

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR & DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



## RAPPORT DU PROJET DE FIN D'ÉTUDES

Pour obtenir le diplôme de

*Post-Graduation Spécialisé en Big Data et Calcul Intensif*

Préparé par :

**Ladjel TAYEB, Ghessane LAABANI**

Sous la direction de :

**Mr. Nadir BOUCHAMA** (Encadreur)

**Mlle. Soumia GOUMIRI**(Co-Encadreur)

### Reconstruction Des Empreintes Digitales En Utilisant Les Autoencodeurs Convolutifs

**Soutenu le : 19/12/2021. Devant le jury composé de :**

**Président:**

Mr: SAADI Hocine

**Examineur :**

Mr: SEBA Abdelrezak

Année Universitaire : **2019 - 2020**

# **Reconstruction Des Empreintes Digitales En Utilisant Les Autoencodeurs Convolutifs**



**Ladjel TAYEB, Ghessane LAABANI**

Mémoire soumis en vue de l'obtention du diplôme de

*Post-Graduation Spécialisé*

Alger

Dec 2021

## شكر وتقدير

أول مشكور هو الله عز وجل ، ثم والداي على كل مجهوداتهم منذ ولادتي إلى هذه اللحظات ، وعائلي الصغيرة ، زوجتي و أولادي محمد فراس ، إيد ، لويزة و الصغيرة العزيزة إيناس أنتم كل شيء أحبكم في الله أشد الحب.

يسرني أن أوجه شكري لكل من نصحني أو أرشدني أو وجهني أو ساهم معي في إعداد هذا البحث بإيصالي للمراجع والمصادر المطلوبة في أي مرحلة من مراحلها ، وأشكر على وجه الخصوص استاذي الفاضل بوشامة نذير واستاذتي الفاضلة سومية قومييري على مساندتي وإرشادي بالنصح والتصحيح وعلى اختيار العنوان والموضوع ، كما أن شكري موجه لإدارة مركز البحث في الاعلام الالي و التقني ، وللدكتور يحياوي سعيد على المجهودات المبذولة من طرفه ولأساتذتنا الكرام في المركز لتوفير أفضل بيئة للتدريس في أفضل الأحوال التي تلائم طلبة العلم.

الطيب الخيال

## شكر وتقدير

أول مشكور هو الله عز وجل ، ثم والداي على كل مجهوداتهم منذ ولادتي إلى هذه اللحظات ، وعائلي الصغيرة ، زوجتي و أولادي.

يسرني أن أوجه شكري لكل من نصحني أو أرشدني أو وجهني أو ساهم معي في إعداد هذا البحث بإيصالي للمراجع والمصادر المطلوبة في أي مرحلة من مراحلها ، وأشكر على وجه الخصوص استاذي الفاضل بوشامة نذير واستاذتي الفاضلة سومية قومييري على مساندي وإرشادي بالنصح والتصحيح وعلى اختيار العنوان والموضوع ، كما أن شكري موجه لإدارة مركز البحث في الاعلام الالي و التقني ، وللدكتور يحيياوي سعيد على المجهودات المبذولة من طرفه ولأساتذتنا الكرام في المركز لتوفير أفضل بيئة للتدريس في أفضل الأحوال التي تلائم طلبة العلم.

لعيني غنيان

## ملخص

يعتمد التعرف على بصمات الأصابع عادةً على مقارنة نقاط الميزات في بصمة الإصبع ومعالمها. لذلك ، من المهم أن تقوم أنظمة التعرف على بصمات الأصابع بتنظيف وتحسين صورة بصمات الأصابع ، وتحديد نقاط الميزات والمعالم بشكل صحيح لاستخدامها في أنظمة التعرف على بصمات الأصابع، وإجراء عملية المقارنة بشكل صحيح.

تعد أجهزة التشفير التلقائية أنواعًا خاصة من هندسات الشبكة العصبية التي يكون فيها الإخراج هو نفسه الإدخال. يعد التشفير التلقائي عمل تراجع حيث يُطلب من الشبكة التنبؤ بإدخاله (بمعنى آخر ، نموذج عمل الهوية). تحتوي هذه الشبكات على عنق زجاجة ضيق من عدد قليل من الخلايا العصبية في الوسط، مما يجبرهم على إنشاء تمثيلات فعالة تضغط المدخلات في مشفر منخفض الأبعاد يمكن استخدامه بواسطة مفك الشفرة لإعادة إنتاج المدخلات الأصلية. باستخدام أجهزة التشفير التلقائي، يمكننا العثور على طريقة ممكنة لإعادة إنشاء صورة بصمة باستخدام مجموعة بيانات لبصمات الأصابع المتوفرة بالفعل والتي يمكن استخدامها كأداة للتحقيقات البيومترية.

أقترحت عدة خوارزميات طرقًا مختلفة لإعادة إنشاء صور بصمات الأصابع. ومع ذلك ، واجهت هذه الأعمال مشاكل ذات جودة رديئة ووجود ضوضاء منظمة على هذه الصور. في هذا العمل ، نقدم نظامًا جديدًا لبصمات الأصابع يوفر خوارزميات فريدة وقوية قادرة على التمييز بين الأفراد بشكل فعال. تُستخدم خوارزمية التلايف التلقائية لإعادة بناء صور بصمات الأصابع. إنه نموذج تعلم عميق غير خاضع للإشراف يكرر مدخلاته في المخرجات. تم تصميم الهندسة وتدريبها باستخدام مجموعات بيانات لصور بصمات الأصابع التي تمت معالجتها مسبقًا لتكون قادرة على ملأمتها في النموذج. تم استخدام ثلاث مجموعات بيانات لصور بصمات الأصابع للتحقق من جودة النموذج. تم تقسيم مجموعة البيانات هذه إلى 80% للتدريب و 20% للتحقق من صحة النموذج. يعد التشفير التلقائي التلايفي نموذجًا مناسبًا للتعلم العميق لتحسين إعادة إنشاء صور بصمات الأصابع بشكل كبير. أظهر النهج المقترح نتائج واعدة ، ويمكنه تحسين جودة صور بصمات الأصابع المعاد إنتاجها بهيكل حواف واضح والقضاء على الأنماط المتداخلة المختلفة.

الكلمات المفتاحية: التشفير التلقائي، إعادة بناء الصورة ، بصمات الأصابع ، القياسات الحيوية.

## Abstract

*Fingerprint recognition is usually based on comparing the feature points in the fingerprint and their parameters. Therefore, it is important for fingerprint recognition systems to clean and improve the fingerprint image, to correctly identify the feature points and parameters to be used in fingerprint recognition systems, and to perform the comparison process correctly.*

*Autoencoders are special types of neural network architectures in which the output is the same as the input. An autoencoder is a regression task where the network is asked to predict its input (in other words, model the identity function). These networks have a tight bottleneck of a few neurons in the middle, forcing them to create effective representations that compress the input into a low-dimensional code that can be used by the decoder to reproduce the original input. Using Autoencoders, we can find a possible way of recreating a fingerprint image with a dataset of already provided fingerprints which can be used as a tool for biometric investigations.*

*Several algorithms proposed different approaches to recreate fingerprint images. However, these works encountered problems with poor quality and presence of structured noise on these images. In this work, we present a novel fingerprint system that provides more unique and robust algorithms which are capable to distinguish between individuals effectively. A convolutional autoencoder algorithm is used to reconstruct fingerprint images. It is an unsupervised deep learning model that replicates its input at the output. The architecture is designed and trained with datasets of fingerprint images that are pre-processed to be able to fit them in the model. Three datasets of fingerprint images have been utilized to validate the robustness of the model. This dataset has been split into 80% for training and 20% for validation the model. The convolutional autoencoder is a suitable deep learning model to improve the recreation of fingerprint images significantly. The proposed approach showed promising results, and it can enhance the quality of reproduced fingerprint images with a clear ridge structure and eliminating various overlapping patterns.*

**Keywords:** *Autoencoders, Image Reconstruction, Fingerprints, Biometrics.*

## Résumé

La reconnaissance des empreintes digitales est généralement basée sur la comparaison des caractéristiques des points de l'empreinte digitale et de leurs paramètres. Par conséquent, il est important que les systèmes de reconnaissance d'empreintes digitales nettoient et améliorent l'image des empreintes digitales, identifient correctement les points caractéristiques et les paramètres à utiliser, et effectuent correctement le processus de comparaison.

Les autoencodeurs sont des types particuliers d'architectures de réseaux neuronaux dans lesquels la sortie est la même que l'entrée. Un autoencodeur est une tâche de régression où le réseau est invité à prédire son entrée. Ces réseaux ont un goulot d'étranglement serré de quelques neurones au milieu, les forçant à créer des représentations efficaces qui compressent l'entrée en un code de basse dimension qui peut être utilisé par le décodeur pour reproduire l'entrée d'origine. À l'aide d'autoencodeurs, on peut trouver un moyen possible de recréer une image d'empreinte digitale avec un ensemble de données d'empreintes digitales déjà fournies qui peuvent être utilisées comme un outil à des fins biométriques.

Plusieurs algorithmes ont proposé différentes approches pour recréer les images d'empreintes digitales. Cependant, ces travaux ont rencontré des problèmes de mauvaise qualité et de présence de bruit structuré sur ces images. Dans ce travail, on présente un nouveau système d'empreintes digitales qui fournit des algorithmes plus uniques et plus robustes, capables de distinguer efficacement les individus. Un algorithme d'autoencodeur convolutif est utilisé pour reconstruire les images d'empreintes digitales. Il s'agit d'un modèle d'apprentissage profond non supervisé qui reproduit son entrée à la sortie. L'architecture est conçue et entraînée avec des ensembles de données d'images d'empreintes digitales qui sont prétraitées pour pouvoir les intégrer au modèle. Trois ensembles de données d'images d'empreintes digitales ont été utilisés pour valider la robustesse du modèle. Ce jeu de données a été divisé en 80% pour l'entraînement et 20% pour la validation du modèle. L'autoencodeur convolutif est un modèle d'apprentissage profond approprié pour améliorer de manière significative la recréation d'images d'empreintes digitales. L'approche proposée a montré des résultats prometteurs, et elle peut améliorer la qualité des images d'empreintes digitales reproduites avec une structure de crête claire et en éliminant divers modèles de chevauchement.

***Mots-clés : Autoencodeurs, Reconstruction d'images, Empreintes digitales, Biométrie.***

---

## Table des matières

ملخص.....	v
Abstract .....	vi
Résumé .....	vii
Table des matières.....	viii
Table des figures .....	xii
Liste des tableaux .....	xiii
Introduction .....	1
<b>Chapitre 1: Réseau de Neurones Convolutif.....</b>	<b>3</b>
Introduction .....	3
1.2-Histoire.....	3
1.3-Principe des réseaux de neurones convolutifs .....	4
.....	5
1.3.1-Couche de convolution (CONV) .....	5
1.3.1.1-Paramètres de la couche de convolution .....	5
1.3.1.2 <i>Kernel</i> (noyau).....	6
1.3.1.3- <i>Padding</i> .....	6
1.3.1.4-Opération de convolution.....	6
1.3.2-Couche de pooling .....	7
1.3.3- Les fonctions d'activation .....	8
1.3.4-Couche entièrement connectée (FC) .....	8
1.3.5-Fonction de perte (LOSS).....	9
1.3.5.1- Fonction de perte <i>Cross-Entropy</i> .....	10
1.3.5.2-Fonction de perte euclidienne .....	10
1.3.5.3-Fonction de perte de charnière ( <i>Hinge Loss Function</i> ).....	10



---

1.4-Caractéristiques et avantages .....	11
Conclusion.....	12
<b>Chapitre 2: Les Autoencodeurs</b> .....	13
Introduction .....	13
2.1-les éléments d'un autoencodeur .....	13
2.1.1. Encodeur .....	13
2.1.2. <i>Bottleneck</i> (Goulot d'étranglement): .....	13
2.1.3. Décodeur .....	13
2.2. Les cas d'utilisation des autoencodeurs .....	14
2.2.1-Extracteur de caractéristiques.....	14
2.2.2-Réduction de la dimensionnalité .....	14
2.2.3-Compression d'images .....	15
2.2.4-Encodage des données .....	15
2.2.5-Détection d'anomalies.....	15
2.2.6-Débruitage ( <i>Denoising</i> ) .....	15
2.7-Détection de fraude.....	15
2.3. Types d'autoencodeurs [23].....	15
2.4- Autoencodeur Convolutif.....	16
Conclusion.....	19
<b>Chapitre 3: Les Méthodes Utilisées Pour La Reconstruction D'empreintes Digitales</b> .....	20
Introduction .....	20
3.1-La biométrie .....	20
3.2-Empreintes digitales .....	20
3.2.1-Caractéristiques des empreintes digitales .....	21
3.2.1.1-Arches .....	21

---

3.2.1.2-Boucles.....	21
3.2.1.3-Verticilles / noyau.....	22
3.3-Les méthodes utilisées pour la reconstruction d'empreintes digitales .....	22
3.4- L'état de l'art en matière de performances biométriques.....	27
3.4.1- Mesure de la précision biométrique .....	27
3.4.2- Taux d'acceptation réel (TAR) / Taux De Correspondance Réel (TMR).....	27
3.4.3- Taux de fausses acceptations (FAR)/Taux de fausses correspondances (RFM).....	27
3.4.4- Taux de rejet réel (TRR) / Taux de non-correspondance réel (TNMR).....	27
3.4.5- Taux de faux rejets (FRR) / Taux de faux non- correspondance (FNMR) .....	27
Conclusion.....	28
<b>Chapitre 4: Solution et Conception .....</b>	<b>29</b>
Introduction .....	29
4.1- Les cas d'utilisation : .....	29
4.2-Architecture.....	30
4.3. Architecture de l'autoencodeur convolutif.....	31
Conclusion.....	32
<b>Chapitre 5: Implémentation.....</b>	<b>33</b>
Introduction .....	33
5.1- Plate-forme d'exécution.....	33
5.2- Software .....	33
5.2.1- Keras.....	34
5.2.2-TensorFlow .....	34
5.2.3- Modules et bibliothèques.....	35
5.3- Dataset.....	35
5.4- Les étapes de l'implémentation : .....	36

---

5.5-Algorithmes de la reconstruction des empreintes digitales .....	36
5.6-Reconstruction des empreintes .....	36
5.6.1. Préparation des données.....	36
5.6.2. Configuration de l'autoencodeur .....	37
5.6.3. Entraînement du modèle : .....	38
5.6.4. Prédiction .....	40
5.7- Méthodes d'évaluation de la qualité d'image : .....	41
5.7.1-Erreur quadratique moyenne ( <i>MSE</i> ).....	42
5.7.2- Matrices d'indice de similarité structurale ( <i>SSIM</i> ) : .....	43
5.8- Evaluation De La Similarité.....	43
Conclusion.....	44
Conclusion générale .....	45
Références .....	46

## Table des figures

Figure 1.1 -L'architecture de réseau de neurones convolutifs .....	5
Figure 1-2- kernel de 2x2.....	6
Figure 1-3- Schéma du glissement de la fenêtre de filtre sur l'image d'entrée .....	7
Figure 1-4- L'opération de <i>Max-pooling</i> et <i>Average-pooling</i> . .....	8
Figure 1.5 Réseau entièrement connecté .....	9
Figure 2.1 - Eléments de l'autoencodeur.....	13
Figure 2.2- -Réduction de dimensionnalité linéaire vs non-linéaire.....	14
Figure 2.3- Exemple de Convolution 2D.....	18
Figure 2.4- Principe de fonctionnement de l'autoencodeur convolutif.....	18
Figure 3-1- Les types de la biométrie physiologique.....	20
Figure 3-2 -Les Arches .....	21
Figure 3-3 -Les Boucles.....	21
Figure 3-4- Les types de Verticilles.....	22
Figure 3-5- Les Caractéristiques des empreintes digitales .....	22
Figure 3-6 - Les Mesures de performance .....	28
Figure 4.1 - schémas démonstratif du l'utilité du système de reconstruction des empreintes digitales.....	30
Figure 4-2- les étapes suivies pour l'implémentation du système de reconstruction des empreintes .....	31
Figure 4.3- Architecture de notre autoencodeur convolutif.....	32
Figure 5.1- Quelques images de notre ensemble de données. ....	35
Figure 5.2 - Résumé du modèle conçu.....	37
Figure 5.3 - L'entraînement du Model pour 300 époques .....	39
Figure 5.4- Graphe de perte de l'entraînement et de validation .....	40
Figure 5.5- Les images de test reconstruites qu'on a prédites à l'aide du modèle .....	41
Figure 5.6 -Méthodes d'évaluation de la qualité d'image .....	41
Figure 5.7 Résultat de la comparaison entre l'empreinte originale et l'empreinte prédite .....	43

---

**Liste des tableaux**

Tableau 1- Les fonctions d'activation .....	8
Tableau 2- Les Méthodes Utilisées Pour La Reconstruction D'empreintes Digitales .....	24