

SAJTÓKÖZLEMÉNY

Mesterséges intelligenciával tették hatékonyabbá a kvantumszámítógépeket magyar és német szakemberek

Szeptember végével sikeresen lezárult a hároméves, magyar-német nemzetközi együttműködésben megvalósult AI4QT (Artificial Intelligence for Quantum Technologies) projekt. A Faulhorn Zrt. Qutility csoportja Egri Győző és Boross Péter, a HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont részéről pedig Kálmán Orsolya és Zimborás Zoltán vezetésével folytatott kutatás és fejlesztés során, a németországi Fraunhofer IAF intézettel és a XeedQ GmbH-val való együttműködésben mesterséges intelligencián alapuló szoftver-eszközöket fejlesztettek, melyek jelentősen hozzájárulhatnak a kvantumszámítógépek pontosságának és hatékonyságának növeléséhez.

Az AI4QT projekt kiemelt célja a mesterséges intelligencia és a kvantumtechnológia – elsősorban a kvantumszámítástechnika és a kvantumos érzékelés – összekapcsolása volt. A kutatók és fejlesztők arra keresték a megoldást, hogy a jelenlegi, úgynevezett zajos, közepes méretű kvantum (NISQ) eszközök korlátait leküzdjék.

A magyar és német szakemberekből álló konzorcium az elmúlt három évben sikeresen fejlesztett olyan mesterséges intelligenciával támogatott szoftveres megoldásokat, amelyek hatékonyabbá teszik ezen processzorok működését. A munka két legfontosabb, publikusan is elérhető eredménye:

- **Simphony:** Egy nyílt forráskódú szoftver, amely lehetővé teszi a kristályokban lévő ponthibák, mint kvantumrendszerek viselkedésének számítógépes modellezését. Segítségével a kutatók azt is vizsgálhatják, hogyan befolyásolják a külső zavaró hatások a kvantumrendszerek működését. A program a modern grafikus processzorok és a gépi tanulás módszereit is felhasználva segíti a kvantumos rendszerek pontosabb működését.
- **QUASAR:** Egy olyan speciális szoftver, amely csillag alakú összekötöttségű kvantumszámítógépek számára értelmezhető utasításokká alakítja a számítási feladatokat. Ilyen csillag összeköttségű kvantumszámítógépek a fent említett ponthibák segítségével valósítható meg. A szoftver képes a kvantumáramköröket kapuszekvenciákra és fizikai pulzusszekvenciákra bontani és optimalizálni, ami elengedhetetlen az NV-centrum alapú kvantumszámítógépek precíz vezérléséhez.

A projekt másik fontos pillére a kvantumprocesszorok hibáinak feltérképezése volt. A HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont kutatói a Qutility csoporttal együttműködésben olyan módszereket dolgoztak ki, amelyekkel mérsékelhetők és összehasonlíthatók a mai kvantumszámítógépek hibái. Ilyen hibák keletkezhetnek a kvantumbitek (qubitek) közötti műveletek, az ún. kvantumkapuk végrehajtása közben, és az eredmény kiolvasásakor is. A kiolvasási hibák kezelésére a kutatók egy elterjedt hibamérséklő eljárást fejlesztettek tovább (Q-TREX), amely akkor is torzítatlan eredményt ad, ha a hibák nem pusztán véletlenszerűek. Emellett egy egyszerű hibajavító kódot is teszteltek, amely segéd-qubitek bevonásával az egyes mérési eredményeket is képes javítani. A módszer minden vizsgált IBM és Quantinuum processzoron növelte a kiolvasás pontosságát, a több segéd-qubit azonban csak az alacsonyabb kapuhibájú ionos gépeken bizonyult kifizetődőnek. A kvantumkapuk vizsgálatára alkalmazott speciális teszt azt is feltárta, hogy az IBM ingyenesen elérhető kvantumgépein szisztematikus, úgynevezett koherens hibák fordulhatnak elő, amelyek például az alapműveletek pontatlan kalibrálásából eredhetnek.

A közös munka egyik fontos eredménye két új teljesítménymérési módszer, a Clifford-térfogat és a szabadfermion-térfogat kidolgozása, amelyek segítségével pontosabban összehasonlíthatók a különböző kvantumszámítógépek képességei. A tesztek során a kvantumszámítógépnek véletlenszerűen választott műveletsorokat kell végrehajtania, amelyek eredményét hagyományos számítógéppel is ellenőrizni lehet. Az új mérési módszerek előnye, hogy nem függenek az egyes kvantumszámítógépek felépítésétől, így különböző technológiák teljesítménye is objektíven összevethető. A kutatók hat gyártó összesen tizenkét processzorát vizsgálták meg, köztük négy ioncsapdás és nyolc szupravezető technológiával működő eszközt. A legjobb eredményt a Quantinuum H2-1 gépe érte el, 34-es Clifford-térfogattal. Az új mérőszámok segítenek eldönteni, hogy az egyes kvantumszámítógépek milyen feladatok elvégzésére alkalmasak, és lehetővé teszik, hogy a kvantumszámítógépek fejlődését megbízható és összehasonlítható módon lehessen nyomon követni.

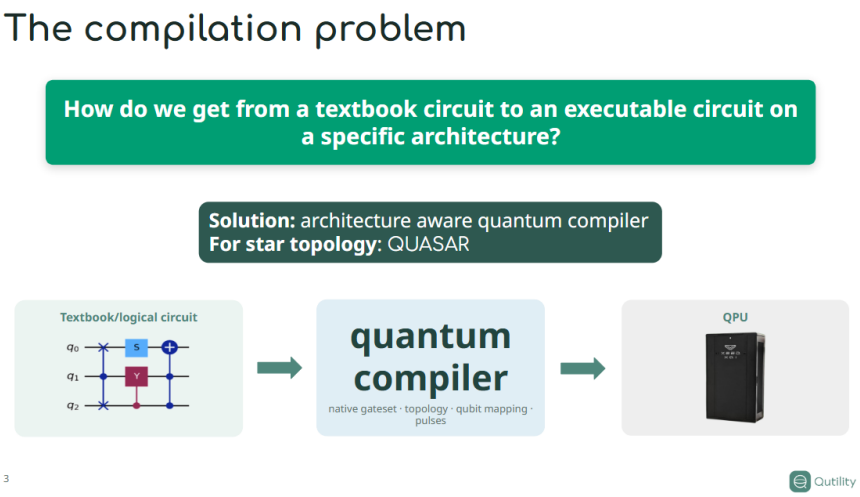
A szoftverfejlesztések mellett a konzorcium olyan új algoritmusokat is kidolgozott, amelyek megnyitják az utat a kvantumprocesszorok gépi tanulásban és szenzoradat-feldolgozásban történő mielőbbi, valós ipari alkalmazása felé.

A konzorcium az elmúlt három év kutatási eredményeit számos rangos folyóiratban publikálta, és bemutatta az iparág vezető nemzetközi fórumain. A kutatók és fejlesztők reményei szerint az AI4QT projekt innovációi katalizátorként hathatnak az európai és a hazai kvantumtechnológiai szektor fejlődésére, hidat képezve a kutatólaboratóriumok és a gyakorlati piaci alkalmazások között.

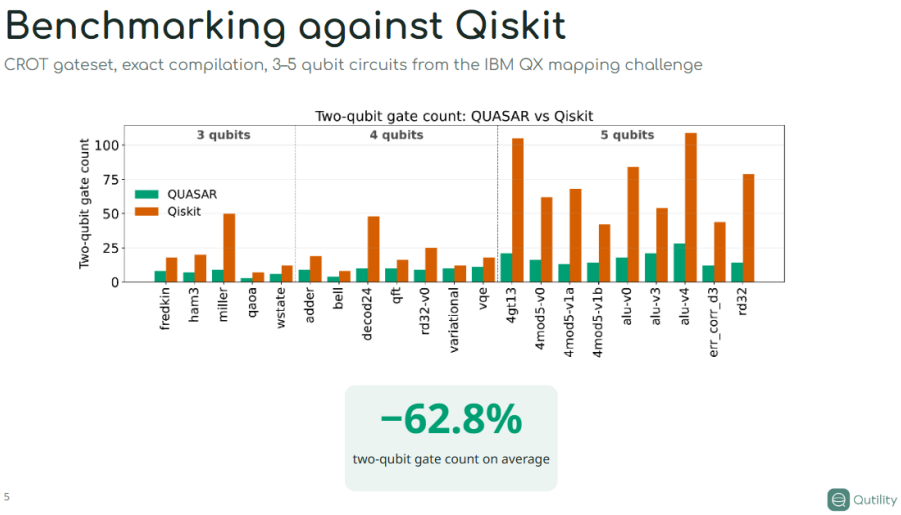
A projektről, a fejlesztett szoftverekről (Simphony és QUASAR), valamint a tudományos publikációkról részletes információ a projekt honlapján, a https://qutility.io/ai4qt.html oldalon található.

A 2023. október 1. és 2026. szeptember 30. között futó kutatás-fejlesztési program az EUREKA hálózat keretében (azonosító: 2020-1.2.3-EUREKA-2022-00029) valósult meg, a magyar partnerek részére a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) összesen 187 millió Ft támogatást biztosított.

További információ / Sajtókapcsolat: Egri Győző (email: gyozo.egri@faulhornlabs.com telefonszám: +36204163544, web: www.faulhornlabs.com, www.qutility.io), Kálmán Orsolya (email: kalman.orsolya@wigner.hu).



A QUASAR kvantum-fordító tetszőleges kvantumalgoritmust átfordít egy, a kvantumszámítógép által már feldolgozhatóvá



A QUASAR kvantum-fordító hatékonyságának összehasonlítása az "iparági sztenderddel". A kevesebb két kvantumbites kapu hatékonyabb fordítást jelent.



A legújabb eredményeink prezentálása.

PRESS RELEASE

Artificial Intelligence Makes Quantum Computers More Efficient: AI4QT Project Successfully Completed

The three-year AI4QT (Artificial Intelligence for Quantum Technologies) project, implemented through Hungarian-German international cooperation, was successfully completed at the end of September. During the research and development activities, led by Győző Egri and Péter Boross from the Qutility group of Faulhorn Zrt., and Orsolya Kálmán and Zoltán Zimborás from the HUN-REN Wigner Research Centre for Physics, AI-based software tools were developed in collaboration with Germany's Fraunhofer IAF institute and XeedQ GmbH. These tools have the potential to significantly improve the accuracy and efficiency of quantum computers.

A key objective of the AI4QT project was to bring together artificial intelligence and quantum technology, with a particular focus on quantum computing and quantum sensing. The researchers and developers sought solutions to overcome the limitations of today's noisy intermediate-scale quantum (NISQ) devices.

Over the past three years, the Hungarian-German consortium successfully developed AI-assisted software solutions designed to improve the performance of these processors. The two most significant publicly available results of the project are:

• **Simphony:** An open-source Python package designed to simulate quantum registers and spin dynamics, with a particular focus on nitrogen-vacancy (NV) centres. The software functions as a noise-aware emulator, using GPU acceleration and machine-learning-based optimisation techniques (automatic differentiation) to support more accurate modelling and operation of quantum systems.

• **QUASAR:** A quantum compiler specifically designed for star-topology architectures. It can decompose and optimise quantum circuits into gate sequences and physical pulse sequences, an essential capability for the precise control of NV-centre-based quantum computers.

Another major pillar of the project focused on identifying and characterising errors in quantum processors. Researchers at the HUN-REN Wigner Research Centre for Physics, in collaboration with the Qutility group, developed methods to mitigate and compare errors in today's quantum computers. Such errors can occur during operations between quantum bits (qubits), known as quantum gates, as well as during the readout of results. To address readout errors, the researchers further developed a widely used error mitigation technique (Q-TREX), which provides unbiased results even when errors are not purely random. In addition, they tested a simple error-correcting code that can improve individual measurement outcomes by incorporating auxiliary qubits. The method increased readout accuracy on every IBM and Quantinuum processor tested. However, the use of additional auxiliary qubits proved worthwhile only on trapped-ion machines with lower gate error rates. A specialised test protocol developed to examine quantum gates also revealed that IBM's freely accessible machines may exhibit coherent, or systematic, errors, which can arise, for example, from inaccurate calibration of fundamental operations.

One of the important outcomes of the collaboration was the development of two new performance benchmarks: Clifford volume and free-fermion volume. In these benchmarks, a quantum computer must execute randomly selected sequences of operations whose correctness can be verified using a classical computer, even at large scales. Since the tests are independent of the specific architecture of individual machines, they enable fair comparisons across different platforms. The researchers benchmarked twelve processors from six manufacturers, including four trapped-ion and eight superconducting devices. The best result was achieved by Quantinuum's H2-1 machine, with a Clifford volume of 34. These new metrics help determine which quantum hardware is best suited to particular tasks and make it possible to track the development of quantum computers in a reliable and comparable way.

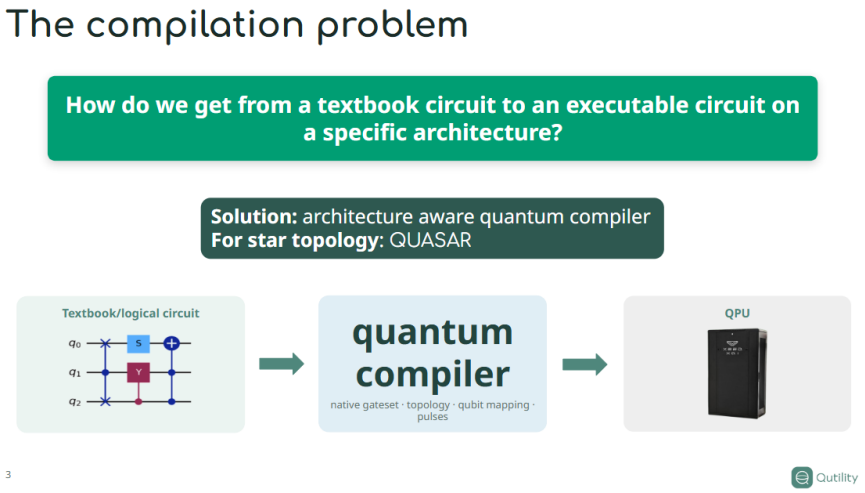
In addition to software development, the consortium also designed new algorithms that pave the way for the near-term adoption of quantum processors in real-world industrial applications, particularly in machine learning and sensor data processing.

Over the past three years, the consortium has published its research findings in numerous prestigious scientific journals and presented them at leading international industry forums. The researchers and developers hope that the innovations emerging from the AI4QT project will act as a catalyst for the development of the European and Hungarian quantum technology sectors, helping to bridge the gap between research laboratories and practical market applications.

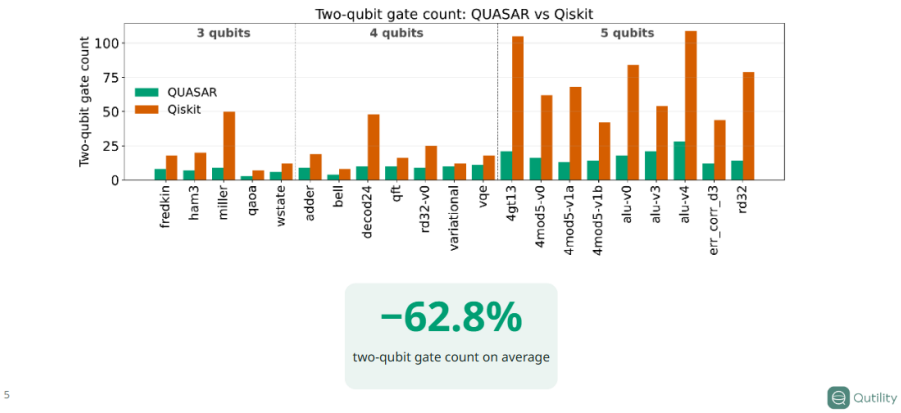
Further information about the project, the software developed (Simphony and QUASAR), and the scientific publications is available on the project website: https://qutility.io/ai4qt.html

The research and development programme ran from 1 October 2023 to 30 September 2026 and was implemented within the framework of the EUREKA network (project ID: 2020-1.2.3-EUREKA-2022-00029). The Hungarian partners received a total of HUF 187 million in funding from the National Research, Development and Innovation Office (NKFIH).

Further information / Media contacts: Győző Egri (email: gyozo.egri@faulhornlabs.com, phone: +36 20 416 3544, web: www.faulhornlabs.com, www.qutility.io), Orsolya Kálmán (email: kalman.orsolya@wigner.hu).



The QUASAR quantum compiler is capable of compiling arbitrary quantum algorithms into one, which is interpretable by the quantum computer.



Comparing the efficiency of the QUASAR quantum compiler to the “industry standard”. Less two-qubit gates means more efficient compiling.



Presenting our newest results.