

Искусственный интеллект помогает LIGO подавлять шум и открывать новые горизонты в исследовании чёрных дыр



Дата публикации: 05.09.2025

Лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория LIGO — одна из самых чувствительных научных установок в мире. Её интерферометры способны регистрировать изменения длины, которые в десятки тысяч раз меньше диаметра протона. Именно благодаря этой точности в 2015 году были впервые напрямую обнаружены гравитационные волны, исходящие от столкновения чёрных дыр. Это открытие стало фундаментальным и принесло Нобелевскую премию по физике. С тех пор LIGO совместно с обсерваториями Virgo и KAGRA зафиксировала сотни сигналов от слияний чёрных дыр и нейтронных звёзд.

Современные задачи науки требуют дальнейшего увеличения чувствительности. Исследователи хотят регистрировать более массивные чёрные дыры, включая так называемые чёрные дыры промежуточной массы, а также изучать орбиты с эксцентриситетом и процессы слияния на самых ранних стадиях. Однако этому мешают шумы — любые колебания, искажающие работу

лазерных интерферометров. Особенно критичными являются вибрации подвешенных зеркал весом 40 килограммов, на которых основана система измерений. Даже слабые сейсмические возмущения, например от океанских волн, могут мешать фиксировать сигналы.

Чтобы справиться с этой задачей, учёные из Калифорнийского технологического института и Института Гран-Сассо при участии специалистов Google DeepMind разработали новый метод подавления шумов с помощью искусственного интеллекта — Deep Loop Shaping. В отличие от традиционных систем обратной связи, этот алгоритм использует принципы обучения с подкреплением, оценивая эффективность подавления шумов по системе «награда/штраф». Виртуальные модели LIGO обучались на десятках симуляций, пока алгоритм не научился оптимально контролировать вибрации.

Результат оказался впечатляющим: уровень шума удалось снизить в 30–100 раз в диапазоне низких частот (10–30 Гц). Именно здесь можно фиксировать сигналы от массивных слияний чёрных дыр и от начальных стадий их сближения, когда образуются характерные «щебетания». Это открывает возможность для будущих открытий и значительно расширяет космологический охват LIGO.

Новый подход сравним с действием шумоподавляющих наушников, но гораздо сложнее. Если в обычных системах подавление одного типа шума часто создаёт дополнительные колебания, то искусственный интеллект учится избегать подобных побочных эффектов. Алгоритм учитывает мельчайшие нюансы динамики зеркал и способен выстраивать более устойчивую модель стабилизации, чем классические методы управления.

Пока технология была протестирована всего в течение часа работы обсерватории, но уже доказала свою эффективность. В дальнейшем планируется провести длительные испытания и внедрить систему в основные каналы LIGO. Эксперты считают, что метод Deep Loop Shaping можно будет адаптировать и для других инженерных задач: от робототехники и аэрокосмических технологий до подавления вибраций в строительных конструкциях.

Таким образом, искусственный интеллект становится важнейшим инструментом современной астрономии. Он не только повышает точность измерений в LIGO, но и открывает путь к созданию детекторов следующего поколения, которые смогут заглянуть ещё глубже в структуру Вселенной. Новые алгоритмы делают возможным то, что ещё недавно считалось почти недостижимым: регистрировать рождение и смерть чёрных дыр, исследовать экстремальные процессы и расширять границы наблюдаемого космоса.

Ссылка: «Улучшение космологического охвата гравитационно-волновой обсерватории с помощью Deep Loop Shaping» DOI: [10.1126/science.adw1291](https://doi.org/10.1126/science.adw1291).