

Mappatura quantitativa della scala di Loeb

AUTORE: Avi Loeb – 7 Settembre 2025 – Vai all'articolo originale [LINK](#)



(Credit: [PUNCHAN/ISTOCKPHOTO](#))

Un nuovo articolo (accessibile [qui](#)) di cui sono coautore con il brillante studente laureato presso la Vanderbilt University, Oem Trivedi, fornisce un quadro per quantificare la Scala di Loeb nella classificazione degli oggetti interstellari come naturali o tecnologici.

La recente scoperta astronomica di un terzo oggetto interstellare, [3I/ATLAS](#), dopo [1I/'Oumuamua](#) e [2I/Borisov](#), ha sollevato interrogativi sulla natura e l'origine di questi enigmatici oggetti. Mentre 2I/Borisov è apparso come una cometa convenzionale, sia 1I/'Oumuamua che 3I/ATLAS hanno mostrato proprietà anomale che deviano dagli oggetti familiari del sistema solare. Con l'avvento dell'Osservatorio Vera C. Rubin, si prevede che il tasso di rilevamento degli oggetti interstellari (ISO) aumenterà fino a due ordini di grandezza, sollevando la necessità di un quadro sistematico per classificarne e interpretarne la natura e distinguere tra rocce ghiacciate naturali e possibili manufatti tecnologici.

La Scala di Loeb è stata formulata di recente in un articolo dettagliato che ho confermato con Omer Eldadi e Gershon Tenenbaum (accessibile [qui](#)). Fornisce uno schema di classificazione strutturato a dieci livelli per valutare gli ISO in base al livello di anomalie che presentano rispetto alle rocce ghiacciate, sollevando la possibilità che possano essere di origine artificiale. Proprio come la scala di Kardashev offre un modo per classificare le civiltà tecnologiche in base al loro consumo energetico, la scala di Loeb funge da strumento per classificare gli artefatti interstellari lungo un continuum che va dai corpi naturali ordinari (Livello 0) agli artefatti tecnologici confermati che potrebbero rappresentare un rischio per l'umanità (Livelli 8-10). Mentre la Scala di Loeb offre uno schema di classificazione sistematico, non si applica alle civiltà stesse, ma piuttosto ai loro prodotti basati su indagini osservative vicino alla Terra.

Carl Sagan ha affinato il quadro di Kardashev introducendo uno schema di interpolazione logaritmica che mette in relazione un tipo di civiltà con il suo consumo energetico totale, consentendo così una mappatura quantitativa continua in sostituzione di una grossolana distinzione categoriale. Il nuovo articolo applica un approccio simile alla Scala di Loeb per gli ISO, mappando le loro anomalie misurate e le caratteristiche fisiche a un rango quantitativo. L'articolo affina la Scala di Loeb traducendo le caratteristiche osservabili degli ISO in un punteggio continuo.

La scala di Loeb inizia al livello 0, corrispondente a corpi astrofisici naturali le cui proprietà sono ben comprese e non richiedono ricorso a spiegazioni esotiche, e sale fino al livello 10, riservato a scenari catastrofici che coinvolgono oggetti tecnologici confermati che rappresentano una minaccia esistenziale per l'umanità sulla Terra. Ai livelli inferiori, la scala ha lo scopo di separare le anomalie banali o spiegabili da quelle che richiedono un'analisi più approfondita, con il Livello 0 che si riferisce agli ISO che presentano proprietà coerenti con classi note di comete o asteroidi, come la cometa interstellare 2I/Borisov. Il livello 1 cattura oggetti con deviazioni minori o dati inconcludenti che non mettono fortemente in discussione un'interpretazione naturale, mentre il livello 2 descrive un ISO che presenta alcune proprietà insolite ma rientra comunque nell'ambito dei fenomeni naturali secondo l'attuale comprensione. Il livello 3 segna il punto in cui compaiono anomalie persistenti, con caratteristiche come variazioni ripetute ma inspiegate nella traiettoria o insoliti albedo o morfologia, senza però innescare ancora una

seria considerazione di origine artificiale.

La metà della scala è il punto in cui la possibilità di tecnofirme viene formalmente riconosciuta, dove il Livello 4 è descritto come la “soglia critica”, dove la combinazione di anomalie è sufficientemente forte da dover considerare una spiegazione tecnologica insieme alle ipotesi naturali. Questa è stata la classificazione assegnata a 1I/Oumuamua, la cui accelerazione non gravitazionale senza una chioma di gas o polvere, le proprietà spettrali e la forma estrema rimangono inspiegabili con i modelli convenzionali. Il livello 5 corrisponde a una tecnologia passiva sospetta, come sonde abbandonate, vele solari o detriti, dove le prove suggeriscono un'origine artificiale ma non viene rilevato alcun comportamento attivo. I livelli 6 e 7 si intensificano verso tecnologie attive sospette, inclusa l'evidenza di propulsione, manovra o emissioni elettromagnetiche dirette. A questi livelli, la possibilità di interazione o intenzione deve essere presa in considerazione, ma la distinzione tra minacce minori e maggiori per l'umanità può essere ignorata.

La parte superiore della scala riguarda la conferma e il rischio, con il Livello 8 assegnato quando molteplici prove stabiliscono oltre ogni ragionevole dubbio che l'oggetto è artificiale ma non rappresenta un pericolo immediato, ad esempio un sorvolo di una sonda confermata vicino alla Terra. Il livello 9 viene raggiunto se l'oggetto artificiale confermato si trova su una traiettoria con il potenziale di causare danni regionali, come un impatto equivalente a un importante attacco nucleare. Infine, il Livello 10 è la designazione più alta ed è riservata a un corpo artificiale confermato in rotta di collisione con la Terra che avrebbe conseguenze globali, simili alle minacce esistenziali nelle valutazioni di difesa planetaria. Stabilendo questa sequenza graduale dal banale al catastrofico, la scala di Loeb fornisce sia un quadro scientifico per classificare gli ISO sia una guida pratica per allocare l'attenzione osservazionale e politica in proporzione al livello di rischio.

Il quadro proposto nel nuovo articolo per quantificare la Scala di Loeb è modulare, nel senso che le definizioni metriche, le trasformate, le costanti di calibrazione e i pesi sono tutti esplicitamente configurabili e possono essere affinati da un gruppo di lavoro dell'Unione Astronomica Internazionale o da un processo comunitario equivalente. Le regole di override del trigger rigido garantiscono che le prove decisive vengano prese in considerazione tempestivamente e un bonus per il

conteggio delle anomalie incoraggia i team di rilevamento a valutare la corroborazione tra diversi tipi di dati indipendenti (traiettoria, spettro, geometria, segnali elettromagnetici) senza lasciare che il solo conteggio domini le prove ponderate.

Infine, le decisioni di governance e politiche derivano naturalmente da questa mappatura. Per la gamma corrispondente al Livello 4 di Loeb, il quadro di riferimento suggerisce campagne osservazionali globali potenziate, tempo di telescopio prioritario e rilascio rapido e trasparente dei dati. Per i livelli 5-7, il quadro di riferimento raccomanda di intensificare la coordinazione con le agenzie responsabili della difesa planetaria, mentre per i livelli 8-10 prescrive protocolli di emergenza analoghi a quelli utilizzati negli scenari di impatto planetario, ma adattati alle complicazioni aggiuntive legate alla causa artificiale.

La matematica fornisce un ponte riproducibile, trasparente e regolabile tra le misurazioni grezze e la classificazione intera della Scala di Loeb, consentendo alla comunità astronomica di comunicare in modo coerente e di esercitare la preparazione evitando azioni premature.

È importante sottolineare che la Scala di Loeb è concettualmente indipendente dall'[*Equazione di Drake*](#), poiché *l'Equazione di Drake* fu originariamente formulata come uno strumento probabilistico per stimare il numero di civiltà contemporanee che comunicano via radio nella galassia della Via Lattea. I termini dell'*Equazione di Drake* codificano esplicitamente fattori astrofisici, biologici e sociologici che governano il tasso di occorrenza di segnali elettromagnetici rilevabili, e sono quindi legati alla domanda di quante civiltà potrebbero essere attivamente in trasmissione di segnali rilevabili. Al contrario, la *Scala di Loeb* non è una misura dei tassi di occorrenza, ma un quadro di classificazione per interpretare il significato di tecno-firme di artefatti fisici rilevati vicino alla Terra, indipendentemente da quando o da chi siano stati prodotti.

Questa distinzione ha implicazioni pratiche, poiché si possono immaginare scenari in cui la Via Lattea non contiene attualmente civiltà emittenti onde radio, sia perché le società avanzate sono scomparse nel frattempo sia perché non si impegnano più nella comunicazione radio. In queste circostanze, potrebbe essere ancora possibile che manufatti a lunga durata come sonde, frammenti o veicoli spaziali abbandonati siano presenti per miliardi di anni, entrando così nel Sistema

Solare come oggetti interstellari. La *Scala di Loeb* è progettata appositamente per casi come questo, poiché quantifica il livello di anomalia e la possibile natura artificiale degli oggetti fisici vicini senza fare alcuna ipotesi sull'attività attuale dei loro creatori. Così, la *Scala di Loeb* integra, ma non dipende, dal quadro di Drake, perché si occupa di tecnofirme fisiche sopravvissute piuttosto che di segnali elettromagnetici transitori.



L'AUTORE

Avi Loeb è il responsabile del Progetto Galileo, direttore fondatore della Black Hole Initiative dell'Università di Harvard, direttore dell'Istituto di Teoria e Calcolo dell'Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics ed ex presidente del dipartimento di astronomia dell'Università di Harvard (2011-2020). È stato membro del Consiglio dei consulenti scientifici e tecnologici del Presidente e presidente del Comitato per la fisica e l'astronomia delle Accademie Nazionali. È autore del bestseller "Extraterrestrial: The First Sign of Intelligent Life Beyond Earth" (Extraterrestre: il primo segno di vita intelligente oltre la Terra) e coautore del libro di testo "Life in the Cosmos" (La vita nel cosmo), entrambi pubblicati nel 2021. L'edizione tascabile del suo nuovo libro, intitolato "Interstellar", è stata

pubblicata nell'agosto 2024.(Image Credit: Chris Michel, National Academy of Sciences, 2023)