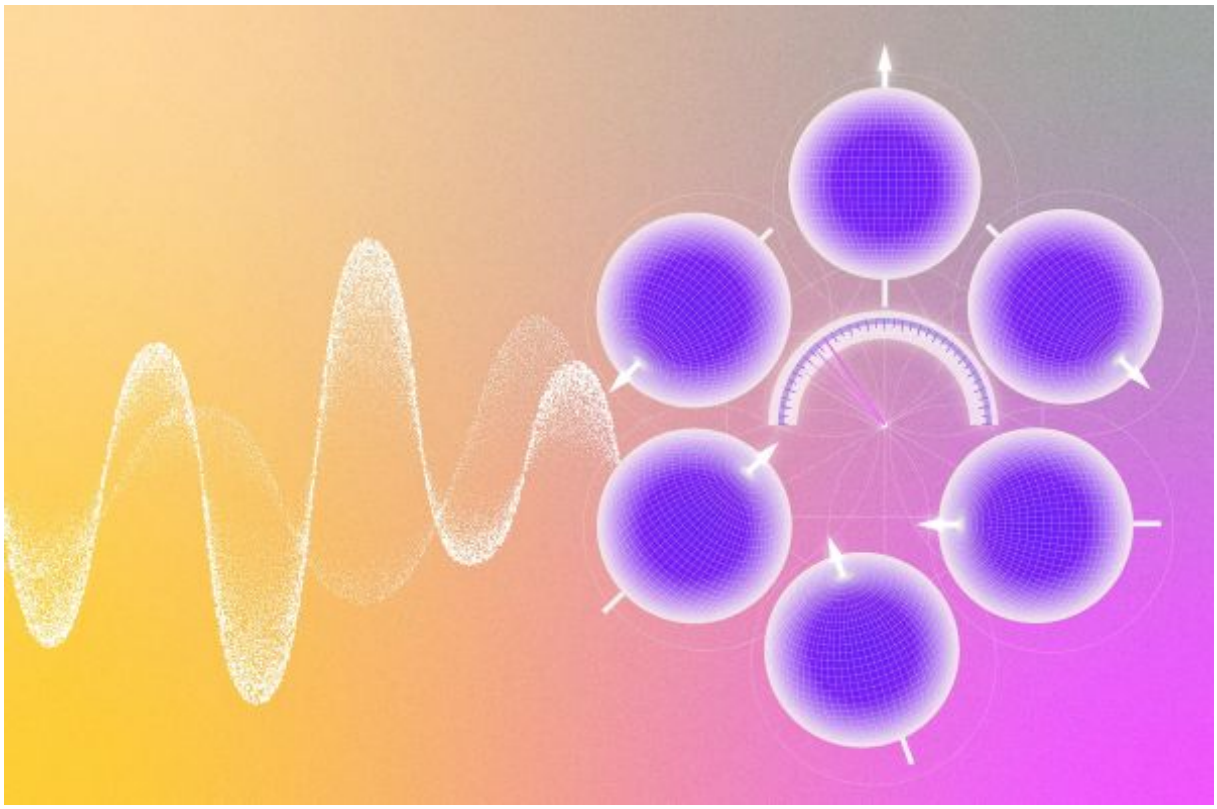


Retroaccio quantica: d?obstacle a recurs

En un estudi acabat de publicar a Physical Review X, investigadors de l'ICFO qüestionen la visio convencional en el camp d l'aprenentatge automatic quantic segons la qual la retroacci quantica (l'efecte pertorbador de les mesures sobre els sisteme quantics) es sempre problematica. En lloc d'aixo, demostren qu es un recurs valuos quan es controla adequadament. En particular l'equip mostra com, ajustant la intensitat de les mesures, es po millorar la memoria i les capacitats predictives de l'algorisme d computacio de reservori quantic.

April 08, 2026

Una de les caracteristiques mes contraintuitives de la fisica quantica es la influencia de les mesures sobre el sistema observat. Sovint, es diu que mesurar un sistema quantic provoca una pertorbacio important que en col·lapsa la funcio d'ona i en fa desapareixer l superposicio inicial instantaniament. Tanmateix, aquest efecte extrem de retroaccio succeei amb les anomenades mesures projectives. Pero es possible realitzar mesures mes suaus qu

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

En una publicacio de Physical Review X, investigadors de l'ICFO, en **Giacomo Franceschetto**, el **doctor Marcin P?odzien**, el **professor Maciej Lewenstein**, el **professor ICREA Antonio Acin**, i el **doctor Pere Mujal**, han demostrat **l'avantatge de les mesures indirectes per a tasques d'aprenentatge automatic quantic**. **Ajustant acuradament la intensitat de les mesures**, els investigadors **han optimitzat la quantitat de retroaccio** introduida en el sistema quantic, cosa que ha millorat significativament el rendiment d'un algorisme anomenat **computacio de reservori quantic** (**QRC**, per les seves sigles en angles).

Fins fa poc temps, molts enfocaments de QRC intentaven evitar les pertorbacions induides per les mesures reiniciant el sistema despres de cada pas del processament, o intentaven compensar-les mitjancant retroalimentacio classica. En ambdos casos, es tractava la retroaccio de les mesures com una limitacio que s'havia de minimitzar o corregir, i no pas com un recurs a aprofitar.

El 2021, investigadors de l'Institut de Fisica Interdisciplinaria i Sistemes Complexos (IFISC) a Mallorca, incloent-hi el doctor Pere Mujal, van proposar una alternativa: un protocol en linia en que el mateix reservori quantic processa una seqüencia d'entrades sense que calgu reiniciar-lo a cada pas, cosa que millora l'eficiencia de l'algorisme

En aquest enfocament, cada una de les dades d'una serie temporal s'injecta seqüencialme t en el mateix reservori quantic. El sistema evoluciona i propaga la informacio a traves de l s seves interaccions internes i els senyals resultants es llegeixen mitjancant mesur s indirectes. La clau es que quan s'introdueix una nova dada no es reinicia el sistema, e manera que la retroaccio de les mesures anteriors roman integrada en la dinamica d l sistema. En repetir aquest cicle per a tots els elements de la serie, es genera un conjunt e dades de caracteristiques mesurades, que posteriorment s'utilitza per entrenar un mod l classic que pot servir, per exemple, per predir una serie temporal caotic

. En l'estudi actual, l'equip de l'ICFO adopta aquest protocol en linia i explora sistematicame t com la intensitat de les mesures modifica el comportament del sistema. Demostren qu , controlant acuradament la pertorbacio introduida pel fet de mesurar, la dinamica interna d l reservori es reconfigura i aixo en millora la memoria i optimitza la prediccio de senya s complexos i caotics. Aquest control permet que l'algorisme operi eficacment en regims n altrament tindria dificultats i transforma la retroaccio de la mesura, que abans es considera a una font de degradacio, en un recurs uti

. "Tot i que habitualment s'havia pensat que la retroaccio degradava la memoria i la capacit t predictiva del reservori, ara demostrem que pot tenir una contribucio positiva utilitzant l protocol en linia mallorqui", explica el doctor Pere Mujal, investigador principal de l'estud . "Es tracta d'un canvi conceptual en el camp, que passa de veure la retroaccio quantica c m una limitacio inevitable a reconeixer-la com una eina purament quantica amb gran potencial

, afegei
. Ara l'equip preten investigar el paper de la retroaccio en altres escenaris i col·laborar
mb grups experimentals per implementar la seva proposta. En Giacomo Franceschetto, pri
er autor de l'article, comparteix: "Ens encantaria veure implementacions concretes del proto
ol en linia amb mesures indirectes ajustables, especialment en plataformes de siste
es superconductors i fotonics en que aquest control es factible, i demostrar l'efecte de mill
ra que hem descober

Referencia:
Giacomo Franceschetto, Marcin P?odzien, Maciej Lewenstein, Antonio Acin, 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 i¿½la Caixai¿½ 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 O
hoa CEX2019-000910-S and FUNQIP), the ERC AdG CERQUTE and the AXA Chair in Qua
tum Information Science, the ERC AdG NOQIA, MCIN/AEI (PGC2018-0910.13039/501100011
33, CEX2019-000910-S/10.13039/501100011033, Plan National FIDEUA PID2019-106901GB-
00, Plan National STAMEENA PID2022-139099NB, I00, the i¿½European
Union NextGenerationEU/PRTR" (PRTR-C17.I1), FPI, QUANTERA MAQS PCI2019-111828-2, QU
NTERA DYNAMITE PCI2022-132919, QuantERA II Programme co-funded by European Union's H
rizon 2020 program under Grant Agreement No 101017733; Ministry for Digital Transformati
n 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, Transfor
ation and Resilience Plan - NextGenerationEU within the framework of the Digital Spai
2026 Agenda; Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (European Socia
Fund FEDER and CERCA program, AGAUR Grant No. 2021 SGR 01452, QuantumCAT U16-0
1424, co-funded by ERDF Operational Program of Catalonia 2014-2020); Bar
elona Supercomputing Center MareNostrum (FI-2023-3-0024); Funded by the European
nion. (HORIZON-CL4-2022-QUANTUM-02-SGA PASQuanS2.1, 101113690, EU Horizo
2020 FET-OPEN OPTOlogic, Grant No 899794), EU Horizon Europe Program (This proje
t has received funding from the European Union's Horizon Europe research and inno
ation program under grant agreement No 101080086 NeQSTGrant Agreement 10108
086 - NeQST); ICFO Internal i¿½QuantumGaudii¿½ project; European Union's Ho
izon 2020 program under the Marie Sklodowska-Curie grant agreement No 847648; i¿?
La Caixai¿½ Junior Leaders fellowships, La Caixai¿½ Foundation (ID 100010434): CF/BQ/PR23/11980043.