

The background of the entire page is a complex, abstract geometric pattern in shades of blue. It consists of numerous interconnected points (nodes) and lines (edges), forming a network-like structure. Some areas are more densely connected, while others are more sparse. The overall effect is a sense of digital connectivity and complexity.

AZ OKTATÁS, A KUTATÁS ÉS A KÖZGYŰJTEMÉNYEK DIGITÁLIS TRANSZFORMÁCIÓJA FELSŐFOKON

**NETWORKSHOP 2024
33. Országos Informatikai Konferencia**

**2024. április 3–5.
Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger**

AZ OKTATÁS, A KUTATÁS ÉS A KÖZGYŰJTEMÉNYEK DIGITÁLIS TRANSZFORMÁCIÓJA FELSŐFOKON

NETWORKSHOP 2024
33. Országos Informatikai Konferencia

2024. április 3–5.
Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger

Szerkesztette: Tick József, Kokas Károly, Holl András

HUNGARNET Egyesület
Budapest, 2024



HUN-REN
Magyar Kutatási Hálózat

NETWORKSHOP

Szerkesztette: Tick József, Kokas Károly, Holl András

Tipográfia és tördelés: Vas Viktória

Korrektúra: Danyi Melinda

Angol nyelvi lektor: Cseresnyés Dorottya

Networkshop 2024 konferencia előadásainak közleményei

Eszterházy Károly Egyetem, Eger

2024. április 3–5.

ISBN 978-615-82243-2-1

DOI: <https://doi.org/10.31915/NWS.2024>

Kiadja a HUNGARNET Egyesület
az MTA Könyvtár és Információs Központ közreműködésével

Budapest

2024

Borítókép: [freepik.com](https://www.freepik.com)

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	5
Ungváry Rudolf A MARC21 formátum kettős szerkezete és a formátum felhasználói szintjének fordításai	7
Holl András, Andódy Katalin Adatbányászati gyakorlatok repozitóriumra és MTMT-re.....	16
Simon András Mesterséges intelligenciával támogatott adatgazdagítás a Nemzeti Levéltárban.....	22
Soós Gábor, Rövid András, Ormos Pál V2X – A járművek közötti kommunikáció kihívásai	29
Csernai Zoltán Egy online tanulást támogató portál kurzusának vizsgálata Big Data adatelemző módszerekkel.....	36
T. Nagy László, Németh Áron A mesterséges intelligencia (MI) teológiai kompetenciái	45
Mészáros Erika Kodaktól a jövőig – Egy könyvtári digitalizálás szinterei.....	55
Frankó Máté, Sándor Ákos Adatvizualizáció a könyvtári menedzsmentben: fejlesztések az SZTE Klebelsberg Könyvtár döntéstámogató rendszerében.....	63
Hernek István A felhasználóképzés szintjei az SZTE Klebelsberg Könyvtárban: az elsőévesektől a kutatókig	72
Némethi-Takács Margit, Borbély Mária Bibliográfiai kapcsolatok az általános megjegyzés adatmezőben.....	78
Dobás Kata, Tüskés Anna A magyar irodalomtörténet bibliográfiájának migrációja az ITIdata szemantikus adatbázisba	87
Horváth Péter A kanonikus magyar költészet versformakeresője.....	96
Sebestyén Ádám, Sárközi-Lindner Zsófia Történeti források szemantikus feldolgozása – Az ELTEdata adatbázis új gyűjteményei	105

Bolya Mátyás	
Lyukkártya és népdalrendezés – Egy mechanikus népzenei adatbázis digitális rekonstrukciójának lehetőségei.....	112
Kovácsházy Tamás	
Az idő, mint alapvető infrastruktúra, az idő szerepe az adatközpontban.....	121
Albert Ágota Katalin	
A mesterséges intelligencia használatának követelményei az oktatási szektorban, különös tekintettel a mesterséges intelligencia használatáról szóló rendelethe.....	129
Varga Emese	
Digitális szövegszerkesztés a dHUpa keretrendszerében	135
Nemoda Zsuzsanna, Héjja Balázs, Nagy Andor, Tóth Máté	
A Pest Megyei Digitális Könyvtár fejlesztése	141
Nagy Dóra, Sándor Ákos	
Voice2text: a hanganyagátírás lehetőségei MI segítségével.....	149
Kalcsó Gyula	
Képek és metaadataik gyűjteményezése scrapingtechnológiával közösségi képmegosztó oldalról	157
Péter Róbert, Szántó Zsolt, Biacsi Zoltán, Kocsis Zoltán, Berend Gábor, Bilicki Vilmos	
Az AVOBMAT (Analysis and Visualization of Bibliographic Metadata and Texts) többnyelvű kutatási eszköz munkafolyamata és új funkciói	163
Máray Tamás	
Kvantum-számítástechnika: ez már a „jövő”?	171
Fellegi Zsófia	
Digitális kiadások migrációja: gépi és emberi intelligencia együttműködése.....	177
Palkó Gábor	
Posztmodern intertextualitás és digitális szövegkiadás	184
Antal Dániel	
A szlovák adatkicserélési tér magyarországi föderációjának lehetőségei.....	192
Vass Johanna	
Kutatási adatok megosztása a gyakorlatban – Adatrepozitóriumok használata az Ökológiai Kutatóközpont publikációiban	199
Mihály Eszter, Micsik András, Nagy Kadosa	
Irodalmi levélváltások nyomában TEI-vel és térképpel.....	208

Kvantum-számítástechnika: ez már a „jövő”?

Quantum computing – is it the future?

Máray Tamás

HUN-REN SZTAKI

ORCID: [0009-0007-8032-939X](https://orcid.org/0009-0007-8032-939X)maray@sztaki.hu

Absztrakt

Egyre gyakrabban hallunk kvantumtechnológiákról, kvantumszámítógépekről, kvantum-fölénnyről, a biztonságos kommunikáció hagyományos megoldásait fenyegető kvantumalgoritmusokról, a szuper-számítástechnikát forradalmasító kvantumgyorsítókról. Hol tart ez a nem is annyira új de gyorsan fejlődő és mostanában egyre nagyobb figyelmet vonzó technológia? Mire képes már és mire még nem? Mit várhatunk tőle a belátható jövőben? Felváltja-e a jól ismert, hagyományos, neumann elvekre épülő informatikai eszközeinket és módszereinket, vagy ez egyelőre nem valószínű? Érdemes-e ismerkednünk vele, és ha igen, ezt hol kezdjük? Ezekre az izgalmas kérdésekre keresünk válaszokat, érveket és ellenérveket ebben a rövid összefoglalásban.

Kulcsszavak: kvantum, kvantuminformatika, kvantumszámítógép, kvantum-számítás-technika, HPC, szuper-számítástechnika

Abstract

We hear more and more about quantum technologies, quantum computers, quantum supremacy, quantum algorithms threatening traditional solutions for secure communication, quantum accelerators revolutionising supercomputing. What is the status of this not-so-new but rapidly developing technology, which is now attracting more and more attention? What is it already capable of and what is it not yet? What can we expect from it in the foreseeable future? Will it replace our well-known, traditional IT tools and methods based on Neumanian principles, or is this unlikely for the time being? Is it worth exploring and, if so, where should we start? These are the fascinating questions we seek answers to, and the arguments for and against, in this short summary.

Keywords: quantum, quantum informatics, quantum computers, quantum computing, HPC, supercomputing

A 20. század első felében, a klasszikus fizikát kiteljesítő modern fizika kialakulásának korában fedezték fel a fizikusok azokat a nagyon különleges – a makro világban szerzett korábbi tapasztalatainknak ellentmondó - jelenségeket, amelyek az elemi részecskék viselkedésére jellemzők. A kvantummechanika írja le ezeket a különös jelenségeket és mindezeknek a megértése és matematikailag kezelhetővé tétele segítette hozzá a legnagyobb tudós elméket ahhoz, hogy egy sor olyan – az egész emberiség számára - nagyon hasznos felfedezést tegyenek amelyek a modern technológiák alapjává váltak és a ma használt mindennapi eszközeink működését biztosítják. Elég ha csak pl. a tranzisztorra vagy a lézerre gondolunk. Tehát a „kvantumkorszak” – hívjuk így – a 20. század első felében már megkezdődött.

Napjainkban azonban egy „új kvantumkorszak” kialakulásának vagyunk tanúi. A fizika folyamatosan fejlődik, és új felismerésekkel gazdagodik. Ennek nyomán pedig a kvantum-mechanika jelenségeire épülő kvantumtechnológiák az utóbbi években egyre újabb területeken válnak az ember számára gyakorlatban is hasznosíthatóvá. Az „új” kvantumtechnológiák legalább négy különböző nagy alkalmazási területét kell megemlítenünk. Ezek a 1) kvantumérzékelés, a 2) kvantumkommunikáció, a 3) kvantumszimuláció és a 4) kvantum-számítástechnika.

Jelen összefoglalóban alapvetően a kvantum-számítástechnikára fókuszálunk, de említjük meg röviden, hogy felsorolt kvantumtechnológiák mire használatosak:

A *kvantumérzékelés* (kvantumszenzorok) használata lehetővé teszi, hogy különféle fizikai jellemzőket – pl. hőmérséklet, nyomás, gyorsulás, mágneses tér stb. – mérjünk rendkívül nagy pontossággal, miniatürizált (akár chipre integrálható), olcsó megoldásokkal. Ez órási lehetőségeket kínál az orvosi/egészségügyi felhasználástól kezdve a mobil eszközökön át a robotikáig, számtalan területen.

A *kvantumkommunikáció* olyan technológiát kínál, amely garantáltan feltörhetetlenné teszi a (hálózati) kommunikációs folyamatokban használt titkosítási eljárásokat, így teljesen biztonságos kommunikációt tesz lehetővé. Hogy ennek milyen óriási jelentősége van, vagy ennek hiánya milyen hatalmas veszélyeket rejt, azt nem kell ecsetelni.

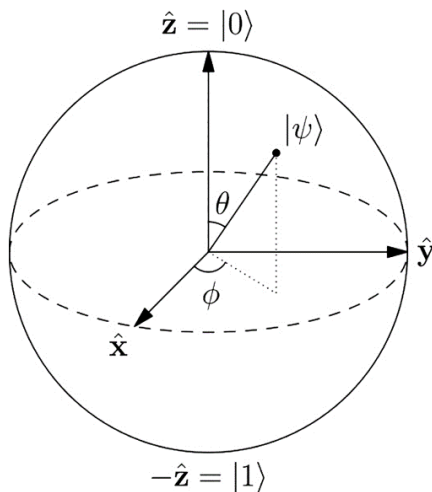
A *kvantumszimuláció* segítségével az anyagtudomány, kémia, biológia, biotechnológia jut olyan hatékony eszközkhöz, aminek a segítségével a korábbiaknál jóval pontosabban tudja modellezni a vizsgált rendszert.

A *kvantum-számítástechnika* a kvantumeffektusokra építve olyan számítógépeket (kvantumszámítógép, quantum computer, QC) hoz létre és alkalmaz, amelyek bizonyos feladatokat a hagyományos számítógépeknél jóval (akár több nagyságrenddel) gyorsabban és akár jóval kevesebb energia felhasználásával meg tudnak oldani.

A kvantum jelenségekre épülő számítógép létrehozásának ötletét először Richard Feynman (1918-1988) amerikai fizikus vetette fel az 1980-as években [1]. A kvantum számítógép nem a klasszikus számítástechnika neumann elveire épül, de annyiban hasonlatos a klasszikus számítógéphez, hogy ez is inputtal és outputtal rendelkezik és a kettő között feldolgozást végez. (Érdemes megjegyezni, hogy a fiatalabb Feynman és az idősebb Neumann kortársak voltak, ismerték egymást, sőt egy időben dolgoztak is együtt. Feynman a kvantumelektrodinamika területén végzett úttörő kutatásaiért 1965-ben Nobel-díjat kapott.)

Az egyik legfontosabb különbség a hagyományos digitális számítógép és a kvantumszámítógép között az információátvitel alapegysége. A hagyományos számítógépeinkben biteket találunk. Egy bit adott pillanatban 0 vagy 1 értéket vehet fel. Ezzel szemben a kvantum számítógépekben qubitek vannak. Az elemi részecskékből kialakított qubitek nem csak 0 vagy 1 értéket vehetnek fel adott pillanatban, hanem – a kvantummechanika szabályai szerint - ezek szuperpozícióját is. Ezt kvantumállapotnak hívjuk, és azt jelenti, hogy a qubit egyidejűleg lehet 0 és 1 állapotban is és azt, hogy kiolvasáskor (méréskor) ténylegesen melyik értéket kapjuk, azt egy ún. valószínűségi amplitúdó befolyásolja. Tehát a qubit csak bizonyos valószínűséggel tekinthető 0 vagy 1 állapotúnak.

Mindezt az ún. Bloch-gömbbel tehetjük szemléletessé (1. ábra). A qubit állapotát az origóból a gömb felszínéig mutató vektor jelenti. Ha ez a gömb északi pólusára mutat, akkor a qubit értéke 0, vagy a kvantummechanika jelölismódja szerint $|0\rangle$. Ha a vektor a déli pólusra mutat akkor az érték 1, pontosabban $|1\rangle$. Ha a gömb felszínének bármely más pontjára mutat a vektor akkor a qubit-ünk szuperpozícióban van, és az állapota: $|\Psi\rangle$. Tényleges kiolvasáskor (méréskor) csak egy adott valószínűséggel kapunk 0 vagy 1 értéket. Mivel a gömb felszínén végtelen pont van, így qubit-ünk is végtelen különböző állapotban lehet.



1. ábra: Bloch-gömb

Egyetlen qubit azonban nem elegendő ahhoz, hogy számítógépet építsünk belőle. Ahogy a klasszikus számítógépeinkben is több bitet teszünk egymás mellé és ezekből regisztereket képezünk, hogy digitális adatainkat tárolni és feldolgozni tudjuk, ugyanígy a kvantum számítógépekben is több qubitet használunk egymás mellett.

A szuperpozíció mellett a kvantummechanika másik „furcsa” jelensége az ún. összefonódás (entanglement). Ez azt jelenti, hogy két vagy több qubit összefonódott állapotba kerülhet (és ez az állapot fennálhat úgy is, ha a qubitek fizikailag nagyon távol kerülnek egymástól, ezt használják ki a kvantumkommunikációnál), ami azt jelenti, hogy az egyik qubit állapota hatással van a másik állapotára is.

Fentiek összegzéseként elmondhatjuk, hogy míg 1 qubitnek 2 értéke lehet egyidejűleg, 2 qubitnek 4 értéke, n qubitnek 2^n értéke. Így pl. egy 300 qubitese regiszter *egyszerre* 2^{300} értéket vehet fel, ami több, mint az ismert világegyetem atomjainak száma. A regiszterrel végzett egyetlen művelet ennyi értéken végzett műveletnek felel meg. Ebben rejlik tehát a kvantumszámítógépek órási párhuzamossága, és ezzel a hatalmas számítási kapacitása.

Most jutottunk el ahhoz, hogy miért érdemes kvantumszámítógépeket építeni és alkalmazni: bizonyos feladatoknál ezt a hatalmas, természetes párhuzamosságot jól ki lehet használni és a hagyományos számítógépeinkhez képest órasi sebességnövekedést lehet elérni.

Erre az óriási – akár több nagyságrendnyi – sebességnövekedésre pedig szükség is lenne. Számos olyan feladat van (NP – non-polinomiális osztályú problémák), amelyek megoldása a jelenlegi számítógépeinkkel – még a leggyorsabb szuperszámítógépekkel is – reménytelenül hosszú ideig, akár évtizedekig vagy évszázadokig is tartana. Egy ilyen hétköznapi probléma, pl. a nagy számok faktorizációja (prímtényezős felbontása). E feladat gyakorlati megoldhatatlanságán alapul a ma leggyakrabban alkalmazott titkosítási algoritmus (RSA) is. Kvantumszámítógéppel azonban a faktorizáció viszonylag gyorsan (polinomiális idő alatt) elvégezhető (ezt a Harvard Egyetemen dolgozó amerikai matematikus, Peter Shor mutatta meg, a híres „Shor”-kvantumalgoritmus megalkotásával). Számos más olyan gyakorlati jelentőséggel bíró probléma is van (pl. sok paraméteres és/vagy nagy állapotterű optimalizálási feladatok, lásd pl. „utazó ügynök”) amelyekkel a hagyományos számítógépek nem jól bírkóznak meg, de kvantumalgoritmussal kezelhetők.

Bizonyítható [2], hogy minden olyan algoritmus, ami hagyományos számítógépen fut, az kvantumszámítógéppel is megoldható (kvantumhardverrel ugyanis a Boole-függvények létrehozhatók, márpedig ezek képezik a hagyományos számítógépek alapját). Ennek az állításnak a fordítottja is igaz: a kvantumszámítógéppel megoldható feladatok megoldhatók hagyományos számítógéppel is (legfeljebb sokkal több idő alatt). Ez teszi lehetővé azt, hogy a kvantumszámítógépeket hagyományos számítógépeken szimuláljuk.

Gondolhatnánk akkor, hogy itt az idő, hogy lecseréljük a hagyományos számítógépeinket kvantumszámítógépekre. Ez azonban egyelőre nem lehetséges, de nem is volna célszerű.

Nem lehetséges azért, mert ma még nem tudunk igazán jó minőségű, megbízható kvantumszámítógépeket gyártani. Ugyan Feynman kvantumszámítógép ötlete nagyszerű és az őt követő sok fizikus és mérnök rengeteget tett azért, hogy ez meg is valósuljon, sajnos a mai tudásunk még mindig nem elég. Nem tudunk csak olyan qubiteket létrehozni, amelyek nagyon érzékenyek a környezeti zajokra, így rossz a megbízhatóságuk. Ez azt jelenti, hogy gyakran hibáznak, elveszítik vagy elrontják a kvantumállapotukat (dekoherencia). Megbízhatatlan qubitekből nehéz megbízható számítógépet építeni. Vannak ugyan erre irányuló komoly erőfeszítések és ígéretes részeredmények is (lásd: quantum error correction – QEC [3]), azonban a hibatűrő kvantumszámítógéptől (FTQC – Fault Tolerant Quantum Computer) még nagyon messze állunk. Egyes tudósok szerint legalább évtizedes távolságra. Qubiteket sok különböző technológiával lehet létrehozni (vannak szupervezető-alapú, fotonalapú, csapdázott ion alapú stb. megoldások), ezek különböző jó és rossz tulajdonságokkal rendelkeznek, de egyik sem igazán megbízható. Míg egy hagyományos tranzisztor hibázási aránya kimagaslóan jó, $\sim 10^{-27}$ addig a mai qubiteké $\sim 10^{-4}$ körül van, tehát több, mint 20 nagyságrenddel rosszabb.

Egy másik technológiai probléma az, hogy az egymás mellé helyezett, együttműködésre képes qubitek száma is egyelőre elég korlátozott, az összes kvantumszámítógép-gyártónál. Így egyelőre a kvantumalgoritmussal kezelhető problémák mérete is korlátozott.

Megbízható és kellően nagy adatok kezelésére alkalmas kvantumszámítógépek helyett így egyelőre be kell érünk az ún. NISQ-rendszerekkel (Noisy Intermediate Scale Quantum). Természetesen ezekkel is sok mindent lehet kezdeni. Bár a hagyományos számítógépeinket kiváltani nem tudják, azért egyre több fontos probléma megoldására kínálnak ígéretes

alternatívát. Vannak olyan helyzetek, amikor elfogadható pl., hogy a kvantumszámítógép a megbízhatatlansága okán hibás eredményt ad. Ha ugyanis az eredményt gyorsan és megbízható módon ellenőrizni tudjuk, és hiba esetén kérhetjük a számítás újbóli elvégzését, akkor kezeltük a problémát. A korábban említett faktORIZÁCIÓS feladat ilyen. Vagy esetleg az is elfogadható – pl. optimalizálási problémáknál – ha az esetek bizonyos százalékában nem az optimális eredményt kapjuk meg, csak egy közel optimálisat, mert még ez is jobb, mintha egyáltalán nem tudnánk kezelni a feladatot (pl. „utazó ügynök” probléma).

A ma piacon lévő kvantumszámítógépek két nagy családra oszthatók. Vannak az ún. kvantumhűtéses (quantum annealing vagy „analóg”) kvantumszámítógépek. (Ezek legismertebb gyártója a kanadai/amerikai DWave.) Kvantumhűtéses rendszerekkel kifejezetten az optimalizálási feladatok kezelhetők hatékonyan. Ilyen rendszereket már sok helyen használnak gyakorlati feladatok megoldására, köztük jól ismert, nagy cégek is.

A másik családba a sokkal univerzálisabban használható, ún. kapualapú (gate based vagy „digitális”) kvantumszámítógépek tartoznak. A legtöbb kvantumhardvergyártó ilyen gépeket fejleszt (jól ismert gyártók pl. az IBM, Google, Rigetti, IonQ, IQM, AQT stb.).

Noha az egyértelmű kvantumfölény (quantum supremacy – a kvantum számítógépek fölénye a hagyományos számítógépekkel szemben, valódi, értelmes problémák megoldása során) még nem következett be, ez ma már szinte minden pillanatban elérkezhet. A kvantumtechnológia fejlődése világszerte nagyon gyors, és ez maga után vonja a kvantuminformatika fejlődését is. A nagyhatalmak versenyfutásban állnak egymással. Az egyik legnagyobb ösztönző erő ebben az ún. Q-Day-től való félelem („fear of the Q-Day”). Ez az a nap, amelytől kezdve az RSA-titkosítási algoritmus üzemszerűen törhető lesz kvantumszámítógéppel. Ez egyfelől sajnos az internet biztonságának összeomlásával fenyeget, másfelől aki elsőként jut a képességhez, az stratégiai előnyre tehet szert. Nem véletlen tehát, hogy az USA, Kína, India, Németország, Japán és még számos fejlett ország hatalmas erőket fordít a technológia fejlesztésére. Az Európai Unió is felismerte mindennek jelentőségét, és építve arra, hogy a területen nagyon sok kiemelkedő európai tudományos eredmény születik, stratégiai célkitűzéssé tette a kvantumtechnológiák és alkalmazásaik fejlesztését. Az európai kvantumszámítógépes infrastruktúra létrehozását az EuroHPC támogatja és koordinálja. Ennek az az oka, hogy a jelenlegi elképzelések szerint a kvantumszámítógépek felhasználásának legígéretesebb módja, ha szuperszámítógépek mellé telepítve, hibrid (HPC-kvantum) algoritmusok futtatását tesszük lehetővé. Így a számításigényes feladatok végrehajtását alapvetően a hagyományos szuperszámítógépek végzik, de egyes, arra alkalmas részfeladatokat kiszerveznek (offload) a kvantumszámítógépre. E törekvés keretében 2024–2025-ben 6 EuroHPC-szuperszámítógép mellé telepítenek kvantumszámítógépet is (DE, FR, ES, IT, CZ, PL) [4], melyek elérhetővé válnak az európai kutatók számára. Természetesen nem csupán a pusztá hardvererőforrások biztosítása a cél. Az EuroHPC projekteket indít a hibrid HPC-kvantumalgoritmusok és alkalmazások fejlesztésére és a szükséges képzések támogatására is.

A kvantuminformatika már a jelen része. A fejlődése gyorsul, a számítástechnika egyes területeit forradalmasítani fogja. Bár a folyamatnak még az elején járunk, indokolt, hogy foglalkozzunk vele, megismerjük. Nemcsak fizikusok, hanem a szoftver- és alkalmazásfejlesztők, potenciális alkalmazók is. Ha most nem kezdünk barátkozni a kvantuminforma-

tikával, később hátrányba kerülhetünk. Magyarországon nincs még kvantumszámítógép. Külföldön üzemeltetett kvantumszámítógépekhez azonban lehet hozzáférést szerezni és kvantumalgoritmusok fejlesztéséhez szimulátorokat is használhatunk. Mindehhez hatékony segítséget nyújt a HUN-REN SZTAKI által a HUN-REN Cloud-hoz kifejlesztett kvantum referencia architektúra [5], amely biztosítja a legfontosabb kvantumszoftver-fejlesztő eszközöket, szimulátorokat és egyes valódi kvantumerőforrásokhoz való hozzáférést, csökkentve ezáltal a belépési küszöböt a technológia iránt érdeklődő kutatók/fejlesztők számára.

Irodalomjegyzék

- [1] Richard P. Feynman: Quantum Mechanical Computers, lekérdezve: 2024.07.01.
https://opn-web-afd-d3bfbkd5bcc5asbs.zo2.azurefd.net/opn/media/images/pdfs/11557/11557_23417_110730.pdf
- [2] Chris Bernhardt: Quantum Computing for Everyone, MIT Press, 2019
- [3] Wikipedia: Quantum Error Correction, lekérdezve: 2024.07.01.
https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_error_correction
- [4] One step closer to quantum computing, lekérdezve: 2024.07.01. https://eurohpc-ju.europa.eu/one-step-closer-european-quantum-computing-eurohpc-ju-signs-hosting-agreements-six-quantum-computers-2023-06-27_en
- [5] HUN-REN Cloud: Kvantum referencia architektúra, lekérdezve: 2024.07.01.
<https://science-cloud.hu/referencia-architekturak/quantum>