



Emulateur de Cartes de matière noire

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LCS](#)

Candidature avant le 29/02/2024

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [STARCK Jean-luc](#)

+33 1 69 08 57 64

jean-luc.starck@cea.fr

Autre lien <http://jstarck.cosmostat.org>

Résumé

Le satellite Euclid sera capable de cartographier des structures à grande échelle et de faibles distorsions de lentille jusqu'à des redshifts élevés. L'effet de lentille gravitationnelle faible est considérée comme l'un des outils cosmologiques les plus prometteurs pour contraindre les modèles. Dans ce projet, nous développerons un émulateur de carte de lentille faible, de telle sorte que nous disposerons non seulement d'un émulateur avec les statistiques à 2 points correctes, mais également d'un émulateur avec les moments d'ordre supérieur corrects.

Sujet détaillé

Le satellite Euclid, lancé en 2023, observera le ciel en optique et infrarouge, et sera capable de cartographier des structures à grande échelle et de faibles distorsions de lentille jusqu'à des redshifts élevés. L'effet de lentille gravitationnelle faible est considérée comme l'un des outils cosmologiques les plus prometteurs pour contraindre les modèles. Une lentille faible sonde l'évolution des structures de matière noire et peut aider à distinguer l'énergie noire des modèles de gravité modifiée. Grâce aux mesures de cisaillement, nous pourrions reconstruire une carte de masse de matière noire de 15 000 degrés carrés. La cartographie de masse implique la construction de cartes bidimensionnelles utilisant des mesures de forme de galaxie, qui représentent la densité totale de matière intégrée le long de la ligne de visée. Les cartes de masse à petit champ ont été fréquemment utilisées pour étudier la structure et la distribution de masse des amas de galaxies, tandis que les cartes à grand champ ne sont devenues possibles que plus récemment, compte tenu des vastes stratégies d'observation d'enquêtes telles que CFHTLenS, HSC, DES et KiDS. Les cartes de masse contiennent des informations cosmologiques non gaussiennes significatives et peuvent être utilisées pour identifier des amas massifs ainsi que pour établir une corrélation croisée entre le signal de lentille et les structures de premier plan.

Les méthodes actuelles de cartes de convergence à lentille faible utilisent la statistique à deux points, ce qui est limitant car elle ne sonde pas les non-gaussianités présentes dans les cartes. Une autre méthode employée pour briser les dégénérescences et avoir une meilleure contrainte des paramètres est la statistique d'ordre supérieur. Il a été montré dans [1] que les statistiques de la norme l_1 sont plus puissantes que les statistiques de spectre de

puissance et de comptage de pics et de vides combinés. Plus récemment, il a été montré dans [2] que nous pouvons avoir une prédiction théorique pour la fonction de distribution de probabilité en un point pour les cartes de densité. Ce travail a été étendu pour avoir une prédiction théorique pour la norme l1. Le but de ce projet est d'abord de vérifier son régime de validité, puis de l'appliquer pour construire un émulateur de carte à lentille faible.

Contexte:

La méthode standard d'utilisation des statistiques d'ordre supérieur repose sur des simulations pour les obtenir, puis les utilise pour effectuer une analyse de vraisemblance/MCMC afin d'obtenir les contraintes. Mais cela nécessite beaucoup de ressources. Une alternative consiste à utiliser un émulateur qui réduit considérablement l'utilisation des ressources informatiques. Il existe plusieurs émulateurs pour les cartes à lentille faible, par exemple. FLASK[3], GLASS [4], mais ils sont encore limités en précision. Ils ont le spectre de puissance correct mais n'obéissent pas aux moments d'ordre supérieur corrects. Avoir un émulateur avec les cartes correctes améliorera considérablement l'analyse, et il va sans dire que cela modifiera également les méthodes traditionnelles qui reposent sur des simulations complètes à N corps.

Objectifs:

Ce projet explorera l'application de l'applicabilité et les limites de la prédiction actuelle de la norme l1, puis l'utilisera pour mettre en place un émulateur de carte de telle sorte que nous ayons désormais non seulement un émulateur avec les statistiques à 2 points correctes, mais également un émulateur avec les moments d'ordre supérieur corrects, de sorte que nous obtenions une distribution de probabilité en un point et une norme l1 correctes.

Résultats attendus:

Nous nous attendons à une percée dans le domaine de l'utilisation de statistiques d'ordre élevé dans les analyses de lentilles faibles. À la fin du projet, nous espérons disposer d'un outil robuste, précis et également évolutif pour produire des cartes de convergence de lentilles faibles.

Profil du candidat:

Étudiant en école d'ingénieur ou en Master. Connaissances avancées en statistiques et signal traitement. La programmation en Python et des connaissances en optimisation et Machine Learning sont un plus.

Mots clés

Machine learning, cosmologie

Compétences

Python

Logiciels

Python

Convergence Mass Map Emulator

Summary

The Euclid satellite will be able to map large scale structures and weak lensing distortions out to high redshifts. Weak gravitational lensing is thought to be one of the most promising tools of cosmology to constrain models. In this project, we will develop a weak lensing map emulator, such that we will not only have an emulator with the correct 2-point statistics but also an emulator with the correct higher order moments.

Full description

The Euclid satellite, launched in 2023, will observe the sky in the optical and infrared, and will be able to map large scale structures and weak lensing distortions out to high redshifts. Weak gravitational lensing is thought to be one of the most promising tools of cosmology to constrain models. Weak lensing probes the evolution of dark-matter structures and can help distinguish between dark energy and models of modified gravity. Thanks to the shear measurements, we will be able to reconstruct a dark matter mass map of 15000 square degrees. Mass mapping entails the construction of two-dimensional maps using galaxy shape measurements, which represent the integrated total matter density along the line of sight. Small- field mass maps have been frequently used to study the structure and mass distribution of galaxy clusters, whereas wide- field maps have only more recently become possible given the broad observing strategies of surveys like CFHTLenS, HSC, DES, and KiDS. Mass maps contain significant non-Gaussian cosmological information and can be used to identify massive clusters as well as to cross-correlate the lensing signal with foreground structures.

The current methods of weak lensing convergence maps use the two point statistics which is limiting as it does not probe the non-Gaussianities present in the maps. Another method employed to break the degeneracies and to have a better constraints of the parameters is the higher order statistics. It was shown in [1] that the l1-norm statistics is more powerful than power spectrum and peak and void statistics combined. More recently it was shown in [2] that we can now have a theoretical prediction for the one-point Probability Distribution Function for the density maps. This work has been extended to have a theoretical prediction for the l1-norm. The goal of this project is to first verify its validity regime and then apply this to build a weak lensing map emulator.

Context:

Standard method of using the higher order statistics relies on simulations to obtain them and then use them to perform likelihood/MCMC analysis to obtain the constraints. But, this is highly resource intensive. An alternative to this is to use an emulator which drastically cuts down on the use of computational resources. There are several emulators for the weak lensing maps ex. FLASK[3], GLASS [4], but they are still limited in precision. They have the correct power spectrum but does not obey the correct higher order moments. Having an emulator with the correct maps will significantly improve the analysis, needless to say will also change the traditional methods which relies on full N-body simulations.

Goals:

This project will explore the application of the applicability and the limitations of the current l1-norm prediction and then use that to have a map emulator in place such that we now not only have an emulator with the correct 2-point statistics but also an emulator with the correct higher order moments, so that we get correct one-point Probability distribution and l1-norm.

Expected Results:

We expect breakthrough in the field of using high-order statistics in weak lensing analyses. At the end of the project, we expect to have a tool in place that is robust, accurate and also scalable to produce weak lensing convergence maps.

Candidate Profile:

Engineering school or Masters student. Advanced knowledge in statistics and signal processing. Programming in Python and knowledge in optimisation and Machine Learning are a plus.

Deadline for Application: 28/02/2024 References

1. Ajani, V., Starck, J. L., & Pettorino, V. (2021). Starlet l1-norm for weak lensing cosmology. *Astronomy & Astrophysics*, 645, L11.
2. Barthelemy, A., Codis, S., & Bernardeau, F. (2021). Probability distribution function of the aperture mass field with large deviation theory. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 503(4), 5204-5222.
3. Xavier, H. S.,

Abdalla, F. B., & Joachimi, B. (2016). Improving lognormal models for cosmological fields. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 459(4), 3693-3710.

4. Tessore, N., Loureiro, A., Joachimi, B., & von Wietersheim-Kramsta, M. (2023). GLASS: Generator for Large Scale Structure. arXiv preprint arXiv:2302.01942.

Keywords

Machine learning, cosmology

Skills

Python

Softwares

Python