

Cross-Family U-Net Landmark Heatmap Regression For Butterfly Wings -- Context and Generalization by Grouping

Auteur : Akkawi, Jad

Promoteur(s) : Geurts, Pierre; Marée, Raphaël

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master : ingénieur civil en science des données, à finalité spécialisée

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/23219>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

ABSTRACT

Cross-Family U-Net Landmark Heatmap Regression For Butterfly Wings Context and Generalization by Grouping

Name: AKKAWI

First Name: Jad

Section: Master of Science in Engineering and Data Science

Academic Year: 2024-2025

Supervisor: Pr. Pierre GEURTS

Co-supervisors: Pr. Raphaël MARÉE, Pr. Vincent DÉBAT

Summary:

This thesis presents a novel approach to automated landmark detection on butterfly wings using deep learning techniques, addressing the challenge of cross-family generalization in morphometric analysis. Accurate landmark detection is essential for studying morphological variations in butterflies, but traditional manual annotation is time-consuming and impedes large-scale research.

We propose several improvements to U-Net-based landmark detection through anatomically-informed grouping strategies and enhanced preprocessing. By integrating YOLOv8 for butterfly detection and cropping before landmark prediction, we significantly improve input quality. We explore multiple model configurations, comparing single-landmark versus multi-landmark channel approaches, different loss functions (MSE and FBCE), and varying input resolutions (256×256 and 512×512).

Our experiments on specimens from the Papilionidae family demonstrate that anatomically-guided multi-landmark grouping achieves convergence four times faster than conventional approaches while maintaining comparable accuracy. Higher resolution models (512×512) show substantially improved precision when evaluated at original image scale. Most importantly, our cross-family generalization experiments reveal that models trained on the combined Papilionidae and Morpho datasets with strategic landmark grouping and index matching successfully adapt to varying numbers of landmarks across butterfly families.

These findings advance morphometric analysis capabilities in Lepidopterology and demonstrate the value of incorporating domain knowledge into neural network architecture design for biological feature detection tasks.