

Dalla teoria KAM al machine learning in Meccanica Celeste

Alessandra Celletti
Università di Roma Tor Vergata

I problemi di stabilità in Meccanica Celeste possono essere affrontati tramite metodi perturbativi, dalla teoria classica delle perturbazioni alla teoria di Kolmogorov-Arnold-Moser (KAM) e al teorema di Nekhoroshev. Tali teorie si applicano tipicamente a sistemi conservativi. Tuttavia, in Meccanica Celeste gli effetti dissipativi possono essere rilevanti, specialmente su lunghe scale di tempo, perché possono determinare l'evoluzione degli oggetti celesti. Per questo motivo è importante studiare l'estensione delle teorie perturbative a sistemi dissipativi. Ad esempio, la teoria KAM può essere formulata nel caso di sistemi conformalmente simplettici, che godono di un'importante proprietà geometrica, poiché trasformano la forma simplettica in un multiplo di se stessa. La dimostrazione, che richiede l'introduzione di parametri ausiliari, è costruttiva e fornisce un algoritmo molto efficace per determinare i tori KAM. Metodi perturbativi, sia per sistemi conservativi che dissipativi, sono stati applicati con successo in alcuni modelli di dinamica orbitale e rotazionale; basandosi su metodi analitici (forme normali, teoria KAM, teorema di Nekhoroshev), sono stati ottenuti risultati compatibili con i dati astronomici e utilizzabili in problemi di astrodinamica. A complemento degli studi analitici, le tecniche di machine learning possono essere utilizzate per fornire informazioni sulla dinamica, in particolare sulla classificazione di moti regolari o caotici, partendo da serie temporali e senza alcuna conoscenza preliminare della dinamica sottostante.