

Sujet 1

Titre

MaxEnt hybride et représentations auto-supervisées pour la cartographie de l'habitat animal

Résumé

Ce travail vise à concevoir un modèle hybride combinant MaxEnt et des approches d'apprentissage automatique pour la cartographie de potentiel spatial à partir de données en présence seule. L'étude repose sur l'intégration de variables environnementales (climat, topographie, occupation du sol, distances) et de représentations apprises par des modèles de deep learning à partir de séries satellitaires. L'application consiste à cartographier le potentiel d'habitat d'une espèce animale à partir d'occurrences publiques. L'objectif est d'améliorer la précision spatiale et la capacité de généralisation de MaxEnt tout en conservant son interprétabilité. La méthodologie repose sur des données ouvertes et des outils reproductibles.

Objectif général

Développer une version améliorée de MaxEnt en intégrant des variables dérivées de modèles d'apprentissage automatique et de deep learning afin d'optimiser la cartographie de potentiel spatial à partir de données de présence seule.

Objectifs spécifiques

- Constituer une base de données spatiale sur les occurrences et les variables explicatives.
- Mettre en œuvre un modèle MaxEnt de référence à partir des variables environnementales.
- Développer des modèles de machine learning (Random Forest, MLP) pour générer des indices de potentiel à partir des mêmes variables ou d'images satellitaires.
- Extraire des représentations à partir de séries satellitaires via auto-supervision, puis les intégrer comme variables additionnelles.
- Intégrer ces indices dans MaxEnt pour former un modèle hybride.
- Évaluer et comparer les performances des différentes approches selon des indicateurs spatiaux et statistiques.

Méthodologie

Étape 1 : Données

- Occurrences : GBIF (téléchargements citables par DOI).
- Climat : précipitations et température (WorldClim 2.1).
- Topographie : altitude et pente (SRTM 30 m).
- Occupation du sol : ESA WorldCover (10 m).
- Séries temporelles : HLS (Harmonized Landsat and Sentinel-2) pour indices de végétation, humidité et séries multi-temporelles.
- Motifs spatiaux : variables de voisinage et de configuration issues de l'occupation du sol à plusieurs tailles de fenêtre.

Étape 2 : Modèles

- MaxEnt de référence : calibration classique en présence seule avec validation par blocs spatiaux et métriques AUC et TSS.
- Apprentissage supervisé : mise en œuvre d'un réseau de neurones multicouche et d'un modèle d'ensemble (Random Forest) sur les mêmes covariables.
- MaxEnt hybride : intégration des sorties (probabilités ou scores) des modèles de machine learning et des variables dérivées des embeddings comme variables supplémentaires dans MaxEnt.

Étape 3 : Évaluation

- Comparaison quantitative (AUC, TSS, calibration, sensibilité).
- Comparaison spatiale des cartes par indicateurs de similarité et analyse visuelle.
- Estimation de l'incertitude par bootstrap spatial.
- Analyse de contribution des variables et interprétation des interactions apprises.

Plan de travail

- Collecte et traitement des données.
- Modèle MaxEnt de référence et validation spatiale.
- Développement des modèles ML/DL, extraction d'embeddings et génération d'indices.
- Construction du MaxEnt hybride et tests comparatifs.
- Analyse, interprétation et rédaction.

Résultats attendus

- Une base de données géospatiale unifiée (occurrences et covariables).
- Trois cartes comparées : MaxEnt simple, modèles ML/DL, MaxEnt hybride.
- Une évaluation complète de la précision et de la transférabilité spatiale.
- Un protocole reproductible réutilisable sur d'autres zones.

Contributions

- Intégration de représentations auto-supervisées sur séries satellitaires comme covariables.
- Comparaison structurée entre modèles en présence seule et modèles supervisés avec fond contrôlé.
- Validation spatiale, quantification d'incertitude et analyse de contribution des variables.

Références

- Szwarcman, D. et al. Prithvi-EO-2.0: Multi-Temporal Foundation Model for Earth Observation. arXiv:2412.02732, 2024.
- Marsocci, V. et al. PANGAEA: A Global and Inclusive Benchmark for Geospatial Foundation Models. arXiv:2412.04204, 2024.
- Nowosad, J., Hesselbarth, M. H. K. Landscape Motifs and Spatial Patterns. arXiv:2405.06559, 2024.
- Kass, J. M. et al. Achieving higher standards in species distribution modeling and ecological niche modeling. Ecography, 2024.
- GBIF, règles de citation et DOI des téléchargements. 2024.

Sujet 3

Titre

Fusion de variables apprises et MaxEnt pour la cartographie du risque d'incendie

Résumé

Ce travail vise à concevoir un modèle hybride combinant MaxEnt et des approches d'apprentissage automatique pour la cartographie du risque d'incendie en Kroumirie. L'étude repose sur l'intégration de variables environnementales (climat, topographie, indices de télédétection) et de représentations apprises par des modèles de deep learning à partir de séries satellitaires. L'objectif est d'améliorer la précision spatiale et la capacité de généralisation de MaxEnt tout en conservant son interprétabilité. La méthodologie repose sur des données ouvertes et des outils reproductibles, permettant un suivi opérationnel du risque dans les zones forestières.

Objectif général

Développer une version améliorée de MaxEnt en intégrant des variables dérivées de modèles d'apprentissage automatique et de deep learning afin d'optimiser la modélisation du risque d'incendie en Kroumirie.

Objectifs spécifiques

- Constituer une base de données spatiale sur les incendies et les variables explicatives.
- Mettre en œuvre un modèle MaxEnt de référence à partir des variables environnementales.
- Développer des modèles de machine learning (Random Forest, MLP) pour générer des indices de risque à partir des mêmes variables ou d'images satellitaires.
- Intégrer ces indices dans MaxEnt pour former un modèle hybride.
- Évaluer et comparer les performances des différentes approches selon des indicateurs spatiaux et statistiques.

Méthodologie

Étape 1 : Données

- Occurrences de feu : VIIRS Active Fire (NASA FIRMS) et MODIS Burned Area (MCD64A1).
- Climat : précipitations et température (WorldClim 2.1).
- Topographie : altitude et pente (SRTM 30 m).
- Occupation du sol : ESA WorldCover (10 m).
- Séries temporelles : HLS (Harmonized Landsat and Sentinel-2) pour les indices de végétation et d'humidité.

Étape 2 : Modèles

- MaxEnt de référence : calibration classique en présence seule avec validation par blocs spatiaux et métriques AUC et TSS.
- Apprentissage supervisé : mise en œuvre d'un réseau de neurones multicouche et d'un modèle d'ensemble (Random Forest) sur les mêmes covariables.
- MaxEnt hybride : intégration des sorties (probabilités ou scores de risque) des modèles de machine learning comme variables supplémentaires dans MaxEnt.

Étape 3 : Évaluation

- Comparaison quantitative (AUC, TSS, calibration, sensibilité).
- Comparaison spatiale des cartes par indicateurs de similarité et analyse visuelle.
- Estimation de l'incertitude par bootstrap spatial.
- Analyse de contribution des variables et interprétation des interactions apprises.

Plan de travail

- Collecte et traitement des données.
- MaxEnt de référence et validation spatiale.
- Développement des modèles ML/DL et génération d'indices.
- Construction du MaxEnt hybride et tests comparatifs.
- Analyse, interprétation et rédaction.

Résultats attendus

- Une base de données géospatiale unifiée pour la Kroumirie.
- Trois cartes de risque : MaxEnt simple, modèles ML/DL, MaxEnt hybride.
- Une évaluation complète de la précision et de la transférabilité.
- Un protocole reproductible pour la détection de zones sensibles aux incendies.

Contributions

- Intégration originale des représentations apprises et du cadre interprétable de MaxEnt.
- Amélioration mesurable des performances spatiales et de la robustesse du modèle.
- Production d'un outil de diagnostic applicable à la surveillance du risque d'incendie.

Références

- Szwarcman, D. et al. Prithvi-EO-2.0: Multi-Temporal Foundation Model for Earth Observation. arXiv:2412.02732, 2024.
- Cong, Y. et al. SatMAE: Pre-training Transformers for Multi-Spectral Imagery. arXiv:2207.08051, 2022.
- Giglio, L. et al. NASA VIIRS Burned Area Product. Remote Sensing of Environment, 2025.
- Nowosad, J., Hesselbarth, M. H. K. Landscape Motifs and Spatial Patterns. arXiv:2405.06559, 2024.
- Hansen, M. C. et al. Global Forest Change v1.12 (2000–2024), Earth Engine Catalog.
- Valavi, R. et al. blockCV: Spatial Cross-Validation for Distribution Models. Methods in Ecology and Evolution, 2019.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E. Maximum Entropy Modeling of Species Distributions. Ecological Modelling, 2006.