegian oil and gas industry using Bayesian Best Worst Method. *Journal of Industrial Information Integration*, 28, 100346. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100346>
190. Murano, A., Bruno, B., & Vespri, V. (2026). Blockchain barriers in public organizations: A systematic literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, 102364. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2025.102364>
191. Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Yaqoob, I., Al-Hammadi, Y., & Antony, J. (2022). Blockchain-based solution for COVID-19 vaccine waste reduction. *Journal of Cleaner Production*, 359, 133619. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133619>
192. Müller, W. (2025). Determinants of smart contract adoption in supply chains: a UTAUT-based PLS-SEM analysis. *Operations Management Research*. <https://doi.org/10.1007/s12063-025-00560-1>
193. Naef, S., Wagner, S. M., & Saur, C. (2024). Blockchain and network governance: learning from applications in the supply chain sector. *Production Planning & Control*, 35(1), 76–94. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2044072>

194. NAGY, P. – NAGY, A. S. (2024): SLR about the costs of private blockchain technology for businesses. *Economica*, 15(3-4). <https://doi.org/10.47282/economica/2024/15/3-4/14283>
195. NAGY, P. – NAGY-TÓTH, B. – NAGY, A. S. (2025): Blockchain as a strategic resource: Exploring its cost-reducing and efficiency-enhancing effects in large European enterprises. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 56(7-8), 28-41. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2025.07-08.03>
196. NAGY, P. (2025): A blokklánc-technológia hatékonyságnövelő és költségcsökkentő szerepe a vállalatoknál – Szisztematikus szakirodalmi áttekintés. *Gazdaság és Pénzügy*, 12(2). <https://doi.org/10.33926/GP.2025.2.5>
197. NAKAMOTO, S. (2008): *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Decentralized Business Review. [<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> , letöltve 2025.11.01]
198. Narayanan, G., Cvitić, I., Peraković, D., & Raja, S. P. (2024). Role of Blockchain Technology in Supplychain Management. *IEEE Access*, 12, 23788–23805. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3361310>
199. Nawaz, R. R., & Wagner, R. (2025). Disclosing transparency: A review of B2B marketing and supply chain research. *Industrial Marketing Management*, 124, 82–97. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2024.11.011>
200. Nayeem, A. R., Shakur, M. S., Debnath, B., Siraj, M. T., Hossain, G. M. G., Rahman, M. A., & Bari, A. B. M. M. (2025). Unraveling the blockchain technology adoption barriers in the fast-moving consumer goods supply chain: An integrated fuzzy-set qualitative comparative analysis approach. *Asia Pacific Management Review*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2025.100374>
201. Nazam, M., Muhammad, M., Nuță, F. M., Yao, L., Zia, M. A., Malik, M. Y., Usman, M., & Dimen, L. (2022). Devising a Mechanism for Analyzing the Barriers of Blockchain Adoption in the Textile Supply Chain: A Sustainable Business Perspective. *Sustainability*, 14(23), 16159. <https://doi.org/10.3390/su142316159>
202. Nefla, D., & Jellouli, S. (2025). Emerging technologies in finance: challenges for a sustainable finance. *Maritime Policy & Management*. <https://doi.org/10.1080/23311975.2025.2495191>
203. Nguyen, S., Chen, P. S.-L., & Du, Y. (2023). Blockchain adoption in container shipping: An empirical study on barriers, approaches, and recommendations. *Maritime Policy & Management*. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105724>
204. Norbu, T., Park, J. Y., Wong, K. W., & Cui, H. (2025). Understanding Consumer Acceptance for Blockchain-Based Digital Payment Systems in Bhutan. *Future Internet*, 17(4), 134. <https://doi.org/10.3390/fi17040134>
205. North, D. C. (1990): *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>
206. Nudin, S., Suvajdzic, M., Lukovac, P., Barač, D., & Radenković, B. (2024). TESTING READINESS OF ADOPTION OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN TRACKING THE AUTHENTICITY OF ORGANIC COFFEE. *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, 37(1), 053–065. <https://doi.org/10.2298/FUEE2401053N>
207. Nuryyev, G., Wang, Y.-P., Achyldurdyeva, J., Jaw, B.-S., Yeh, Y.-S., Lin, H.-T., & Wu, L.-F. (2020). Blockchain technology adoption behavior and sustainability of the business

- in tourism and hospitality SMEs: An empirical study. *Sustainability*, 12(3), 1256. <https://doi.org/10.3390/su12031256>
208. Obidallah, W. J., Rashideh, W., Kamaruddeen, A. M., Alzahrani, T., Alduraywish, Y., Alsahli, A., & Alshuqayran, N. (2024). Beyond the hype: A TAM-based analysis of blockchain adoption drivers in construction industry. *Heliyon*, 10(4), e38522. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38522>
 209. Okorie, O., Russell, J., Jin, Y. F., Turner, C., Wang, Y. J., & Charnley, F. (2022). Removing barriers to Blockchain use in circular food supply chains: Practitioner views on achieving operational effectiveness. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4, 100087. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100087>
 210. Oladejo, M. T., Botes, V., Low, M., & Reeves, S. (2024). Blockchain technology disruptions: Exploring accounting and auditing academics and practitioners' perception. *Accounting and Finance*, 64(1), 133–158. <https://doi.org/10.1111/acfi.13383>
 211. Oliveira, T. – Thomas, M. – Espadanal, M. (2014): Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of the manufacturing and services sectors. *Information & Management*, 51(5), 497–510. <https://doi.org/10.1016/j.im.2014.03.006>
 212. Olusola, J., & Phung, Q. (2025). A framework for adopting smart contracts in the Nigerian construction industry. *International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2025.2550478>
 213. Oraby, S. A. (2025). The Impact of Blockchain Technology on Accounting and Auditing Functions: Evidence from Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 23(1), 220–227. <https://doi.org/10.57239/PJLSS-2025-23.1.0026>
 214. Orji, I. J., Kusi-Sarpong, S., Huang, S., & Vázquez-Brust, D. (2020). Evaluating the factors that influence blockchain adoption in the freight logistics industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 141, 102025. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102025>
 215. Ostern, N. K., Holotiuk, F., & Moormann, J. (2022). Organizations' approaches to blockchain: A critical realist perspective. *Information and Management*, 59(2), 103552. <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103552>
 216. Owuor, D., Taylor, T. K., Simushi, S., & Mutondo, M. (2025). Blockchain-driven sustainable business model for artisanal and small-scale mining operators in Zambia. *Digital Business*, 100153. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2025.100153>
 217. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 218. Pakseresht, A., Kaliji, S. A., & Xhakollari, V. (2022). How Blockchain Facilitates the Transition toward Circular Economy in the Food Chain? *Sustainability*, 14(18), 11754. <https://doi.org/10.3390/su141811754>
 219. Paliwal, V., Chandra, S., & Sharma, S. (2024). Adoption Intention of Blockchain Technologies for Sustainable Supply Chain Management in Indian MSMEs. *Sustainability*, 16(19), 8527. <https://doi.org/10.3390/su16198527>

220. Pang, S., Teng, S. W., Murshed, M., Bui, C. V., Karmakar, P., Li, Y., & Lin, H. (2024). A survey on evaluation of blockchain-based agricultural traceability. *Computers and Electronics in Agriculture*, 217, 109548. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109548>
221. Pańkowska, M. (2019). Information technology outsourcing chain: Literature review and implications for development of distributed coordination. *Sustainability*, 11(5), 1460. <https://doi.org/10.3390/su11051460>
222. Papapostolou, A., Andreoulaki, I., Anagnostopoulos, F., Divolis, S., Niavis, H., Vavilis, S., & Marinakis, V. (2025). Innovative Business Models Towards Sustainable Energy Development: Assessing Benefits, Risks, and Optimal Approaches of Blockchain Exploitation in the Energy Transition. *Energies*, 18(15), 4191. <https://doi.org/10.3390/en18154191>
223. Parasuraman, A. (2000): Technology Readiness Index (TRI): A multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies. *Journal of Service Research*, 2(4), 307–320. <https://doi.org/10.1177/109467050024001>
224. Park, K. O. (2020). A study on sustainable usage intention of blockchain in the big data era: Logistics and supply chain management companies. *Sustainability*, 12(24), 10670. <https://doi.org/10.3390/su122410670>
225. Parry, G., Revolidis, I., Ellul, J., & Pace, G. J. (2024). Bottling Up Trust: A Review of Blockchain Adoption in Wine Supply Chain Traceability. *IEEE Access*, 12, 102432–102452. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3505428>
226. Pathak, B., Alakkad, M. F., & Kumar, V. (2025). Institutional Environment and the Use of Blockchain Technology: Exploring the Context and Conditions of Using Blockchain in the Higher Education Institutions. *Higher Education Quarterly*, 79(1). <https://doi.org/10.1111/hequ.70034>
227. Paul, T., Mondal, S., Islam, N., & Rakshit, S. (2021). The impact of blockchain technology on the tea supply chain and its sustainable performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121163. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121163>
228. Pellet, H., Shiaeles, S., & Stavrou, S. (2019). Localising social network users and profiling their movement. *Computers & Security*, 81, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2018.10.009>
229. Peral, J., Gallego, E., Gil-Méndez, D., Tanniru, M., & Khambekar, P. (2020). Using visualization to build transparency in a healthcare blockchain application. *Sustainability*, 12(17), 6768. <https://doi.org/10.3390/SU12176768>
230. Peron, M., Saporiti, N., Pozzi, R., & Ciano, M. P. (2025). Blockchain in the pharmaceutical sector: empirical evidence on the associated challenges and countermeasures. *International Journal of Production Economics*, 279, 109685. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109685>
231. Philipp, R., Prause, G., & Gerlitz, L. (2019). Blockchain and Smart Contracts for Entrepreneurial Collaboration in Maritime Supply Chains. *Transport and Telecommunication*, 20(4), 365–378. <https://doi.org/10.2478/ttj-2019-0030>
232. Pinto Lopes, D., Rita, P., & Treiblmaier, H. (2021). The impact of blockchain on the aviation industry: Findings from a qualitative study. *Research in Transportation Business & Management*, 41, 100669. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100669>

233. Polcumpally, A. T., Pandey, K. K., Kumar, A., & Samadhiya, A. (2024). Blockchain governance and trust: A multi-sector thematic systematic review and exploration of future research directions. *Heliyon*, 10(13), e32975. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32975>
234. Popoola, O., Rodrigues, M., Marchang, J., Shenfield, A., Ikpehai, A., & Popoola, J. (2024). A critical literature review of security and privacy in smart home healthcare schemes adopting IoT & blockchain: Problems, challenges and solutions. *Blockchain: Research and Applications*, 5(2), 100178. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2023.100178>
235. Popovicsné Szilágyi, Z. (2022). An Overview of the Situation of SMEs in Hungary in Catching up to Industry 4.0 . *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 7(3), 72-80. <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2022.3.7>.
236. Prados-Castillo, J. F., Martín, J. M. M., Alexeeva-Alexeev, I., & Guaita-Martínez, J. M. (2025). Understanding blockchain by digital natives: innovation, trust and psychological factors. *Journal of Innovation & Knowledge*, 10(1), 100806. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100806>
237. Prados-Castillo, J. F., Torrecilla-García, J. A., Andraz, G., & Martínez, J. M. G. (2023). Blockchain in Peer-to-Peer Platforms: Enhancing Sustainability and Customer Experience in Tourism. *Sustainability*, 15(22), 15968. <https://doi.org/10.3390/su152215968>
238. Queiroz, M. M. – Wamba, S. F. (2019): Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. *International Journal of Information Management*, 46, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.021>
239. Quttainah, M. A., & Singh, P. (2024). The Enablers and Interdependencies of Blockchain Technology in Supply Chain Management: Evidence From Luxury Products. *Thunderbird International Business Review*, 66(3), 263-277. <https://doi.org/10.1002/tie.22408>
240. Rahman, M. H., Yeoh, W., & Pal, S. (2024). Exploring factors influencing blockchain adoption's effectiveness in organizations for generating business value: a systematic literature review and thematic analysis. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1080/17517575.2024.2379830>
241. Rapezzi, M., Pizzi, G., & Marzocchi, G. L. (2025). What you see is what you get: the impact of blockchain technology transparency on consumers. *Marketing Letters*, 36(1), 123-140. <https://doi.org/10.1007/s11002-024-09723-9>
242. Rathore, B., Gupta, R., Biswas, B., Srivastava, A., & Gupta, S. (2022). Identification and analysis of adoption barriers of disruptive technologies in the logistics industry. *International Journal of Logistics Management*, 33(4), 1365-1393. <https://doi.org/10.1108/IJLM-07-2021-0352>
243. Rejeb, A., Appolloni, A., Rejeb, K., Treiblmaier, H., Iranmanesh, M., & Keogh, J. G. (2023a). The role of blockchain technology in the transition toward the circular economy: Findings from a systematic literature review. *Resources, Conservation and Recycling Advances*, 17, 200126. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200126>

244. Rejeb, A., Rejeb, K., Keogh, J. G., & Zailani, S. (2022). Barriers to Blockchain Adoption in the Circular Economy: A Fuzzy Delphi and Best-Worst Approach. *Sustainability*, 14(6), 3611. <https://doi.org/10.3390/su14063611>
245. Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., & Keogh, J. G. (2023b). Exploring Blockchain Research in Supply Chain Management: A Latent Dirichlet Allocation-Driven Systematic Review. *Information*, 14(10), 557. <https://doi.org/10.3390/info14100557>
246. Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., & Treiblmaier, H. (2021). Blockchain Technologies in Logistics and Supply Chain Management: A Bibliometric Review. *Logistics*, 5(4), 72. <https://doi.org/10.3390/logistics5040072>
247. Riedel, T. (2024). Addressing Challenges: Adopting Blockchain Technology in the Pharmaceutical Industry for Enhanced Sustainability. *Sustainability*, 16(8), 3102. <https://doi.org/10.3390/su16083102>
248. Riedl, R., Gschwentner, L., & Krueger, F. (2024). Determinants of trust in Bitcoin: Literature review and results of a survey study. *Telematics and Informatics Reports*, 13, 100132. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2024.100132>
249. Saari, A., Sinclair, S., Leshinsky, R., & Junnila, S. (2025). Best practices for blockchain-driven digital transformation in cross-industry settings. *Digital Business*, 5(1), 100127. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2025.100127>
250. Saari, A., Vimpari, J., & Junnila, S. (2022). Blockchain in real estate: Recent developments and empirical applications. *Land Use Policy*, 121, 106334. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106334>
251. Saberi, S. – Kouhizadeh, M. – Sarkis, J. – Shen, L. (2019): Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117–2135. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
252. Sahoo, S., Kumar, S., Sivarajah, U., Lim, W. M., Westland, J. C., & Kumar, A. (2022). Blockchain for sustainable supply chain management: trends and ways forward. *Electronic Commerce Research*, 24, 219–275. <https://doi.org/10.1007/s10660-022-09569-1>
253. Samad, T. A., Sharma, R., Ganguly, K. K., Wamba, S. F., & Jain, G. (2023). Enablers to the adoption of blockchain technology in logistics supply chains: evidence from an emerging economy. *Annals of Operations Research*, 324(1-2), 1437-1473. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04546-1>
254. Sangari, M. S., So, K. W., & Mashatan, A. (2025). Breaking the mold: the pursuit of decentralized trade and supply chain finance. *Industrial Management & Data Systems*, 125(1), 22-49. <https://doi.org/10.1108/IMDS-03-2023-0197>
255. Schwab, K. (2017): *The Fourth Industrial Revolution*. Currency, New York. ISBN: 9781524758868
256. Seshadrinathan, S., & Chandra, S. (2025). Trusting the trustless blockchain for its adoption in accounting: theorizing the mediating role of technology-organization-environment framework. *Financial Innovation*, 11(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40854-024-00685-5>
257. Shahzad, M. F., Xu, S., Baheer, R., & Ahmad, W. (2023). Unveiling the role of supply chain parameters approved by blockchain technology towards firm performance through

- trust: The moderating role of government support. *Heliyon*, 9(4), e21831. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21831>
258. Shamsuzzoha, A., Shahzad, K., Nousiainen, E., Ranta, M., Helo, P., & Govindan, K. (2025). Ensuring Supply Chain Transparency by Deploying Blockchain-Enabled Technology: An Overview With Demonstration. *International Journal of Intelligent Systems*, 2025, 7304193. <https://doi.org/10.1155/int/7304193>
 259. Singh, A. K., Prasath Kumar, V. R. P., Dehdasht, G., Mohandes, S. R., Manu, P., & Rahimian, F. (2023). Investigating the barriers to the adoption of blockchain technology in sustainable construction projects. *Journal of Cleaner Production*, 403, 136840. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136840>
 260. Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
 261. Statista. (2023). *Blockchain technology market size worldwide from 2018 to 2025*. Statista. [https://www.statista.com/study/39859/blockchain-statista-dossier, letöltve 2024.10.12.]
 262. Sun, C.-Y., Chen, S.-S., & Ho, Y.-H. (2025). De-identification of open-source intelligence using finetuned LLaMA-3. *High-Confidence Computing*, 100357. <https://doi.org/10.1016/j.hcc.2025.100357>
 263. Swan, M. (2015): *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA.
 264. Taherdoost, H. (2022). A Critical Review of Blockchain Acceptance Models—Blockchain Technology Adoption Frameworks and Applications. *Computers*, 11(2), 24. <https://doi.org/10.3390/computers11020024>
 265. Tangsakul, M., & Sureeyatanapas, P. (2024). Understanding critical barriers to the adoption of blockchain technology in the logistics context: An interpretive structural modelling approach. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(1), 100355. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100355>
 266. Tan-Vo, K., Nguyen, H.-T., & Nguyen-Hoang, T.-A. (2025). An Integrated Decision-Making Framework for Enhancing Blockchain Scalability and Efficiency: Layer-2, Off-Chain Storage, and Smart Contracts. *IEEE Access*, 13, 12345-12356. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3596021>
 267. Tapscott, D. – Tapscott, A. (2016): *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. Penguin, London.
 268. Teisserenc, B., & Sepasgozar, S. (2021). Adoption of blockchain technology through digital twins in the construction industry 4.0: A PESTELS approach. *Buildings*, 11(12), 670. <https://doi.org/10.3390/buildings11120670>
 269. Teng, Y., Shang, K. C., Wang, H. C., Kuo, S. Y., & Lu, C. S. (2025). The implementation of blockchain adoption in China's manufacturing industry: the technology organization environment (TOE) method. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, 123. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04570-z>
 270. Tornatzky, L. G. – Fleischer, M. (1990): *The Processes of Technological Innovation*. Lexington Books.

271. Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
272. Treiblmaier, H., Rejeb, A., van Hoek, R., & Lacity, M. (2021). Intra- and Interorganizational Barriers to Blockchain Adoption: A General Assessment and Coping Strategies in the Agrifood Industry. *Logistics*, 5(4), 87. <https://doi.org/10.3390/logistics5040087>
273. Ullah, N., Mugahed Al-Rahmi, W. M., Alblehai, F., Fernando, Y., Alharbi, Z. H., Zhanbayev, R., Al-Adwan, A. S., & Habes, M. (2024). Blockchain-powered grids: Paving the way for a sustainable and efficient future. *Heliyon*, 10(5), e31592. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31592>
274. Ullah, N., Mugahed Al-Rahmi, W. M., Alzahrani, A. I., AlFarraj, O., & Alblehai, F. M. (2021). Blockchain technology adoption in smart learning environments. *Sustainability*, 13(4), 1801. <https://doi.org/10.3390/su13041801>
275. Vargha, A. (2023). Mediációs elemzések pszichológiai kutatásokban. *Alkalmazott Pszichológia*, 25(2), 93–128. <https://doi.org/10.46596/ap.2023.25.2.93>
276. Vasileiou, M., Kyrgiakos, L. S., Kleisiari, C., Lappas, P. Z., Tsinopoulos, C., Kleftodimos, G., Ntemou, A., Kateris, D., Moulogianni, C., & Vlontzos, G. (2025). Digital Transformation of Food Supply Chain Management Using Blockchain: A Systematic Literature Review Towards Food Safety and Traceability. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s12599-025-00948-0>
277. Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., Davis, F. D. (2003): User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
278. Verhoeven, P., Sinn, F., & Herden, T. T. (2018). Examples from Blockchain Implementations in Logistics and Supply Chain Management: Exploring the Mindful Use of a New Technology. *Logistics*, 2(3), 20. <https://doi.org/10.3390/logistics2030020>
279. Wang, M., & Yang, Y. (2022). An empirical analysis of the supply chain flexibility using blockchain technology. *Frontiers in Psychology*, 13, 1004007. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1004007>
280. Wang, M., Wang, B., & Abareshi, A. (2020). Blockchain technology and its role in enhancing supply chain integration capability and reducing carbon emission: A conceptual framework. *Sustainability*, 12(24), 10550. <https://doi.org/10.3390/su122410550>
281. Wang, Z.-J., Chen, Z.-S., Xiao, L., Su, Q., Govindan, K., & Skibniewski, M. J. (2023). Blockchain adoption in sustainable supply chains for Industry 5.0: A multistakeholder perspective. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(4), 100425. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100425>
282. Wibowo, W. S., & Yazid, S. (2023). Unveiling roadblocks and apping solutions for blockchain adoption by governments: a systematic literature review. *Journal of Information Technology Education: Research*, 22, 1-35. <https://doi.org/10.28945/5186>
283. Wong, L. W. – Leong, L. Y. – Hew, J. J. – Tan, G. W. H. – Ooi, K. B. (2020): Time to seize the digital evolution: Adoption of blockchain in operations and supply chain

- management among Malaysian SMEs. *International Journal of Information Management*, 52, 101997. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.005>
284. Xu, C., Zhao, Y., & Wu, C. (2025). A Traceability-Based Operation with Retailer's Altruistic Preference Under Blockchain Technology. *Tsinghua Science and Technology*, 30(2), 1-13. <https://doi.org/10.26599/TST.2023.9010120>
 285. Yadlapalli, A., Rahman, S., & Gopal, P. (2022). Blockchain technology implementation challenges in supply chains – evidence from the case studies of multi-stakeholders. *International Journal of Logistics Management*, 33(4), 1432-1457. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0086>
 286. Yang, H., Zhang, Z., Jian, C., & Ahmad, N. (2025). Exploring real estate blockchain adoption: An empirical study based on an integrated task-technology fit and technology acceptance model. *PLoS ONE*, 20(1), e0317993. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317993>
 287. Yang, H., Zhang, Z., Jian, C., & Ahmad, N. (2025). Exploring real estate blockchain adoption: An empirical study based on an integrated task-technology fit and technology acceptance model. *PLoS ONE*, 20(1), e0317993. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317993>
 288. Yavaprabhas, K., Pournader, M., & Seuring, S. (2023). Blockchain as the “trust-building machine” for supply chain management. *Annals of Operations Research*, 324(1-2), 263-294. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04868-0>
 289. Zhang, J., Cao, Z., & Qu, X. (2025). Research on the influencing mechanism of enterprises' adoption intention toward blockchain-based food safety traceability systems: a UTAUT model perspective. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1637246. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1637246>
 290. Zhang, Y., Tavalaei, M. M., Parry, G., & Zhou, P. (2024). Evolution or involution? A systematic literature review of organisations' blockchain adoption factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123710. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123710>
 291. Zhao, X., Lynch JR, J. G., & Chen, Q. (2010). Reconsidering Baron and Kenny: Myths and truths about mediation analysis. *Journal of Consumer Research*, 37(2), 197-206. <https://doi.org/10.1086/651257>

SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Kutatási témához kapcsolódó tudományos munkák:

Nagy, P. (2023). Blokkláncok szerepe az üzleti életben. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 18(Különszám), 345–351. <https://doi.org/10.14232/jtgf.2023.kulonszam.345-351>

Nagy, P. (2023). Marketing a kriptó eszközök világában. *Gazdálkodástudományi Közlemények*, 10(1), 67–76.
<https://ojs.lib.unideb.hu/gazdalkodaskozlemenyek/article/view/14345>

Nagy, P. (2024). Potential uses of blockchains in human resources. *APSTRACT – Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 17(1), Article 11961.
<https://doi.org/10.19041/APSTRACT/2023/1/10>

Nagy, P., Nagy, A. Sz., & Nagy-Tóth, B. (2024). SLR about the costs of private blockchain technology for businesses. *Economica*, 15(3–4), 22–33.
<https://doi.org/10.47282/economica/2024/15/3-4/14283>

Nagy, P. (2025). A blokklánc-technológia hatékonyságnövelő és költségcsökkentő szerepe a vállalatoknál – Szisztematikus szakirodalmi áttekintés. *Gazdaság és Pénzügy*.
<https://doi.org/10.33926/GP.2025.2.5>

Nagy, P., Nagy, A. Sz., & Tumiwa, R. T. (2025). Decoding the cost factors of blockchain through digital transition: Insights from a 2020–2024 systematic literature review. *Vezetéstudomány*, 56(7–8), 28–41. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2025.07-08.03>

Nagy, P., Nagy-Tóth, B., & Nagy, A. Sz. (2025). A blokklánc-technológia hasznosíthatósága és költségcsökkentő hatása az európai nagyvállalatok működésében. *Külgazdaság*, 69(9–10), 3–31. <https://doi.org/10.47630/KULG.2025.69.9-10.3>

Nagy P. (2026). Decoding the blockchain productivity paradox in SMEs: A qualitative investigation of cognitive barriers and institutional pressures. *APSTRACT – Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 20(1), 105-114. <https://doi.org/10.19041/APSTRACT/2026/1/11>

Kutatási témától független tudományos munkák:

Szikszai-Németh, K., Czine, P., & Nagy, P. (2023). Követői magatartás vizsgálata a Debreceni Egyetem hallgatóinak körében – Fókuszban a magyar úszók. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 24(4), 63–71.

Nagy, P., Vezendi, L., Tóth, B., & Nagy, A. Sz. (2024). Work-related perspectives of freshman students at University of Debrecen, Hungary. *Revista Cubana de Educación Superior*, 43(1), 205–220.

Nagy, P. (2024). ChatGPT és más nagy nyelvi modellek (LLM-ek) biztonsági kérdései, szervezeti és társadalmi hatásai. *Rendvédelem Tudományos Folyóirat*, 13(2), 2–15.
<https://doi.org/10.53793/RV.2024.2.1>

Nagy, P., Nagy-Tóth, B., & Nagy, A. Sz. (2025). Areas of use of ChatGPT and other large language models among Hungarian universities, focusing on Generation Z and the business

world. In *Proceedings of the 16th International Conference on E-Business, Management and Economics* (pp. 216–229). Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3760557.3760590>

Nagy, P., Nagy-Tóth, B., Bittner, B., & Nagy, A. Sz. (2025). From learning to earning: Comparative insights into Hungarian Gen Z students' use of generative AI in academic and business contexts (2023–2025). *Issues in Information Systems*, 26(2), 466–488.
https://doi.org/10.48009/2_iis_135

Buzás, F. E., & Nagy, P. (2025). A tőke és költségei. In A. Nábrádi & V. Vida (Eds.), *Vállalatgazdaságtani ismeretek* (pp. 129–148). Debreceni Egyetemi Kiadó. ISBN: 978-963-615-296-3

Absztrakt:

Nagy P., (2023). Blokklánc technológia költségei vállalatok tükrében, „Kihívások és tanulságok a menedzsment területén” Konferencia, Absztraktfüzet, Debrecen

Nagy P., (2024). Chatgpt és más nagy nyelvi modellek felhasználási területei egyetemisták körében, Nemzetközi Doktorandusz Konferencia Absztrakt kötet, Debrecen

Nagy P., (2024). Blokklánc technológia hatékonyságnövelő szerepe a vállalatoknál, EDUTUS MTÜ2024 KONFERENCIA, Absztrakt kötet, Online

Nagy P., (2024). MI szerepe az üzleti világban, blokklánc és mesterséges intelligencia kapcsolata, MI és a tudomány konferencia, előadás, Debrecen

Nagy P., (2026). Blokklánc, mint stratégiai erőforrás az európai piacon, INTERNATIONAL SCIENTIFIC PHD CONFERENCE, Absztrakt kötet, Debrecen

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A kutatás célkitűzéseinek, hipotéziseinek és módszereinek összefoglalása.....	18
2. táblázat: Adatbázisok és alkalmazott keresési paraméterek	20
3. táblázat: A szakirodalmi kutatás során alkalmazott keresési karakterláncok és célkitűzések összefüggései.....	21
4. táblázat: Szisztematikus szakirodalmi beválasztási és kizárási kritériumok	21
5. táblázat: Publikációs szakaszok értelmezése	25
6. táblázat: A legidézettebb publikációk a PRISMA-ban vizsgált kutatások között.....	25
7. táblázat: A blokklánc hatása a szervezeti hatékonyságra.....	35
8. táblázat: A technológiai és menedzsment-perspektíva összehasonlító elemzése a blokklánc kontextusában.....	39
9. táblázat: A blokklánc architektúrák összehasonlító jellemzői	43
10. táblázat: Blokklánc vs. Relációs adatbázis összehasonlító mátrixa.....	47
11. táblázat: BCT alkalmazási területei a szakirodalom alapján	72
12. táblázat: A minta összetétele.....	93
13. táblázat: A kvalitatív interjúk mintavételi összetétele	96
14. táblázat: Az OSINT adatgyűjtés forrásainak triangulációja	91
15. táblázat: A blokklánc ökoszisztéma funkcionális klaszter-modellje.....	103
16. táblázat: Az azonosított entitások hagyományos szektorális megoszlása (N=64).....	103
17. táblázat: Faktor töltetek (Outer loadings) értékei.....	106
18. táblázat: Belső konzisztencia (Cronbach's alpha, rho_a, rho_c, AVE) értékei.....	107
19. táblázat: HTMT (Heterotrait-Monotrait ratio of correlations) mátrix	108
20. táblázat: Kollinearitás (VIF) vizsgálat eredményei	109
21. táblázat: Determinációs együttható (R^2) és prediktív relevancia értékei.....	110
22. táblázat: A modell effektusméretei (f^2).....	111
23. táblázat: A strukturális modell eredményei: útvonal-együtthatók és szignifikancia.....	112
24. táblázat: Kognitív és operatív gátak horgonykérdéseinek összesítése (átlagértékek 1-7 skálán)..	121
25. táblázat: Említési gyakoriság táblázat a H7 hipotézis alátámasztására (N=22)	122
26. táblázat: Intézményi elmélet és TOE faktorok értékelése (H8 hipotézis).....	124
27. táblázat: Említési gyakoriság táblázat a H8 hipotézis alátámasztására (N=22)	124
28. táblázat: Célok, hipotézisek és eredmények kapcsolata	137
29. táblázat: Alapadatbázisok egységesítése	179
30. táblázat: OSINT-kutatás eredménye	181

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: PRISMA flow-chart.....	22
2. ábra: Publikációk megoszlása megjelenési év szerint.....	25
3. ábra: Hálózati modellek típusai.....	28
4. ábra: A blokklánc működésének szemléltetése	29
5. ábra: Alap blokklánc architektúra	30
6. ábra: Tranzakció szemléltetése a blokkláncon, egy új blokk alkotása	30
7. ábra: Ellátási lánc átláthatóságának biztosítása blokklánc-alapú technológiával	34
8. ábra: Nyilvános és privát blokklánc szemléltetése.....	41
9. ábra: Blokklánc típusok mátrixa a decentralizáció foka és a tranzakciós áteresztőképesség függvényében	45
10. ábra: A blokklánc-hálózatok tipológiája az irányítási és hozzáférési modell alapján	46
11. ábra: Blokklánc döntési fa vállalatoknak	50
12. ábra: A konszenzus és immutabilitás gazdasági hatásmechanizmusa	52
13. ábra: A kutatás modellje	89
14. ábra: A PLS-SEM strukturális modellje és az útvonal-együtthatók	113
15. ábra: A blokklánc architektúrája és működési mechanizmusa egy tipikus ellátási láncban	193

MELLÉKLETEK

1. Számú melléklet - Web of Science keresési string

Az adatgyűjtés pontos menete az alábbi volt:

1. A keresési karakterlánc (Search String) futtatása

A keresés a *Basic Search* felületen történt, az alábbi paraméterek beállításával:

- **Keresési mező:** Topic (Ez a beállítás egyidejűleg keres a publikációk címében, absztraktjában és kulcsszávaiban).
- **Időintervallum:** Custom Year Range: **2015 – 2026**.

Alkalmazott keresési string:

("blockchain" OR "distributed ledger technology" OR "DLT" OR "smart contract*")

AND

("adoption" OR "implementation" OR "business value" OR "supply chain" OR "SME" OR "small and medium enterprise*" OR "cost-benefit" OR "efficiency")

AND

("TOE" OR "technology-organization-environment" OR "TAM" OR "technology acceptance model" OR "UTAUT" OR "resource-based view" OR "RBV" OR "trust" OR "barrier*")

A nyers találati lista (Results) szűkítése a bal oldali *Filter* panelen található szűrők alkalmazásával történt, biztosítva a Scopus-kereséssel való módszertani egyezést:

- **Open Access:** Kizárólag a szabad hozzáférésű tartalmak kerültek kiválasztásra.
 - *Beállítás:* „All Open Access”
- **Document Types:** A kutatás csak a tudományos folyóiratcikkekre és összefoglaló tanulmányokra fókuszált.
 - *Beállítás:* „Article” és „Review Article”
- **Language:** A nemzetközi összehasonlíthatóság érdekében csak az angol nyelvű találatok maradtak a mintában.
 - *Beállítás:* „English”

A szűrések alkalmazása után kapott végső találati szám került rögzítésre a PRISMA folyamatábrában.

2. Számú melléklet – Scopus keresési string

TITLE-ABS-KEY (("blockchain" OR "distributed ledger technology" OR "DLT" OR "smart contract*") AND ("adoption" OR "implementation" OR "business value" OR "supply chain" OR "SME" OR "small and medium enterprise*" OR "cost-benefit" OR "efficiency") AND ("TOE" OR "technology-organization-environment" OR "TAM" OR "technology acceptance model" OR "UTAUT" OR "resource-based view" OR "RBV" OR "trust" OR "barrier*")) AND PUBYEAR > 2015 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Blockchain") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Supply Chains") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Smart Contract") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Internet Of Things") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Smart Contracts") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Decentralised") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Decentralization") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Block-chain") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Supply Chain Management") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Trust")) AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final"))

3. Számú melléklet – Alapadatbázisok egységesítése

29. táblázat: Alapadatbázisok egységesítése

Scopus	WoS	Új fejlécek
Author full names	Authors	Authors
Title	Article Title	Title
Year	Publication Year	Year
-	Publication Date	Date
Abstract	Abstract	Abstract
Publisher	Publisher	Publisher
Source title	Source Title	Source
Volume	Volume	Volume
Issue	Issue	Issue
Page start	Start Page	Start Page
Page end	End Page	End Page
ISSN	ISSN	ISSN
DOI	DOI	DOI
Author Keywords	Author Keywords	Keywords
Index Keywords	Keywords Plus	Index
Affiliations	Affiliations	Affiliations
Cited by	Cited Reference Count	Citing Count
Document Type	Document Type	Document Type
Subject Area	WoS Categories	Subjects
Link	DOI Link	Link
-	Publisher City	Place

Forrás: saját szerkesztés

4. Számú melléklet – OSINT-alapú webes adatkinyerés dokumentációja

4.1. A futtatás azonosító adatai

- Adatkinyerés dátuma: 2025.11.12.
- Futtatás típusa: egyszeri, keresztmetszeti (cross-sectional) adatfelvétel
- RUN_ID: 20251112T093840Z
- Felhasznált eszköz: Parsera – webes felület (no-code verzió)
- Hozzáférés típusa: böngészőalapú, manuális URL-betöltés
- Cél: a hazai blokklánc-ökoszisztéma szereplőinek digitális lábnyom-alapú azonosítása és tipizálása

Az adatgyűjtés során kiválasztott részletes URL-lista alapján történt. A weboldalak kiválasztása a szakirodalmi eredmények alapján került összegzésre: állásportálok, hírportálok, céges weboldalak, beszámolók, sajtótájékoztatók, jelentések, egyéb közösségi média felületek.

4.2. Forráskiválasztás

A bemeneti lista három forrástípust tartalmazott:

1. Média-diskurzus
2. Munkaerőpiaci indikátorok
3. Éves pénzügyi beszámolók / jelentések

A scraping kizárólag nyilvánosan elérhető (open access) weboldalakat érintett. Bejelentkezést igénylő, paywalled vagy korlátozott tartalom nem került feldolgozásra.

4.3. Parsera webes beállítások

A 2025.11.12-i futtatás során az alábbi konfiguráció volt érvényben:

- Rendering mód: Auto
- Retry mechanizmus: 2 automatikus újrapróbálkozás sikertelen letöltés esetén
- Deduplikáció: engedélyezve
- Timestamp mező: bekapcsolva
- Sebesség / politeness: alapértelmezett (
- Export formátum: CSV (UTF-8 kódolás)

4.4. Alkalmazott kinyerési séma

A három forrástípus egységes strukturált mezők mentén került feldolgozásra az adatfúzió biztosítása érdekében.

Kinyert mezők:

- source_url
- source_domain
- source_type (media / jobs / reports)
- entity_name
- entity_country
- publication_date
- title
- summary_3_5_sentences
- blockchain_signal (0/1)
- signal_evidence_quote
- signal_category
- confidence (low / medium / high)
- parsera_crawl_timestamp_utc

A blockchain_signal mező akkor kapott 1 értéket, ha a szövegben explicit utalás szerepelt a blockchain, blokklánc, distributed ledger, osztott főkönyv, DLT, tokenization, tokenizáció, smart contract, okosszerződés, Web3 vagy kapcsolódó infrastruktúra operatív alkalmazására.

5. számú melléklet – OSINT kutatás eredménye, bizonyított haza blokklánc használó vállalkozások, intézmények, szervezetek.

30. táblázat: OSINT-kutatás eredménye

CÉGNÉV	FORRÁS by OSINT	TERÜLET	Székhely	Megjegyzés	Klaszter
1. 4iG Nyrt.	https://rs.linkedin.com/posts/4ig_4ig-blockchain-ai-activity-7031001834529931264-jbbf/ , https://karrier.4iggroup.hu/it/?locale=en_US	IT	Budapest	Blokklánc Koalíció tag; LinkedIn: Blockchain-as-a-Service ajánlatok; https://www.linkedin.com/company/4ig-nyrt/	Vertikális Megoldásszállítók
2. 6G Technology Kft	https://sixg.technology/services.html , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Gyöngyös	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
3. ALPHANEXUS Kft.	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Retail, Supply Chain	Pécs	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
4. Alpha Management Advisory Kft	https://www.hte.hu/documents/4860545/4891884/2_8_4_%20Solymos_Gyula_HTE_Infokom_2023.pdf	Research	Budapest	Tanácsadás	Ökoszisztéma-támogatók
5. Benker	https://fintech.hu/a-magyar-fejlesztesu-benker-europa-elso-blokk-lanc-alapu-neobankja/ , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Fintech	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
6. Bird & Bird	https://www.twobirds.com/en/news-and-deals/2026/global/bird-and-bird-oxygy-and-eu-commission-unveil-practices-report-for-the-european-blockchain-sandbox , https://www.twobirds.com/en/trending-topics/blockchain/team	Legal	Budapest	Kriptoszabályozási és okosszerződés-jogi tanácsadás; Koalíciós tagság	Ökoszisztéma-támogatók
7. Bitbooms Group Kft	https://bitbooms.com/about/ https://www.linkedin.com/company/bitbooms	IT / Marketing	Budapest	BCTprojekt említése, kripto-fizetés elfogadása.	Stratégiai Alkalmazók
8. BlockBen International Kft.	https://fintech.hu/blockben-a-magyar-hatteru-blockchain-innovator/ , https://blockben.com/	FinTech	Budapest	Weboldal: BCT projektek említése	Technológiai szolgáltatók

	CÉGNÉV	FORRÁS by OSINT	TERÜLET	Székhely	Megjegyzés	Klaszter
9.	BLOCKCHAIN EXPERT ZRT.	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/e-beszamolo.hu tevékenység alapján	IT	Budapest	Blokklánc Koalíció tag; Szakmai referenciák	Vertikális Megoldásszállítók
10.	Blockchain Koalíció	https://blockchainhungary.org/ , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/ https://blockchain-koalicio.hu	Government/N GO	Budapest	Hivatalos ernyőszervezet	Ökoszisztéma-támogatók
11.	Blockchain Magyarország Egyesület	https://blockchainhungary.org/kozerdeku-informaciok	Government/N GO	Budapest	Szakmai szervezet	Ökoszisztéma-támogatók
12.	Blockchain Software Development Kft.	Blockchain, DLT álláshirdetés, https://github.com/blockchain-dev-hu	IT	Szeged	GitHub	Vertikális Megoldásszállítók
13.	Blockchain Solutions Szolgáltató és Fejlesztő Zrt.	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/ https://blockchain-solutions.hu https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Budapest	Blokklánc Koalíció alapító tag; Weboldal	Technológiai szolgáltatók
14.	Blockchaineum	https://blockchaineum.com/hu/ https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Research/Development	Budapest	Weboldal: specifikus blokklánc termék fejlesztése; Blokklánc Koalíció tagság	Technológiai szolgáltatók
15.	Blockchaineum Group Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.	Blockchain, DLT álláshirdetés, https://www.forbes.hu/penz/kriptoaluta-bitcoin-lowcap-szakerto/	Fintech	Budapest	Weboldal: https://blockchaineum.com ; Forbes Magyarország említések	Technológiai szolgáltatók
16.	BME	https://ftsrg.mit.bme.hu/blockchain/hu/ , https://portal.vik.bme.hu/kepzes/targyak/VIMIAV17/en https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Research	Budapest	Oktatási tematika és kutatási laborok (pl. BME CrySyS Lab); Koalíciós tagság	Ökoszisztéma-támogatók
17.	Cadeceus	https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=b71b16d4-d2cc-4751-80af-fab9a09ad202 , https://caduceus.hu/	Fintech	Budapest	Magyarország első kriptoeszköz-átváltást validáló szolgáltatója	Technológiai szolgáltatók
18.	Cardinal Számítástechnikai Kft.	Blockchain, DLT álláshirdetés, cardinal.hu https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Fintech	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Vertikális Megoldásszállítók
19.	CoinCash (Tiwala Solutions Kft.)	https://coincash.eu/	Fintech	Budapest	Kripto ATM üzemeltetés, kriptovaluta szolgáltatások	Technológiai szolgáltatók
20.	Corvinus Egyetem	https://www.uni-corvinus.hu/main-page/research/research-centres/corvinus-fintech-centre/ https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Research	Budapest	Oktatási tematika és kutatási laborok; Koalíciós tagság	Ökoszisztéma-támogatók
21.	CryptoSoft Kft.	https://cryptosoft.hu/ , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Budapest	Specifikus blokklánc termék fejlesztése; Blokklánc Koalíció tagság	Technológiai szolgáltatók

	CÉGNÉV	FORRÁS by OSINT	TERÜLET	Székhely	Megjegyzés	Klaszter
22.	Debreceni Egyetem	https://elearning.unideb.hu/enrol/index.php?id=519 , https://inf.unideb.hu/halozat-es-rendszerbiztonsagi-reszismereti-kepzes	Research	Debrecen	Oktatási tematika és kutatási laborok;	Ökoszisztéma-támogatók
23.	Deloitte Zrt.	https://www.deloitte.com/hu/en/services/consulting/blockchain-and-digital-assets.html	Legal	Budapest	Blockchain tanácsadási divízió	Ökoszisztéma-támogatók
24.	DLabs	https://www.dlabs.hu/	IT	Budapest	BC fókuszú fejlesztőház	Vertikális Megoldásszállítók
25.	Edutus Egyetem	https://european-digital-innovation-hubs.ec.europa.eu/edih-catalogue/digitaltech-edih , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Research	Tatabánya	Oktatási tematika és kutatási laborok; Koalíciós tagság	Ökoszisztéma-támogatók
26.	EIT Digital Hungary Nonprofit Kft	https://european-digital-innovation-hubs.ec.europa.eu/edih-catalogue/digitaltech-edih	Research	Budapest	Blokklánc Koalíció tag, projekt említése	Stratégiai Alkalmazók
27.	ELTE	https://european-digital-innovation-hubs.ec.europa.eu/edih-catalogue/digitaltech-edih , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Research	Budapest	Oktatási tematika és kutatási laborok; Koalíciós tagság	Ökoszisztéma-támogatók
28.	Enerhash Technologies Zrt.	https://fintech.hu/tozsdere-keszul-a-magyar-techceg-egyedulallo-lehet-egesz-europaban/	Energia	Budapest	Specifikus blokklánc termék fejlesztése; Blokklánc Koalíció tagság	Technológiai szolgáltatók
29.	Erste Bank Hungary Zrt.	https://www.erstegroup.com/en/news-media/press-releases/2018/10/23/paperless-ssd-blockchain-alias	FinTech	Budapest	Pénzügyi beszámoló K+F fejezete, sajtóközlemény pilot projektről	Stratégiai Alkalmazók
30.	Ex Machina Kft.	https://www.linkedin.com/company/exmachinaltd , https://exmachina.hu/	FinTech	Szeged	BCT Projekt említése	Stratégiai Alkalmazók
31.	Extend Europe Kft.	Blockchain, DLT álláshirdetés	IT	Budapest	Profession ("Blockchain, Blokklánc, DLT, Solidity") munkakör	Technológiai szolgáltatók

	CÉGNÉV	FORRÁS by OSINT	TERÜLET	Székhely	Megjegyzés	Klaszter
32.	Ferencvárosi Torna Club (FTC)	https://index.hu/gazdasag/2023/08/17/ferencvaros-fradi-kripto valuta-otp-web3-blokk lanc-nft-ftc/ , https://www.socios.com/ferencvaros/	Sport	Budapest	Fradi Fan Token (Blockchain alapú szurkolói token)	Stratégiai Alkalmazók
33.	FuturAqua Nyrt.	https://futuraqua.eu/megetkezett-a-watereum-blockchain-alapu-kripto valuta-alkotott-a-futuraqua-nyrt/ , https://www.portfolio.hu/uzlet/20200803/befejezte-a-watereum-token-elso-sorozatanak-kibocsatasat-a-futuraqua-443382	Industry	Pécs	BCT Projekt említése, Water Asset Tokenization.	Stratégiai Alkalmazók
34.	GamiTradingHU Kft	Blockchain, DLT álláshirdetés	IT	Budapest	Profession ("Blockchain, Blokklánc, DLT, Solidity") munkakör	Technológiai szolgáltatók
35.	GIRO Zrt.	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Fintech	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
36.	Goldfish Innovation Kft.	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
37.	Gránit Bank Nyrt.	https://www.portfolio.hu/bank/20250303/vilagraszolo-ujitast-vezettek-be-magyarorszagon-blokk lanc-beszalgetnek-a-bankok-es-a-biztositok-744975#	FinTech	Budapest	BCT Projekt említése	Stratégiai Alkalmazók
38.	GS1 Magyarország	https://gs1hu.org/rolunk/hirek-esemenyek/a-gs1-szabvanyok-es-a-blockchain	Retail, Supply Chain	Budapest	BCT Projekt említése, Gibli Pilot	Stratégiai Alkalmazók
39.	Hungarian Polkadot DAO	https://polkadotHungary.net/	Government/N GO	Budapest	BCT Projekt említése	Stratégiai Alkalmazók
40.	ID&Trust Kft.	https://nkfih.gov.hu/english-2017/nrdi-fund/funding-to-smes-and-large-companies https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Budapest	BCT Projekt említése	Stratégiai Alkalmazók
41.	INLOCK	https://fintechzone.hu/inlock-blockchain-startup-kripto-hitel/	FinTech	Budapest	BCT Projekt említése	Technológiai szolgáltatók

	CÉGNÉV	FORRÁS by OSINT	TERÜLET	Székhely	Megjegyzés	Klaszter
42.	K&H Bank	https://www.kh.hu/csoport/sajto/-/sajtohir/a-hazai-startupok-is-a-blockchain-technologia-fele-mozdulnak	FinTech	Budapest	BCT Projekt említése, Koalíciós tagság	Stratégiai Alkalmazók
43.	Kapolyi Ügyvédi Iroda	https://kapolyi.com/a-kripto-eszkozok-szabalyozasanak-jelenlegi-helyzete-magyarorszagon/	Legal	Budapest	Kriptoszabályozási és okosszerződés-jogi tanácsadás; Koalíciós tagság	Ökoszisztéma-támogatók
44.	KPMG Hungary Kft	https://kpmg.com/hu/hu/home/services/advisory/risk/financial-risk-management/risk-regulatory/crypto-asset-services-advisory.html	Legal	Budapest	Blockchain tanácsadási divízió; Blokklánc Koalíció tag	Ökoszisztéma-támogatók
45.	Magyar Bankholding / MBH	https://www.dorsum.eu/2023/07/03/cryptocurrencies-mica-blockchain-and-tokenized-securities-a-joint-interview-with-mbh-bank-on-portfolio-hu/	Fintech	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
46.	Magyar Nemzeti Bank (MNB)	https://www.mnb.hu/letoltes/student-safe-white-paper-final-20250303-en.pdf , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Government/N GO	Budapest	BCT Projekt említése, koalíciós tagság	Stratégiai Alkalmazók
47.	Magyar Államkincstár	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Government/N GO	Budapest	Koalíciós tagság	Stratégiai Alkalmazók
48.	MISZ Műegyetemi Iskolaszövetkezet	Blockchain, DLT álláshirdetés	IT	Budapest	Profession ("Blockchain, Blokklánc, DLT, Solidity") munkakör	Technológiai szolgáltatók
49.	Mosaic Alpha	https://www.portfolio.hu/befektetes/20230519/magyar-blokklanfejlesztok-inditottak-el-egy-uj-kriptos-platformot-616160	Fintech	Budapest	BCT Projekt említése	Stratégiai Alkalmazók
50.	MVM Csoport	https://smartfuturelab.mvm.hu/ , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Energy	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
51.	NATRIX Bt.	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Legal	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
52.	Nemzeti Adó- és Vámhivatal (NAV)	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	Government/N GO	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
53.	Nemzeti Mobilfizetés Zrt.	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	FinTech	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók

	CÉGNÉV	FORRÁS by OSINT	TERÜLET	Székhely	Megjegyzés	Klaszter
54.	NG Project Kft	https://ngproject.hu/ , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
55.	NHI Kft.	https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Budapest	Blokklánc Koalíció tag	Stratégiai Alkalmazók
56.	OKBL Hungary Services and Technology Kft	Blockchain, DLT álláshirdetés	IT	Budapest	Profession ("Blockchain, Blokklánc, DLT, Solidity") munkakör	Technológiai szolgáltatók
57.	Oppenheim	https://www.oppenheimlegal.com/hu/news/kulonutas-kriptoeszkoz-szabalyozas	Legal	Budapest	Szakmai tagság vagy tanácsadói tevékenység publikus említése.	Ökoszisztéma-támogatók
58.	OTP Bank Nyrt.	https://www.otpbank.hu/portal/hu/nkfia/kovetkezo-generacios-megoldasok , https://bitport.hu/magyar-bank-is-keszul-a-blockchain-korszakra , https://www.economx.hu/tudatos-penzugyek/otp-uj-korszak-kezdomdik.809637.html	FinTech	Budapest	OTP Lab: Blockchain-alapú zálogjog-nyilvántartás kísérlet, BCT Projekt említése	Stratégiai Alkalmazók
59.	PwC Magyarország	https://www.pwc.com/hu/hu/folyamatazonositas/fintech-blockchain.html	Legal	Budapest	Blockchain tanácsadási divízió; Blokklánc Koalíció tag	Ökoszisztéma-támogatók
60.	Randstad Hungary Kft.	Blockchain, DLT álláshirdetés	IT	Budapest	Cvonline.hu álláshirdetés ("Blockchain, Blokklánc, DLT, Solidity") munkakör	Technológiai szolgáltatók
61.	Rockwood Quantum Kft.	https://rockwood.eu/ , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Budapest	BCT Projekt említése, Koalíciós tagság	Stratégiai Alkalmazók
62.	RowanHill Digital Kft.	https://rowanhilldigital.com , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/	IT	Budapest	BCT Projekt említése, Koalíciós tagság	Stratégiai Alkalmazók
63.	Széchenyi István Egyetem	https://blockchainhungary.org/ , https://bck.neum.hu/szervezet/tagjaink/ , https://www.hte.hu/documents/4860545/4891884/2_8_4_%20Solymos_Gyula_HTE_Infokom_2023.pdf	Research	Győr	Oktatási tematika és kutatási laborok; Koalíciós tagság	Ökoszisztéma-támogatók
64.	TE-FOOD	https://te-food.com https://te-food.com/solution/blockchain/ https://www.foodnavigator.com/Article/2023/11/15/How-a-Hungarian-tech-company-is-using-blockchain-to-trace-food-supply-chains	Retail, Supply Chain	Budapest	Weboldal: https://te-food.com (Globális logisztikai BC); GitHub: https://github.com/te-food	Technológiai szolgáltatók

Forrás: Saját szerkesztés

6. számú melléklet PLS-SEM értékeléshez készült kérdőív

I. General Information (Q1-5)

1. Respondent's position within the company (optional) — *Open-ended response*
2. Industry: agriculture, manufacturing, construction and real estate, energy, retail, banking and financial services, technology, healthcare, transportation and logistics, education
3. Company size: 1–50, 51–200, 201–1000, 1001+ employees
4. Company revenue in the previous fiscal year: more than €50 million / less than €50 million
5. Company headquarters — *Open-ended response*

II. Blockchain Adoption (Q6-7)

6. What are the primary objectives of blockchain adoption in your company? (*Select all that apply*)
 - Transaction security and fraud prevention
 - Supply chain transparency and traceability
 - Data security and privacy
 - Automation via smart contracts
 - Regulatory compliance and reporting
 - Payment processing and financial transactions
 - Identity management and authentication
 - Operational cost reduction
 - Enhancing customer trust and brand reputation
 - Cross-border transaction facilitation
 - Enabling decentralized applications (dApps)
7. How would you describe the current level of blockchain adoption in your company?
(ADOPTION_LEVEL)
 - Planning stage (2): The company is currently evaluating the potential of blockchain technology and identifying possible areas of application. At this stage, the focus is mainly on research, strategic discussions, and feasibility analysis rather than implementation.
 - Early adoption (pilot projects) (3): The company has started experimenting with blockchain through pilot projects or limited trials. These initiatives aim to test the technology's feasibility, performance, and potential business value in a controlled environment.
 - Active expansion of blockchain-based initiatives (5): The company is actively expanding the use of blockchain across multiple projects or business processes. Blockchain is increasingly considered a strategic technology that can enhance efficiency, transparency, or trust in operations.
 - Partial deployment in specific areas(6): Blockchain solutions have already been implemented in certain business units or operational areas. While the technology is functioning in practice, it is not yet fully integrated across all core processes of the organization.
 - Fully integrated into core operations (7): Blockchain technology is fully embedded in the company's key operational processes and business model. It plays a central role in ensuring transparency, security, and efficiency in the organization's activities.

III. Perceived Business, Financial, and ESG Impacts (Q8-13)

8. Please indicate the extent to which you agree with the following statements regarding the impact of blockchain on your company (1 = Strongly disagree, 7 = Strongly agree):
 - 8.1 Blockchain has improved data security and privacy in our organization **(DI1)**
 - 8.2 We have experienced cost savings due to blockchain (e.g., documentation, records, compliance) **(BCT1)**
 - 8.3 Blockchain has improved transparency in our supply chain **(LOG1)**
 - 8.4 Blockchain has contributed to achieving our ESG (environmental, social, governance) goals
 - 8.5 The efficiency of business transactions has improved due to blockchain **(SEC1)**
 - 8.6 Blockchain has improved the effectiveness of our logistics and supply chain management (e.g., faster deliveries, fewer errors, better supplier coordination) **(LOG2)**
 - 8.7 Blockchain has reduced the incidence of fraud in our financial and operational transactions **(TRUST1)**
 - 8.8 Blockchain adoption has improved our CRM processes, leading to greater customer satisfaction **(CRM1)**

- 8.9. More customer feedback was provided regarding on our transparency (**CRM2**)
- 8.10. Blockchain has enhanced trust and transparency in customer interactions, improving loyalty (**CRM3**)
9. How has blockchain adoption impacted the following financial aspects of your company? (1 = Strongly disagree, 7 = Strongly agree):
- 9.1 Revenue growth
 - 9.2 Profitability (e.g., ROI, ROE) (**BCT2**)
 - 9.3 Operational cost efficiency
 - 9.4 Effectiveness of risk management (**SEC2**)
 - 9.5 Cash flow optimization
10. To what extent has blockchain contributed to the following ESG dimensions? (1 = Strongly disagree, 7 = Strongly agree):
- 10.1 Reducing environmental impact (e.g., energy efficiency, carbon footprint) (**BCT3**)
 - 10.2 Improving ethical accountability in the supply chain (**LOG3**)
 - 10.3 Enhancing transparency in corporate governance (**TRUST2**)
 - 10.4 Strengthening data integrity and regulatory compliance (**DI2**)
 - 10.5 Supporting responsible investment decisions
11. Section about digital competencies (1 = Strongly disagree, 7 = Strongly agree):
- 11.1 Our organization's leadership and employees possess high-level digital competencies and are open to the rapid adoption of new technological innovations. (**DIG1**)
 - 11.2. The leadership and staff of our organization possess strong digital competencies and are highly receptive to the rapid adoption of technological innovations. (**DIG2**)
12. What are the main challenges your company faces regarding blockchain adoption? (*Select all that apply*)
- High implementation costs
 - Regulatory uncertainty
 - Lack of technical expertise
 - Integration with existing systems
 - Scalability issues
 - Limited industry-wide adoption
 - Internal resistance to change
13. Does your company plan to expand its use of blockchain in the next 3 years?
- Yes
 - No
 - Not sure
14. Do you have any additional comments on how blockchain is affecting your business?
(*Optional — open-ended response*)

7. számú melléklet – Interjú kérdések

BEVEZETÉS

„Kérem, egy-két mondatban mutassa be a cégét – milyen iparágban tevékenykednek, mekkora a méretük, és Önnek pontosan mi a szerepe a technológiai beruházásokról szóló döntésekben?”

(*TRI - Awareness / Alapszint mérése*): „Ha egy laikus iparági partnerének röviden el kellene magyaráznia, hogy az Ön olvasatában mi is az a blokklánc technológia – kifejezetten a kriptovalutákon túl, üzleti fókusszal –, hogyan fogalmazná meg?”

I. BLOKK: Tudatosság vs. Komplexitás és Költségek

(*TAM - Perceived Usefulness / H7*): „A jelenlegi ismeretei alapján lát-e olyan konkrét, mindennapi folyamatot vagy üzleti problémát a saját cégében, amit a blokklánc technológia hatékonyabban oldhatna meg? Ha igen, mik lennének ezek?”

(*TAM - Perceived Usefulness / H7*): „Lát-e jelenleg akkora hozzáadott értéket a blokkláncban, ami miatt érdemesnek tartaná lecserélni vagy kiegészíteni a jól bevált, meglévő IT rendszereiket és folyamataikat?”

(*TRI - Insecurity & Awareness / H7*): „Amikor egy ilyen viszonylag új, sokat emlegetett technológiáról hall, milyen kockázatokat vagy bizonytalanságokat lát benne? Van-e esetleg bizalmatlanság a menedzsment részéről amiatt, hogy a technológia működése nehezen átlátható?”

(*TAM - Perceived Ease of Use & UTAUT - Effort Expectancy / H7*): „Mit gondol, mennyire lenne bonyolult a blokklánc-alapú rendszerek megértése, megtanulása és napi használata a saját munkatársai, illetve az IT csapata számára?”

(*UTAUT - Price Value / H7*): „Egy ilyen technológia megítélésekor mekkora súllyal esik latba a bevezetési költség? Inkább a beruházás abszolút összege riasztó a KKV-k számára, vagy inkább az, hogy a megtérülés (ROI) nem kiszámítható?”

(*TAM, UTAUT, TRI szintézise / H7*): „Tegyük egy gondolat kísérletet! Tegyük fel, hogy holnap nyernek egy vissza nem térítendő pályázatot, ami 100%-ban fedezi a rendszert, és egy profi szakértői csapat ingyen elvégzi a teljes technikai integrációt. Tehát sem költség, sem technikai terhelés nincs. Ebben az esetben azonnal bevezetnék a technológiát, vagy van valami más – például a valós üzleti haszon hiánya –, ami miatt még így is haboznának?”

II. BLOKK: Külső Nyomás vs. Belső Innovációs Hajlandóság

(*TRI - Innovativeness / H8*): „Általánosságban hol helyezné el vállalatát a technológiai adaptációs görbén? Szeretnek elsőként lenni és kísérletezni, vagy inkább megvárják, amíg a nagyok kifizetik a tanulópénzt, és csak a már bizonyított technológiákat veszik át?”

(*TOE - Organization & Context / H8*): „Volt-e már rá példa a cégük életében, hogy egy teljesen új, a piacon még kiforratlan digitalizációs technológiát saját, belső elhatározásból vezettek be, pusztán azért, hogy stratégiai előnyt szerezzenek?”

(*Institutional Theory - Mimetic pressure & TOE - Competitive Environment / H8*): „Mennyire figyelik a közvetlen versenytársak technológiai lépéseit? Belevágnának-e egy blokklánc projektbe pusztán azért, mert azt látják, hogy a konkurencia is ezt teszi, és félnek a lemaradástól?”

(*Institutional Theory - Coercive pressure & UTAUT - Social Influence / H8*): „Hogyan reagálna a cége, ha a legfontosabb megrendelőjük – például egy multinacionális partner –, vagy a domináns beszállítói hálózatuk holnaptól kötelezővé tenné egy blokklánc-alapú nyomonkövetési rendszer használatát?”

(*Institutional Theory - Normative pressure / H8*): „Mekkora befolyással bírnak a döntéseikre az iparági szabványok, a szakmai kamarák ajánlásai, vagy éppen a külső IT tanácsadók véleménye, amikor egy új technológia bevezetéséről döntenek?”

(*TOE vs. Institutional Theory / H8*): „Összességében, ha a blokklánc hazai KKV-szektorban történő elterjedését nézzük: Ön szerint mi fogja elhozni az áttörést? Egy belső érési folyamat, ahol a cégvezetők felismerik a technológia hasznát, vagy sokkal inkább egy külső "kényszer", ahol az ellátási lánc diktálja a feltételeket, esetleg egy jobb támogatási „finanszírozási” környezet?”

ZÁRÓ BLOKK:

„A beszélgetésünk végén felolvasok öt rövid állítást. Kérem, mondja meg, hogy 1-től 7-ig terjedő skálán mennyire ért egyet velük (1: egyáltalán nem, 7: teljes mértékben).”

1. (*TAM - PU vs. Cost / H7*): „A blokklánc technológia megértésének és a konkrét üzleti hasznának a hiánya jelenleg nagyobb akadály számunkra, mint a bevezetés pénzügyi költsége.” [____]
2. (*TAM - PEOU / H7*): „A technológia túlzott bonyolultsága a fő ok, ami miatt a KKV-k ódzkodnak a blokkláncotól.” [____]
3. (*Institutional Theory - Coercive / H8*): „A mi iparágunkban a KKV-k maguktól nem fognak blokkláncot használni, csakis akkor, ha a nagy partnerek vagy a jogszabályok rákényszerítik őket.” [____]
4. (*TOE - Competitive / H8*): „Csak akkor lépünk a blokklánc irányába, ha a konkurencia már bizonyítottan sikeresen alkalmazza, és emiatt versenyhátrányba kerülnénk.” [____]
5. (*TRI - Innovativeness / H8*): „A cégünk proaktívan, a külső kényszerektől függetlenül, önállóan keresi az ilyen úttörő megoldásokat.” [____]

Van e esetleg egyéb megjegyzése, észrevétele?

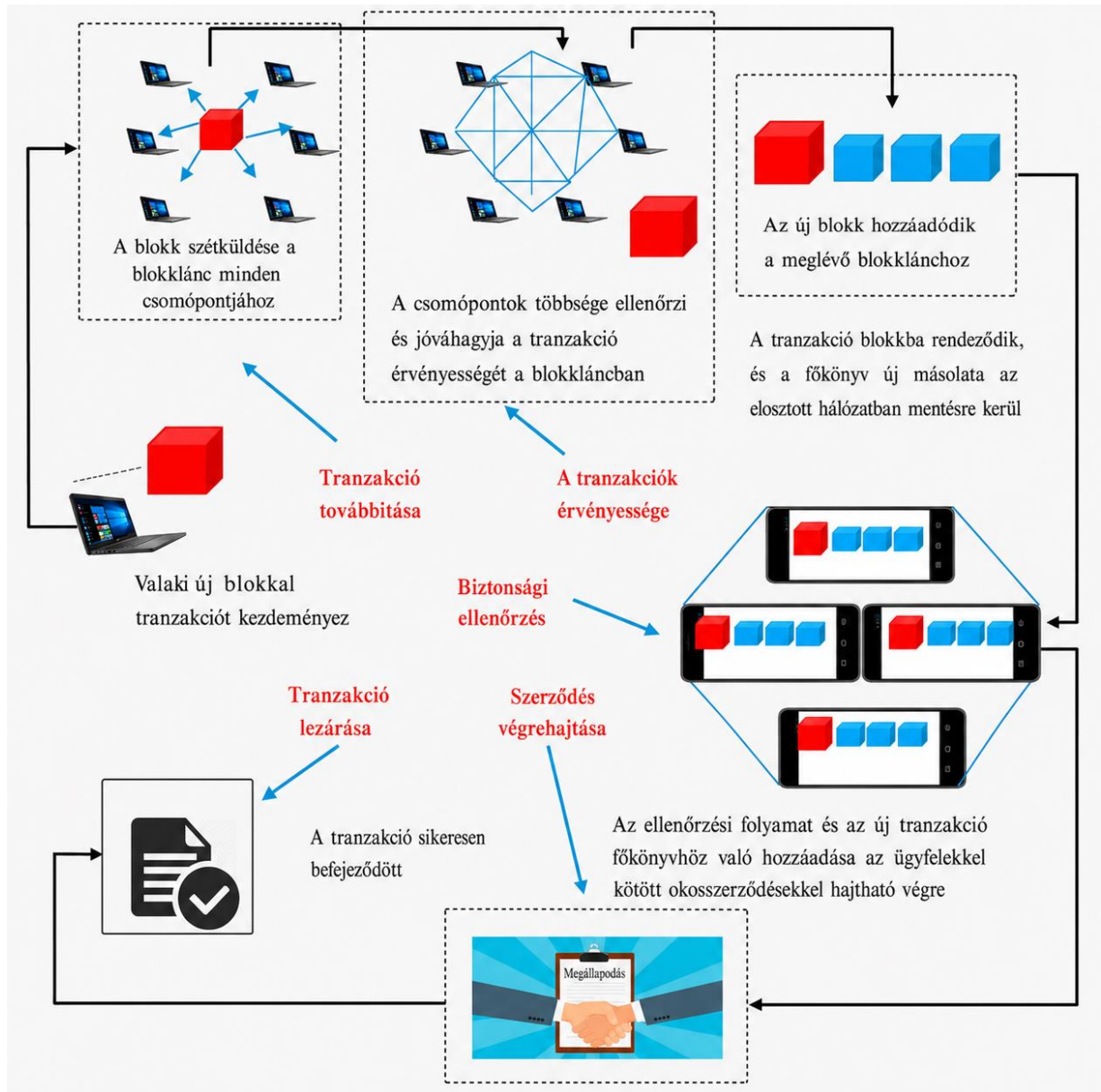
.....

8. számú melléklet – PRISMA 2020 27-elemű ellenőrzőlista

Szakasz és téma	Elem	PRISMA 2020 Elvárás	Fejezet a kutatásban
CÍM	1.	Szerepeljen a címben, hogy szisztematikus irodalomkutatás.	2.1. fejezet
ABSZTRAKT	2.	Lásd a PRISMA 2020 Absztrakt ellenőrzőlistát.	nem releváns
BEVEZETÉS	3.	A kutatás indoklása a meglévő ismeretek kontextusában.	1.1. fejezet
	4.	A vizsgálat céljainak (kérdéseinek) explicit megfogalmazása.	1.2.1. fejezet, C1-célkitűzés
MÓDSZERTAN	5.	Beválasztási és kizárási kritériumok megadása.	2.1.2. fejezet, 4. táblázat
	6.	Minden használt adatbázis és a keresések dátumának megadása.	2.1.1. fejezet, 2. táblázat
	7.	Teljes keresési stratégia bemutatása minden adatbázisra.	2.1.1. fejezet, 2. táblázat és 1-2. sz. mellékletek
	8.	A tanulmányok kiválasztási folyamatának módszerei.	2.1.3. fejezet, 1. ábra
	9.	Adatextrakciós folyamat leírása.	2.1.4. fejezet
	10a-b.	A kinyert adatok és kimenetek (változók) definiálása.	2.1.4. fejezet
	11.	A beválasztott tanulmányok torzítási kockázatát (Risk of bias) értékelő módszerek.	2.1.2. fejezet
	12.	Alkalmazott hatásmérők (Effect measures).	csak Meta analízis esetén releváns
	13a-f.	Az eredmények szintézisének módszerei (adatok előkészítése, táblázatok, vizualizáció).	2.1.5. és 2.2. fejezetek
	14.	Publikációs torzítás (Reporting bias) értékelésének módszerei.	A szintézis kvalitatív, nem releváns
	15.	A bizonyítékok bizonyosságát (Certainty) értékelő módszerek.	2.1.4. fejezet
EREDMÉNYEK	16a-b.	A keresés és kiválasztás eredményei, flow-chart, kizárt tanulmányok indoklása.	2.1.3. fejezet, 1. ábra
	17.	A beválasztott tanulmányok jellemzői.	2.1.5. fejezet és 2.2. fejezet

Szakasz és téma	Elem	PRISMA 2020 Elvárás	Fejezet a kutatásban
	18.	Torzítási kockázat eredményei a tanulmányokban.	2.1.4. fejezet
	19.	Az egyedi tanulmányok eredményei.	2.1.5. fejezet, 6. táblázat és 2.3-2.8. fejezetek
	20a-d.	A szintézis eredményei (metaanalízis hiányában a tematikus szintézis eredményei).	2.9. fejezet
	21.	Publikációs torzítások (Reporting bias) értékelésének eredményei.	2.1.4. fejezet
	22.	A bizonyítékok bizonyosságának eredményei.	2.1.4. fejezet
MEGVITATÁS	23a-d.	Eredmények általános értelmezése, a bizonyítékok és a felülvizsgálat korlátai, jövőbeli kutatási irányok.	3.1. fejezet, 5. fejezet és 6. fejezet.
EGYÉB	24a-c.	A protokoll regisztrációja (pl. PROSPERO) és módosítások.	nem releváns
	25.	Támogatás (Funding).	nem releváns
	26.	Érdekkellentétek (Competing interests).	nem releváns
	27.	Adatok, kódok és egyéb anyagok elérhetősége.	Mellékletek

9. számú melléklet – A blokklánc működési mechanizmusa



15. ábra: A blokklánc architektúrája és működési mechanizmusa egy tipikus ellátási láncban

Forrás: saját szerkesztés NAZAM ET AL., 2022 alapján