



Retroaccio quantica: d'obstacle a recurs

En un estudi acabat de publicar a *Physical Review X*, investigadors de l'ICFO qüestionen la visió convencional en el camp de l'aprenentatge automàtic quàntic segons la qual la retroacció quàntica (l'efecte perturbador de les mesures sobre els sistemes quàntics) és sempre problemàtica. En lloc d'això, demostren que és un recurs valuós quan es controla adequadament. En particular, l'equip mostra com, ajustant la intensitat de les mesures, es pot millorar la memòria i les capacitats predictives de l'algorisme de computació de reservori quàntic.

April 08, 2026

Una de les característiques més contraintuitives de la física quàntica és la influència de les mesures sobre el sistema observat. Sovint, es diu que mesurar un sistema quàntic provoca una perturbació important que col·lapsa la funció d'ona i en fa desaparèixer la superposició inicial instantàniament. Tanmateix, aquest efecte extrem de retroacció succeeix amb les anomenades mesures projectives. Però és possible realitzar mesures més suaus que

extreguin menys informació sobre el sistema sense col·lapsar-ne completament la funció d'ona. Per aconseguir-ho, l'aparell de mesura ha d'interaccionar de manera indirecta amb el sistema; per això, se'n diuen **mesures indirectes**.

En una publicació de Physical Review X, investigadors de l'ICFO, en **Giacomo Franceschetto**, el **doctor Marcin Płodzien**, el **professor Maciej Lewenstein**, el **professor ICREA Antonio Acín**, i el **doctor Pere Mujal**, han demostrat **l'avantatge de les mesures indirectes per a tasques d'aprenentatge automàtic quàntic**. **Ajustant acuradament la intensitat de les mesures**, els investigadors **han optimitzat la quantitat de retroacció** introduïda en el sistema quàntic, cosa que ha millorat significativament el rendiment d'un algorisme anomenat **computació de reservori quàntic (QRC)**, per les seves sigles en anglès).

Fins fa poc temps, molts enfocaments de QRC intentaven evitar les perturbacions induïdes per les mesures reiniciant el sistema després de cada pas del processament, o intentaven compensar-les mitjançant retroalimentació clàssica. En ambdós casos, es tractava la retroacció de les mesures com una limitació que s'havia de minimitzar o corregir, i no pas com un recurs a aprofitar.

[El 2021, investigadors de l'Institut de Física Interdisciplinària i Sistemes Complexos \(IFISC\) a Mallorca, incloent-hi el doctor Pere Mujal, van proposar una alternativa](#): un protocol en línia en que el mateix reservori quàntic processa una seqüència d'entrades sense que calgui reiniciar-lo a cada pas, cosa que millora l'eficiència de l'algorisme

En aquest enfocament, cada una de les dades d'una sèrie temporal s'injecta seqüencialment en el mateix reservori quàntic. El sistema evoluciona i propaga la informació a través de les seves interaccions internes i els senyals resultants es llegeixen mitjançant mesures indirectes. La clau és que quan s'introdueix una nova dada no es reinicia el sistema, de manera que la retroacció de les mesures anteriors roman integrada en la dinàmica del sistema. En repetir aquest cicle per a tots els elements de la sèrie, es genera un conjunt de dades de característiques mesurades, que posteriorment s'utilitza per entrenar un model clàssic que pot servir, per exemple, per predir una sèrie temporal caòtica

En l'estudi actual, l'equip de l'ICFO adopta aquest protocol en línia i explora sistemàticament com la intensitat de les mesures modifica el comportament del sistema. Demostren que, controlant acuradament la perturbació introduïda pel fet de mesurar, la dinàmica interna del reservori es reconfigura i això en millora la memòria i optimitza la predicció de senyals complexos i caòtics. Aquest control permet que l'algorisme operi eficaçment en regimens altrament tindria dificultats i transforma la retroacció de la mesura, que abans es considerava una font de degradació, en un recurs útil

"Tot i que habitualment s'havia pensat que la retroacció degradava la memòria i la capacitat predictiva del reservori, ara demostrem que pot tenir una contribució positiva utilitzant el protocol en línia mallorquí", explica el doctor Pere Mujal, investigador principal de l'estudi. "Es tracta d'un canvi conceptual en el camp, que passa de veure la retroacció quàntica com una limitació inevitable a reconèixer-la com una eina purament quàntica amb gran potencial

, afegei

. Ara l'equip preten investigar el paper de la retroacció en altres escenaris i col·laborar amb grups experimentals per implementar la seva proposta. En Giacomo Franceschetto, primer autor de l'article, comparteix: "Ens encantaria veure implementacions concretes del protocol en línia amb mesures indirectes ajustables, especialment en plataformes de sistemes superconductors i fònics en que aquest control es factible, i demostrar l'efecte de millora que hem descobert

Referencia:

Giacomo Franceschetto, Marcin P?odzien, Maciej Lewenstein, Antonio Acín, Pere Mujal, Harnessing quantum backaction for time-series processing, Phys. Rev. X, (2026).

DOI: <https://doi.org/10.1103/j7f9-hfsj>

Agraiments:

G.F. acknowledges support from *la Caixa* Foundation (ID 100010434) fellowship. The fellowship code is LCF/BQ/DI23/11990070. This project has received funding from MICIN, the European Union, NextGenerationEU (PRTR-C17.I1), the Government of Spain (Severo Ochoa CEX2019-000910-S and FUNQIP), the ERC AdG CERQUTE and the AXA Chair in Quantum Information Science, the ERC AdG NOQIA, MCIN/AEI (PGC2018-0910.13039/50110001133, CEX2019-000910-S/10.13039/501100011033, Plan National FIDEUA PID2019-106901GB-I00, Plan National STAMEENA PID2022-139099NB, I00, the *European Union NextGenerationEU/PRTR*" (PRTR-C17.I1), FPI, QUANTERA MAQS PCI2019-111828-2, QUANTERA DYNAMITE PCI2022-132919, QuantERA II Programme co-funded by European Union's Horizon 2020 program under Grant Agreement No 101017733; Ministry for Digital Transformation and of Civil Service of the Spanish Government through the QUANTUM ENIA project *all - Quantum Spain* project, and by the European Union through the Recovery, Transformation and Resilience Plan - NextGenerationEU within the framework of the Digital Spain 2026 Agenda; Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (European Social Fund FEDER and CERCA program, AGAUR Grant No. 2021 SGR 01452, QuantumCAT U16-01424, co-funded by ERDF Operational Program of Catalonia 2014-2020); Barcelona Supercomputing Center MareNostrum (FI-2023-3-0024); Funded by the European Union. (HORIZON-CL4-2022-QUANTUM-02-SGA PASQuanS2.1, 101113690, EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTologic, Grant No 899794), EU Horizon Europe Program (This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation program under grant agreement No 101080086 NeQST Grant Agreement 10108086 - NeQST); ICFO Internal *Quantum Gaudii* project; European Union's Horizon 2020 program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 847648; *la Caixa* Junior Leaders fellowships, *la Caixa* Foundation (ID 100010434): CF/BQ/PR23/11980043.