

IA al servicio de la astronomía: proyecto promete revolucionar la operación de grandes telescopios

- La iniciativa del Laboratorio @SOL de la PUCV utilizará redes neuronales profundas para caracterizar en tres dimensiones la turbulencia atmosférica dentro de los domos. Esta tecnología permitirá a los observatorios tomar decisiones dinámicas sobre qué investigaciones realizar según las condiciones de la atmósfera en tiempo real.

Chile ostenta el título de la capital mundial de la astronomía, albergando algunos de los observatorios más avanzados y grandes del planeta, como el Very Large Telescope (VLT) en Paranal y el futuro Extremely Large Telescope (ELT) en Cerro Armazones, ubicados en el desierto de Atacama, Región de Antofagasta. La turbulencia atmosférica distorsiona la luz y reduce la nitidez de las imágenes astronómicas. Aunque la óptica adaptativa corrige gran parte de esas perturbaciones, las generadas en las capas más bajas siguen siendo especialmente difíciles de caracterizar y compensar. En particular, el propio tamaño de estas estructuras trae consigo un enemigo invisible y persistente: la turbulencia de domo.

Conocida en astronomía como *dome seeing*, la turbulencia de domo es la distorsión de la luz estelar causada por el aire turbulento y las diferencias de temperatura dentro y alrededor del domo del telescopio. Se produce cuando hay un contraste térmico entre el aire exterior, el interior del domo y la estructura misma del telescopio, que genera corrientes de convección térmica las cuales se comportan como lentes caóticas que desvían y desenfocan la luz antes de que llegue a los espejos principales.

El académico del Instituto de Física de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Darío Pérez, explicó que este fenómeno degrada la calidad de las imágenes, lo que dificulta investigaciones críticas de alta resolución, tales como la búsqueda y detección de planetas extrasolares. Para enfrentar este desafío, el Laboratorio de Óptica Atmosférica y Estadística (@SOL) del Instituto de Física de la PUCV se adjudicó fondos del concurso FONDEF IDeA I+D 2026 de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

Machine Learning

Hasta la fecha, los instrumentos comerciales disponibles muestran un margen de error superior al 30 por ciento al medir esta turbulencia localizada. Ante esto, el director de la iniciativa destacó el valor del nuevo sistema.

“Chile es la capital astronómica del mundo, pero la turbulencia que se forma dentro de las propias cúpulas sigue siendo difícil de medir con la resolución que los telescopios gigantes necesitan. El sistema que desarrollamos nace para llenar ese vacío, entregando una caracterización tridimensional de la turbulencia en cuestión de minutos para tomar mejores decisiones de operación y aprovechar cada noche de observación”, señaló Pérez.

La innovación propuesta por el Laboratorio @SOL destaca por ser una solución completamente no intrusiva. A través de una serie de cámaras de alta velocidad que observan blancos reflectivos pasivos –es decir, que reflejan la luz incidente directamente de vuelta hacia su fuente de origen, independientemente del ángulo en el que llegó– el sistema utiliza únicamente la luz natural del cielo, evitando introducir cualquier haz de luz artificial que interfiera con la operación astronómica.

El sistema integra dos redes neuronales profundas especializadas (Machine Learning) que incorporan restricciones

físicas de la atmósfera. Mientras la primera red (NN1) extrae las propiedades de la turbulencia a partir de secuencias de imágenes, la segunda (NN2) realiza una inversión tomográfica.

“El procesamiento de estos patrones ópticos es una tarea lenta, de ahí la importancia de este proyecto. Hemos comprobado que un análisis que a un humano le toma de tres a cuatro horas, una red entrenada lo realiza en segundos. Gracias a esta velocidad sin precedentes, el software es capaz de mapear el campo tridimensional de la turbulencia en menos de dos minutos, entregando actualizaciones cada cinco segundos, con un nivel de resolución espacial que va de los dos a los cinco metros”, explicó el académico PUCV.

Optimizar la operación

Es importante aclarar que el dispositivo no está diseñado para coadyuvar de manera directa al ciclo de corrección en tiempo real de la óptica adaptativa convencional, la cual suele operar de forma óptima por encima de los 100 metros de altura. El propósito del sistema de la PUCV se enfoca en la evaluación, diagnóstico y pronóstico del estado de la turbulencia a baja altura.

De acuerdo con Darío Pérez, el dispositivo funcionará como un sistema de alerta temprana para los operadores del observatorio, permitiéndoles saber con exactitud cuándo la atmósfera interna está tan irregular que no resulta viable ejecutar programas científicos de alta exigencia. En lugar de perder valioso tiempo de observación intentando corregir distorsiones imposibles, los astrónomos podrán reordenar de manera dinámica la estrategia de operación en modo servicio y priorizar otros proyectos pendientes de su lista.

Alianzas globales e impacto comercial

El proyecto, que se ejecutará en un plazo de 24 meses, contempla llevar el prototipo desde una fase experimental básica (TRL 3) hasta una validación operativa real en terreno

(TRL 6). Para lograr este hito, el equipo –compuesto íntegramente por profesionales y estudiantes de postgrado de la PUCV– cuenta con dos aliados estratégicos a nivel internacional.

Por un lado, el European Southern Observatory (ESO) respaldará técnicamente el proyecto facilitando dos campañas de validación directamente en el telescopio UT3 del VLT en el Observatorio Paranal, una infraestructura seleccionada estratégicamente debido a que enfrenta de lleno las complejas condiciones del viento frontal. Por otra parte, la firma estadounidense MZA Associates Corporation participará como socio comercial para impulsar el licenciamiento del software desarrollado a través de la Oficina de Transferencia y Licenciamiento (OTL) de la PUCV.

Las fronteras de este desarrollo científico no se limitan a la astronomía de vanguardia. La capacidad de caracterizar con extrema precisión la turbulencia de baja altura proyecta a esta tecnología hacia el nascente mercado de las comunicaciones ópticas en espacio libre (FSOC), abriendo aplicaciones comerciales en sectores estratégicos como la defensa global y las telecomunicaciones satelitales terrestres.