Avis de Soutenance

Madame Jilliana MONNIER

Biologie-Santé - Spécialité Oncologie

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Détection automatisée du mélanome fondée sur l'analyse cognitive globale du dermatologue et comparaison aux approches neuronales

dirigés par Monsieur Jean-jacques GROB et Monsieur Djamal MERAD

Thèse soutenue le ***lundi 18 décembre 2023*** à 14h00
Lieu : 27 boulevard Jean Moulin 13385 Marseille
Salle : de thèse 2 - 1er étage - aile bleue - Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales Campus Santé - Timone

Composition du jury proposé

M. Jean-Jacques GROB	CHU La Timone, CRCM, INSERM, Aix-Marseille Université	Directeur de thèse
Mme Tu-Annh DUONG	CHU Ambroise Paré, AP-HP, Université Paris Saclay, Centrale Supelec, laboratoire génie industriel	Rapporteure
M. Abd-Krim SEGHOUANE	Ecole de mathématiques et statistiques, Université de Melbourne	Rapporteur
M. Djamal MERAD	Laboratoire d'Informatique et Systèmes, équipe Images et Modèles - Aix-Marseille Université	Co-directeur de thèse
Mme Caroline GAUDY-MARQUESTE	CHU La Timone, CRCM, INSERM, Aix-MarseilleUniversité	Examinatrice
Mme Véronique DEL MARMOL	Hopital d'Erasme, Université Libres de Bruxelles	Examinatrice
Mme Caroline ROBERT	Institut Gustave Roussy, INSERM, Université Paris-Sud, Paris-Saclay	Président
M. Rabah IGUERNAISSI	LIS, Aix-Marseille Université	Examinateur

Mots-clés : Detection automatique du mélanome,Analyse cognitive globale,Réseaux de neurones à convolution,Graphe,Diagnostic assisté par ordinateur,

Résumé :

Les systèmes de Diagnostic Assisté par Ordinateur (DAO) ont montré des performances élevées pour la reconnaissance automatique du mélanome à partir d'images dermoscopiques. Cependant, l'absence d'explicabilité des mécanismes d'apprentissage et de classification notamment des erreurs évidentes, rendent leur utilisation difficile en pratique clinique. A l'inverse, les approches classiques se construisent en plusieurs étapes et peuvent être orientées par les concepts dermatologiques.

Cependant, la majorité des modèles développés pour la détection du mélanome à partir de ces approches, reposent sur les critères ABCDE (A : asymétrie, B : bords irréguliers, C : couleur inhomogène, D : diamètre supérieur à 6 mm et E : évolution), alors que les dermatologues utilisent inconsciemment lors de l'examen clinique, l'analyse cognitive globale. En effet, ils analysent les lésions dans leur globalité et distinguent un mélanome par son aspect désordonné, son aspect chaotique traduite par des zones d'atypie au sein des lésions comme les zones de régression ainsi que son asymétrie globale. Or, à notre connaissance, ces notions inspirées de l'analyse cognitive globale n'ont pas été intégrées à des systèmes de DAO. L'objectif était de développer à partir des approches classiques des modèles intégrant des concepts inspirés de l'analyse cognitive globale, de comparer leurs performances à une approche neuronale puis de fusionner ces modèles avec une approche neuronale afin d'évaluer si leur ajout permettait d'améliorer les performances des modèles par réseaux de neurones à convolution et d'éviter des erreurs évidentes. Pour ce faire nous avons utilisé et amélioré, en limitant les biais, et standardisé en appliquant des traitements d'images, la base de données publiques de l'International Skin Imaging Collaboration (ISIC) d'images dermoscopiques de 2019, soit 1533 mélanomes et 6124 naevus. Premièrement, nous avons développé de manière supervisée, sur la même base de données non enrichie, un modèle avec le classifieur K-Nearest-Neighbors (KNN) caractérisant le concept du désordre du mélanome, grâce au descripteur de l'entropie qui sur plusieurs espaces couleurs a été discriminant. Les performances du « modèle désordre » ont été équivalentes à une approche neuronale développée grâce à l'architecture ResNet50. Deuxièmement nous avons développé un algorithme caractérisant l'aspect chaotique ou uniforme des lésions mélanocytaires après segmentation des lésions par la méthode superpixel et appliquant certains seuils délimitant des contrastes entre régions adjacentes qui a été intégré à nos modèles (6 classifieurs) grâce à l'utilisation de graphes et de matrice d'adjacence. Puis, sur la même base de données, nous avons développé un réseau de neurones à convolution à partir de l'architecture pré-entraînée EfficientNet; nous permettant de construire une fusion boostée basé sur l'algorithme Gradient Boosting et les prédictions des différents modèles. Troisièmement, nous avons développé un algorithme sur l'aspect globalement symétrique/asymétrique de lésions mélanocytaires puis nous l'avons fusionné à un ensemble de réseaux de neurones à convolution. L'approche classique fondée a été sur deux formes de symétrie, centrale et axiale via des méthodes de traitement d'images et à partir de quatre espaces couleurs différents, ces caractéristiques nous ont permis d'entraîner un ANN (Artificial Neural Network). Puis, nous avons également développé un ensemble de CNN sur la même base de données fondé sur l'architecture pré-entrainée Efficient-Net. Nous avons ensuite fusionné nos deux approches à partir des prédictions finales de chaque modèle en calculant les moyennes des prédictions. Finalement, nous avons fusionné par une méthode originale prenant en compte la présence de différents classifieurs les différents algorithmes inspirés de l'approche cognitive globale et comparé aux performances des CNN.

LE DOYEN

Georges [illegible]

Résumé

Parmi les systèmes de Diagnostic Assisté par Ordinateur (DAO) appliqués à la détection du mélanome, les approches neuronales ont montré des performances élevées à partir d'images dermoscopiques. Cependant, les conditions expérimentales de ces études sont loin de la pratique clinique et des erreurs surviennent parfois évidentes pour un clinicien, mais l'absence d'explicabilité des mécanismes d'apprentissage et de classification, rendent l'interprétation de ces erreurs difficile. À l'opposé, les approches classiques de DAO se développent en plusieurs étapes par le développeur, qui peut s'inspirer des concepts dermatologiques pour l'extraction des descripteurs qui implémenteront le modèle. Toutefois, la majorité ont été développés à partir d'une combinaison de critère notamment ABCDE (A : asymétrie, B : bords irréguliers, C : couleur inhomogène, D : diamètre supérieur à 6 mm et E : évolution), alors que les dermatologues lors de l'examen clinique d'une lésion pigmentée, n'utilisent pas une combinaison de critère mais utilisent en réalité inconsciemment une analyse cognitive plus globale. En effet, ils distinguent vraisemblablement les mélanomes par des concepts qu'ils perçoivent comme le désordre ou l'absence de symétrie globale de la lésion. A notre connaissance ces concepts n'ont pas été intégrées à des systèmes de DAO.

Notre objectif était de développer à partir des approches classiques des modèles intégrant des concepts inspirés de l'analyse cognitive globale, de comparer leurs performances aux approches neuronales, et enfin de voir si la fusion des deux approches permettait d'améliorer les performances des approches neuronales et ainsi d'éviter des erreurs évidentes.

Pour ce faire, nous avons utilisé la base de données (BDD) publiques de l'International Skin Imaging Collaboration (ISIC) d'images dermoscopiques de 2019, après l'avoir améliorée et standardisée en limitant les biais à l'aide d'outils de traitement d'images. Nous avons obtenu ainsi une BDD contenant 1533 mélanomes et 6124 naevus.

Nous avons fait l'hypothèse que le diagnostic clinique du mélanome par un dermatologue repose sur la perception par l'expert humain de concepts comme le « désordre » dans la distribution des couleurs ou nuances de couleur, de « chaos » c'est à dire de contrastes importants en termes de couleur entre régions juxtaposées de la lésion, et enfin d'« asymétrie » que nous avons essayés de modéliser mathématiquement.

Nous avons d'abord développé de manière supervisée, un modèle avec le classifieur K-Nearest-Neighbors (KNN) caractérisant la lésion sur une échelle ordre/désordre le concept du désordre du mélanome, grâce au descripteur de l'entropie sur plusieurs espaces couleurs. Les performances du « modèle désordre » se sont avérées équivalentes à une approche neuronale développée grâce à l'architecture ResNet50.

Nous avons ensuite développé un algorithme caractérisant la lésion sur une échelle de « chaos » grâce à une modélisation par graphes des lésions segmentées, intégrée à 6 classifieurs. Puis, sur la même base de données, nous avons développé un réseau de neurones à convolution à partir de l'architecture pré-entraînée EfficientNet, nous permettant ainsi de construire une fusion boostée basée sur l'algorithme Gradient Boosting.

Nous avons enfin développé un algorithme fondé sur le degré d'asymétrie basé sur deux formes de symétrie : symétrie centrale et symétrie axiale. Des caractéristiques issues de quatre espaces couleurs, nous ont permis d'entraîner un ANN (Artificial Neural Network). Puis, nous avons également développé un ensemble de CNN sur la même base de données à l'aide de l'architecture EfficientNet. Nous avons ensuite fusionné nos deux approches à partir des prédictions finales de chaque modèle en calculant les moyennes des prédictions.

Finalement, nous avons fusionné tous nos modèles par une autre méthode prenant en compte nos différents algorithmes inspirés de l'approche cognitive globale du clinicien et nous les avons comparés aux performances des CNN. Les résultats obtenus montent que notre approche corrige la majorité des erreurs flagrantes initiales des CNN.

Ce travail souligne les performances diagnostiques d'algorithmes basés sur concepts comme le désordre, le chaos et l'asymétrie, et l'apport potentiel des concepts issus de la pratique dermatologique à l'amélioration des performances des DAO basés sur des méthodes de CNN et à la diminution des erreurs dites évidentes pour le clinicien.

Mots clés : Détection automatique du mélanome, Analyse cognitive globale, réseaux de neurones à convolution, graphe, Diagnostic Assisté par Ordinateur

Abstract

Among Computer-Aided Diagnosis (CAD) systems applied to melanoma detection on dermoscopic images, neural network approach has shown high performance. However, the experimental conditions of these studies are far from the clinical practice, errors can occur, sometimes obvious for a dermatologist, but the lack of explainability of the learning and classification process make interpretation of these errors challenging. In contrast, classical CAD approaches are developed in several steps by the developer, who can extract features guided by dermatological concepts, that will implement the model. However, most have been developed using a combination of criteria, notably ABCDE (A: asymmetry, B: irregular edges, C: inhomogeneous color, D: diameter greater than 6 mm and E: evolution), whereas dermatologists, when clinically examining a pigmented lesion, do not use a combination of criteria, but unconsciously use a more global cognitive analysis. Indeed, they probably distinguish melanomas by concepts they perceive as disorder or lack of overall symmetry of the lesion. To our knowledge, these concepts have not been integrated yet into CAD systems.

Our aim was to develop models based on classical approaches, incorporating concepts inspired by a global cognitive analysis, to compare their performance with neural approaches, and finally to see whether combining the two approaches would improve the performance of neural approaches and then avoid obvious errors.

To achieve that, we used the International Skin Imaging Collaboration's (ISIC) public dataset (BDD) of dermoscopic images from 2019, after improving and standardizing it by limiting bias using image processing technique. We thus obtained a dataset containing 1,533 melanomas and 6,124 nevi.

We hypothesized that the clinical diagnosis of melanoma by a dermatologist is based on the human expert's perception of concepts such as "disorder" in the distribution of colors or shades of color traducing by the "chaos" i.e. significant color contrasts of juxtaposed regions of the lesion, and finally "asymmetry", which we tried to model mathematically.

We first developed a supervised model with the K-Nearest-Neighbors (KNN) classifier, characterizing the lesion on an order/disorder scale the concept of melanoma disorder, thanks to the entropy descriptor on several color spaces. The

performance of the "disorder model" proved equivalent results to a neural approach developed based on the ResNet50 architecture.

We then developed an algorithm characterizing the lesion on a "chaos" scale using graph modeling of segmented lesions integrated into 6 classifiers. Then, we developed a convolution neural network based on the EfficientNet architecture on the same dataset. We then combined our two approaches based on the final predictions of each model by calculating the mean of their predictions.

We developed an algorithm based on the degree of asymmetry integrating two forms of symmetry: central symmetry and axial symmetry. Features from four color spaces were used to train an Artificial Neural Network. We then developed an ensemble method based on multiple CNNs on the same dataset, using the EfficientNet architecture. We then combined our two approaches based on the final predictions of each model calculating the mean of their predictions.

Finally, we combine all our models using another method, taking into account our different algorithms inspired by the clinician's global cognitive approach, and compared them with the CNNs' performance. The results obtained show that our approach corrects the majority of the initial obvious errors made by the CNNs.

This work highlights the diagnostic performance of algorithms based on concepts such as disorder, chaos and asymmetry, and the potential contribution of concepts from dermatological practice to improving the performance of CADs based on CNN methods and reducing the so-called obvious errors for the clinician.

Keywords: Automatic melanoma detection, Global cognitive analysis, convolution neural networks, graph, Computer-aided diagnosis