



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Système embarqué
Electronique système embarqué

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Megherbi khaoula

Le : mercredi 30 septembre 2020

Apprentissage de descripteur BSIF pour l'estimation faciale d'âge

Jury :

Mr.	Ouafi Abdelkrim	Pr	Université de Biskra	Président
Ms.	Souraia zhani	MCB	Université de Biskra	Examineur
Mr.	OUAMANE Abdelmalik	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2019 - 2020

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algériens Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electronique
Option : système embarqué

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème
**Apprentissage de descripteur BSIF
pour l'estimation faciale d'âge**

Présenté par :

Megherbi khaoula

Avis favorable de l'encadreur :

Dr.OuamaneAbdelmalik

Avis favorable du Président du Jury

Mr. Ouafi Abdelkrim

Cachet et signature

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À ceux ; qui m'ont tant donné sans rien demander, qui m'ont toujours offert leur soutien m'ont épargné aucun effort pour m'aider, qui m'ont appris mes principes, à qui tous les mots ne suffisent pas pour les remercier :

« Mes très chers parents »

À mes frères avec mes souhaits de bonheur et de prospérité.

*Et surtout mon fiancé **Abdelouahab***

À mon encadreur pour son aide précieuse

À mon collègue

Ahmed Ammari

Toute ma famille

À tous mes amis(oumaïma,amina..)

À toute personne, qui m'a aidée à réaliser ce modeste travail, de proche ou de loin.

Remerciements

Nous tenons à exprimer un remerciement particulier et sincère à notre encadreur Dr. Ouamane Abdelmalik pour son encadrement, sa grande disponibilité, sa confiance et pour le soutien qu'il a su m'accorder durant toute cette année. Merci pour tous vos conseils et votre patience.

Un grand merci de mon collègue Ahmed Ammari

Mes derniers mots s'adressent tous particulièrement à ma famille : mon père, mes frères surtout ma mère pour les encouragements et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce modeste travail.

Sommaire

Sommaire

Introduction générale1

Qu'est-ce que la biométrie4

Chapitre 1 : Concepts de base pour estimation faciale d'âge

1.1 Introduction.....4

1.2 Pourquoi la reconnaissance de visage ?.....5

1.3 Applications de la modalité de visage.....7

1.4 Estimation faciale d'âge.....7

1.5 Applications d'estimation d'âge.....8

1.6 Etat de l'art.....11

1.7 Conclusion13

Chapitre 2 : Extraction de caractéristiques

2.1 Introduction15

2.2 Extraction de caractéristiques par LPQ (Local Phase Quantization).....15

2.3 Extraction de caractéristiques par BSIF (BinarizedStatistical Image Features).....18

2.4 Apprentissage de descripteur BSIF.....20

2.5 Conclusion.....24

Chapitre 3 : Conception de système et résultats

3.1 Introduction.....26

3.2 Notre système d'estimation faciale d'âge26

3.2.1 Prétraitement.....26

3.2.2 Extraction des caractéristiques par Apprentissage de descripteur BSIF.....27

3.2.3 Classification.....30

3.3 Base de données FG-NET.....31

3.4 Métrique d'évaluation.....	32
3.5 Résultats.....	32
3.5.1 Descripteur LPQ.....	33
3.5.2 Descripteur BSIF.....	33
3.5.3 Descripteur Apprentissage BSIF.....	34
3.5.4 Comparaison des descripteurs.....	34
3.6 Conclusion.....	35
Conclusion générale	37
Bibliographie.	

Liste des figures

Figure 1.1 : Reconnaissance de visage [6].....	5
Figure 1.2 : Exemples comparatifs d'estimation de l'âge par les méthodes proposées en [16] et précédentes: a) flou optique; (b) flou de mouvement.....	8
Figure 2.1 : Organigramme de l'ensemble des étapes nécessaire à la construction du descripteur LPQ [14].....	15
Figure 2.2 : Exemple de quatre images d'entrée, et les quatre images LPQ Correspondant.....	17
Figure 2.3 : Les 13 images naturelles utilisées pour l'apprentissage des filtres dans le descripteur BSIF [14].....	18
Figure 2.4 : Filtres tirés de taille $l=7$ et nombre de bits $n=8$	19
Figure 2.5 : La représentation BSIF d'image de visage [14].....	20
Figure 2.6 : Filtres construits de taille 5×5	22
Figure 2.7 : Filtres construits de taille 9×9	22
Figure 2.8 : Filtres construits de taille 13×13	23
Figure 2.9 : Filtres construits de taille 17×17	23
Figure 3.1 : Notre système d'estimation faciale d'âge.....	26
Figure 3.2 : Prétraitement : (a) Image de visage, (b) image gray et (c) image après découpage.....	27
Figure 3.3 : Descripteur LPQ d'une image du visage pour plusieurs valeurs de rayons R . Dans la figure 3.4, une illustration de la représentation de l'image BSIF en utilisant six tailles de filtre ($l = 3, 5, 7, 11, 13, 17$).....	28
Figure 3.4 : Descripteur BSIF d'une image du visage pour plusieurs valeurs de la taille de filtre l . Dans la figure 3.5, une illustration de la représentation de l'image Apprentissage BSIF en utilisant six tailles de filtre ($l = 3, 5, 7, 11, 13, 17$).....	29
Figure 3.5 : Apprentissage de descripteur BSIF d'une image du visage pour plusieurs valeurs de la taille de filtre l	30
Figure 3.6 : Illustration du classificateur Random Forest [74].....	31
Figure 3.7 : Échantillons d'images de la base de données FG-NET [76].....	32

Liste des tableaux

Table 1.1 : Résumé des études d'estimation de l'âge et du groupe d'âge [18].....	13
Table 3.1: MAE des différents rayons (R) du descripteur LPQ.....	33
Table 3.2: MAE de différentes tailles de filtre (l) du descripteur BSIF originale.....	33
Table 3.3: MAE de différentes tailles de filtre (l) du descripteur Apprentissage BSIF.....	34
Table 3.4: Comparaison du meilleur résultat de MAE des différents descripteurs.....	35

Liste des abréviations

ICAO : International Civil Aviation Organization

MRTD : Machine Readable Travel Documents

LPQ: Local Phase Quantization

BSIF: Binarized Statistical Image Features

LBP: Local Binary Patterns

ICA: Independent Component Analysis

RF : Random Forest

RVB : une combinaison de trois couleurs : Rouge- Vert- Bleu

Résumé :

Au cours des deux dernières décennies, le système de la reconnaissance automatique de visage est devenu l'une des tâches les plus intéressantes dans le domaine de la vision par ordinateur. Ces systèmes ont attirés beaucoup d'intérêt en raison de leurs diverses applications dans la vie humaine. La reconnaissance de visage est une approche biométrique basée sur des méthodes automatiques pour vérifier l'identité des personnes à base de modalités.

Nous proposons dans cette mémoire l'application des descripteurs locaux pour la vérification faciale d'âge. Nous utilisons les deux descripteurs LPQ et BSIF pour la réduction et la classification des données.

Nous testons l'application d'estimation facial d'âge sur la base de donnée FG-NET..

ملخص :

على مدى العقدين الماضيين، أصبح نظام التعرف التلقائي على الوجوه من أكثر المهام إثارة للاهتمام في مجال رؤية الكمبيوتر. وقد اجتذبت هذه النظم اهتماما كبيرا بسبب مختلف تطبيقاتها في الحياة البشرية. إن التعرف على الوجه عبارة عن نهج بيولوجي يستند إلى أساليب تلقائية للتحقق من هوية الأشخاص استناداً إلى الطرائق. نقترح في هذه الورقة تطبيق التوصيفات المحلية للتحقق من الوجه حسب العمر. نستخدم الوصفين LPQ, BSIF لخفض البيانات وتصنيفها. نحن نختبر تطبيق تقدير سن الوجه على قاعدة بيانات (FG-NET).

Introduction générale

Introduction générale

La biométrie est la technique qui permet de reconnaître des personnes à partir de leurs caractéristiques physiques et/ou comportementales. Ces dernières années, avec l'augmentation des problèmes de sécurité, on assiste à un regain d'intérêt pour les méthodes biométriques pour l'identification des personnes ou bien pour la vérification de leurs identités.

Le visage peut être considéré comme une donnée biométrique, cette dernière est une donnée qui permet l'identification d'une personne sur la base de ce qu'il est (caractéristiques physiologiques, comportementales ou morphologique). Parmi les technologies biométriques, nous avons retenu le visage, car c'est un indice biométrique très fort contenant de nombreuses informations sur l'identité de la personne et dont l'image peut être acquise de manière non invasive. La reconnaissance des visages est importante en raison de l'étendue des applications telles que la surveillance des foules, les systèmes de sécurité, le contrôle des frontières, le contrôle de l'accès aux bâtiments et autres zones sécurisées, l'identification des enfants disparus, l'application de la loi, la vérification des inscriptions en double, etc. [1].

La dernière addition de la biométrie douce hérite de l'essentiel des avantages de biométrie classique. La biométrie douce est «des caractéristiques qui fournissent des informations sur l'individu mais manquent du caractère distinctif et de la permanence pour différencier suffisamment deux individus» [2][1].

Le visage, en particulier, peut fournir de nombreuses informations sur une personne: la taille et la géométrie du menton, des lèvres, du nez, des sourcils et d'autres composants du visage peuvent être utilisés pour distinguer le sexe et la race, tandis que les plis, les lignes, et les rides peuvent révéler des indices sur l'âge. Les chercheurs explorent d'autres caractéristiques telles que la démarche, la main, l'iris et la région péri oculaire (zone autour de l'œil) pour identifier la biométrie douce, mais la plupart des travaux à ce jour se sont concentrés sur le visage [3][1].

La reconnaissance des visages pour l'estimation de l'âge est une tâche ardue en raison des changements d'apparence faciale, qui sont principalement causés par la progression de l'âge en plus d'autres facteurs internes et externes. Les changements d'apparence d'un visage sont attribués à la forme (par exemple, perte / gain de poids) et à des changements de texture (par exemple, rides, cicatrice, la structure du visage, la couleur de la peau etc.), à mesure que l'âge progresse. Outre les facteurs biologiques, des facteurs tels que l'appartenance ethnique,

les habitudes, etc., et des facteurs externes tels que les lunettes, les poils du visage, les changements de pose et d'expression, etc. contribuent souvent aux changements physiques du visage [1].

L'estimation automatique de l'âge à partir du visage à de nombreuses applications pratiques telles que la collecte des statistiques démographique, profilage client, optimisation de la recherche dans les grandes bases de données et l'aide des systèmes de la biométrie. L'estimation de l'âge est beaucoup plus lente en raison de la difficulté de collecter et étiqueter de grands ensembles de données [1].

Dans ce mémoire, nous intéressons à l'estimation d'âge de visage par la méthode "Apprentissage de descripteur BSIF (Binarized Statistical Image Feature)", ainsi faire une étude comparative avec les méthodes BSIF originale et LPQ (Local Phase Quantization).

Nous avons choisi d'articuler notre étude autours de trois chapitres principaux comme suit :

- **Le premier chapitre** donne une présentation générale sur la reconnaissance des visages, leurs domaines d'application, puis ce chapitre aussi contient une généralité sur l'estimation faciale d'âge, leurs défit, applications et aussi des travaux récents dans ce domaine.
- **Le deuxième chapitre** expose le principe de fonctionnement de chaque méthode LPQ, BSIF originale et notre méthode (Apprentissage BSIF).
- **Dans le troisième chapitre** : on a présenté le système et les déférentes étapes utilisées pour l'estimation de l'âge d'une personne en basent sur une base des données prédéfinie, puis on a exprimé les résultats obtenus par chaque méthode en analysant leurs performances, suivies d'une discussion avec interprétation des résultats.

Chapitre 1 : Concepts de base pour estimation faciale d'âge

Qu'est-ce que la biométrie

La biométrie est la science qui permet de reconnaître l'identité d'une personne sur la base de ses caractéristiques physiologiques, chimiques ou comportementales, telles que: le visage, l'iris, l'odeur, la façon de marcher ou la signature électronique...etc. Avec la nécessité de techniques solides de Reconnaissance humaine dans les applications critiques, telles que: le contrôle d'accès sécurisé, le passage des frontières internationales et les applications légales, la biométrie se positionne comme une technologie viable qui peut être intégrée dans les systèmes de management d'identité à grande échelle. Les systèmes biométriques fonctionnent en vertu du principe que la plupart des caractéristiques biologiques de l'être humain soient distinctives pour chaque individu, puissent être acquises d'une manière fiable à l'aide des capteurs convenables et peuvent être représentées dans un format numérique. Ainsi, ces systèmes peuvent être considérés comme des moteurs de reconnaissance des formes et peuvent être incorporés dans divers marchés [4].

1.1 Introduction

Il y a eu un enthousiasme croissant pour le processus d'estimation de l'âge humain à partir d'images faciales en raison d'un assortiment d'applications potentielles. En ce qui concerne les évaluations, l'évaluation de l'âge d'une personne à partir de l'examen numérique de l'image de son visage est un sujet soigneusement présenté car il reste un problème gênant qui est influencé par des composants innés et superflus [5]. L'estimation de l'âge par examen numérique de l'image du visage a diverses applications potentielles. Il peut être puissant et utile pour la reconnaissance vidéo de pointe, l'assortiment de mesures de segment, la connaissance métier et le profilage des clients, ainsi que l'amélioration des requêtes dans d'énormes bases de données. En outre, la réception d'approches électives pour évaluer l'âge humain est découvert à partir de différentes images de visage en fonction de la connexion entre les données d'âge et l'image du visage.

1.2 Pourquoi la reconnaissance de visage ?

On peut identifier un individu en fonction de ses caractéristiques faciales en effectuant des mesures: écartement des yeux, arêtes du nez, commissures des lèvres, oreilles, menton. Ces différentes caractéristiques sont analysées par les systèmes de reconnaissance faciale et comparées à une base de données existante. Cette méthode permet d'identifier une personne ou de vérifier une identité [1].



Figure 1.1 : Reconnaissance de visage [6].

La reconnaissance par cette modalité s'effectue de façon spontanée dans la vie quotidienne des êtres humains. L'authentification par le visage est la technique la plus commune et la plus populaire puisqu'elle correspond à ce que nous utilisons naturellement pour reconnaître une personne [7]. Les caractéristiques qui servent à la reconnaissance du visage sont : les yeux, la bouche, la forme du visage (contour), etc. [8, 9].

Dans un système de reconnaissance faciale, la photo d'une personne est prise volontairement ou involontairement à l'aide d'une caméra. Puis, un ensemble de caractéristiques propres à chaque individu est extrait (le tour du visage, la position des oreilles, les coins de la bouche, l'écartement des yeux et la taille de la bouche) à partir de la photo. Ces systèmes sont capables de faire face aux techniques de *spoofing*[10] comme le port de lunettes, la barbe, le maquillage, etc...

Parmi tous les traits biométriques disponibles, les empreintes digitales, l'iris, le visage, la voix et la signature ont gagné large attention. En particulier, les empreintes digitales, l'iris et des techniques de reconnaissance faciale sont à ce jour devenu progressivement les technologies de reconnaissance biométrique grand public. Bien que les techniques de reconnaissance d'empreintes digitales et de l'iris puissent atteindre des résultats fiables dans certaines applications commerciales particulières, elles ont les inconvénients évidents suivants[11]:

Chapitre 1 : Concepts de base pour estimation faciale d'âge

1) Physiquement intrusives: l’empreinte digitale nécessite la coopération de l'utilisateur à entrer en contact physique avec la surface du capteur, tandis que l'iris exige de l'utilisateur de positionner l'œil par rapport au capteur. En outre, ce genre de techniques d'analyse de coopération requiert également de l'utilisateur de faire une pose pendant une seconde pour «déclarer» eux-mêmes [12].

2) Socialement intrusives: les gens ne peuvent pas reconnaître d'autres personnes utilisant ce type de donnée, ces types d'identification n'ont pas de place dans les interactions humaines normaliste des structures sociales [12].

Pour construire un magasin qui reconnaît ses meilleurs clients, ou un kiosque d'information qui se souvient de vous, ou une maison qui connaît les gens qui y vivent, la reconnaissance des visages de la vidéo et la reconnaissance vocale ont une place naturelle dans ces environnements intelligents de prochaine génération [12]. En particulier, elles doivent être:

1) Naturelles et non-intrusives: elles sont discrètes (capables de reconnaître à distance) et généralement passives (ne nécessitent pas de générer un éclairage électro magnétique spécial).Elles ne doivent pas restreindre le mouvement de l'utilisateur et doivent être de faibles puissance et peu coûteuses [12].

2) Perception biologique: C'est peut-être le plus important. Cependant, les humains qui identifient d'autres personnes par leur visage et leur voix sont donc susceptibles d'être à l'aise avec les systèmes qui utilisent le visage et la reconnaissance vocale [12].

Comme une preuve solide de l'organisation ICAO (International Civil Aviation Organization) ,Hietmeyer [13] a souligné que l'identification biométrique peut permettre un traitement rapide et sécurisé des passagers aériens. Pour sélectionner une seule caractéristique biométrique pour une utilisation dans la confirmation d'identité assistée par ordinateur, il a suggéré l'évaluation de la compatibilité de six traits biométriques: le visage, empreintes digitales, géométrie de la main, la voix , les yeux ainsi que la signature sur la base d'un système MRTD (Machine Readable Travel Documents). Le score de compatibilité implique: les facteurs de l'inscription, le renouvellement des données, les exigences de vérification de l'identité assistée par machine, la redondance, la perception du public, les besoins de stockage et de la performance .Le système de reconnaissance de visage a marqué la plus grande compatibilité et est en train de devenir la biométrie la plus susceptible d'être sélectionnée pour une utilisation internationale [14].

1.3 Applications de la modalité de visage

Aujourd'hui, les principales applications sont la production de titres d'identité, le contrôle d'accès à des sites sécurisés, le contrôle des frontières, l'accès aux réseaux, systèmes d'information et stations de travail, le paiement électronique. Cette liste n'est pas exhaustive, et de nouvelles applications vont très certainement voir rapidement le jour.

Les techniques de Reconnaissance de visage sont appliquées dans plusieurs domaines et leur champ d'application couvre potentiellement tous les domaines de la sécurité où il est nécessaire de connaître l'identité des personnes. Les applications peuvent être divisées en trois groupes principaux [15][1]:

- **Application commerciales:** telles que l'accès au réseau informatique, la sécurité de données électroniques, le commerce électronique, l'accès d'internet, la carte de crédit, le contrôle d'accès physique, le téléphone portable, la gestion des registres médicales, l'étude de distances, etc.....
- **Applications de gouvernement:** telles que la carte nationale d'identifications, le permis de conduite, la sécurité sociale, le contrôle de passeport, etc....
- **Applications juridiques:** telles que l'identification de cadavre, la recherche criminelle, l'identification de terroriste, les enfants disparus, etc...

1.4 Estimation faciale d'âge

L'estimation de l'âge est la détermination de l'âge d'une personne en fonction des caractéristiques biométriques. Bien que l'estimation de l'âge puisse être réalisée en utilisant différents traits biométriques, ce travail se concentre sur l'estimation de l'âge du visage qui s'appuie sur des caractéristiques biométriques extraites du visage d'une personne. Les principaux problèmes présentés dans notre travail concernent des applications typiques où l'estimation de l'âge du visage peut être utilisée, des problèmes et des défis associés à l'estimation de l'âge du visage, des approches typiques rapportées dans la littérature et des recherches futures orientations de recherche [16]. La figure 1.2 présente des exemples comparatifs d'estimation de l'âge par les méthodes proposées en [16] et précédentes.



Figure 1.2 : Exemples comparatifs d'estimation de l'âge par les méthodes proposées en [16] et précédentes: a) flou optique; (b) flou de mouvement.

1.5 Applications d'estimation d'âge

Le processus de détermination de l'âge pourrait figurer dans une variété d'applications allant du contrôle d'accès, de l'interaction homme-machine, de l'identification des personnes et de l'exploration et de l'organisation des données. Les applications typiques pour chaque catégorie mentionnée ci-dessus comprennent [17]:

Contrôle d'accès basé sur l'âge : dans certains cas, des restrictions basées sur l'âge s'appliquent à l'accès physique ou virtuel. Par exemple, des restrictions d'entrée liées à l'âge peuvent s'appliquer à différents locaux, pages Web ou même pour empêcher l'achat de certains produits (par exemple des boissons alcoolisées ou des cigares) par des personnes âgées. Dans la plupart des cas, le contrôle d'accès par restriction en fonction de l'âge est appliqué sur la base du jugement des humains, de la présentation des documents de documentation ou des données fournies volontairement par l'utilisateur. À titre d'alternative, une estimation automatique de l'âge facial peut être appliquée dans le but de fournir une

détermination objective, précise et non invasive de l'âge d'une personne cherchant à accéder à un domaine physique ou virtuel spécifique.

Interaction homme-machine adaptative à l'âge (HCI) : les personnes appartenant à différents groupes d'âge ont des exigences et des besoins différents liés à la façon dont ils interagissent avec les ordinateurs ou d'autres machines. L'estimation automatique de l'âge peut être utilisée pour déterminer l'âge d'un utilisateur d'ordinateur / machine et ajuster automatiquement l'interface utilisateur afin de l'adapter aux besoins de sa tranche d'âge. Par exemple, des interfaces basées sur des icônes peuvent être activées pour les jeunes enfants, tandis que le texte avec une grande police peut être activé lorsque vous traitez avec des utilisateurs plus âgés. HCI adaptatif à l'âge est particulièrement utile pour les ressources accessibles au public tel que les kiosques d'information.

Identification de la personne invariable selon l'âge : la vérification de l'identité invariante selon l'âge peut être développée en appliquant des techniques de progression de l'âge pour déformer le visage d'un sujet afin de prédire à quoi le sujet ressemblera à l'avenir. Les algorithmes de progression d'âge nécessitent souvent des informations liées à l'âge actuel d'une personne, par conséquent, un système d'estimation de l'âge facial précis peut jouer un rôle clé dans le développement de systèmes de progression automatique de l'âge, soutenant ainsi la vérification d'identité invariante selon l'âge.

Exploration et organisation des données : les systèmes d'estimation de l'âge peuvent être utilisés pour la récupération et la classification des images de visage en fonction de l'âge, ce qui permet de trier et de récupérer automatiquement les images des albums de photos électroniques et d'Internet.

1.5.1 Défis

L'estimation de l'âge partage de nombreux problèmes rencontrés dans d'autres tâches typiques d'interprétation d'image de visage telles que la détection de visage, la reconnaissance de visage, l'expression et la reconnaissance de genre. Les déformations de l'apparence du visage causées par différentes expressions, les variations entre les personnes, les variations d'éclairage, l'orientation du visage et la présence d'occlusions ont un impact négatif sur les performances de l'estimation automatique de l'âge. Cependant, par rapport à d'autres tâches d'interprétation des images faciales, le problème de l'estimation de l'âge présente des défis uniques supplémentaires qui incluent [17]:

Variation limitée entre les groupes d'âge: dans certains cas, les différences d'apparence entre les groupes d'âge adjacents sont négligeables, ce qui entraîne des difficultés dans le processus d'estimation de l'âge. Ce problème est aggravé lorsqu'il s'agit de sujets matures. Diversité de la variation du vieillissement : le taux de vieillissement et le type d'effets liés à l'âge diffèrent selon les individus. Par exemple, la quantité de rides du visage peut être significativement différente pour différentes personnes appartenant au même groupe d'âge. En raison de la diversité des variations du vieillissement, l'utilisation de la même stratégie d'estimation de l'âge pour tous les sujets peut ne pas produire des performances adéquates. Plusieurs facteurs pourraient influencer le processus de vieillissement, notamment la race, le sexe et les traits génétiques. Pour cette raison, différentes approches d'estimation de l'âge peuvent être nécessaires pour différents groupes de sujets.

Dépendance à l'égard de facteurs externes : les facteurs externes influencent le taux et le schéma de vieillissement adoptés par une personne affectant ainsi le processus d'estimation de l'âge. Les facteurs typiques qui affectent les schémas de vieillissement comprennent les conditions de santé, le mode de vie, la psychologie et les tentatives délibérées d'intervenir dans le processus de vieillissement en utilisant des produits anti-âge ou des chirurgies cosmétiques.

Disponibilité des données : le développement de systèmes précis d'estimation de l'âge nécessite l'existence d'ensemble de données appropriées adaptés à l'apprentissage et aux tests. Les ensembles de données appropriés doivent contenir plusieurs images montrant le même sujet à différents âges couvrant une large tranche d'âge. Étant donné que le vieillissement est un type de variation faciale qui ne peut pas être contrôlé directement par l'homme, la collecte de ces ensembles de données nécessite l'utilisation d'images capturées dans le passé. Bien qu'il existe actuellement deux ensembles de données accessibles au public (MORPH (Ricanek 2006) et FG-NET (Lanitis 2008)) qui visent à soutenir l'expérimentation dans le domaine du vieillissement facial, aucun d'entre eux ne remplit toutes les exigences pour un ensemble de données adapté aux expériences d'estimation de l'âge car la base de données MORPH ne contient que peu d'échantillons par sujet tandis que la base de données FG-NET contient des images montrant une variation significative non liée au vieillissement.

Chapitre 1 : Concepts de base pour estimation faciale d'âge

1.6 Etat de l'art

L'âge est un nombre réel qui signifie le nombre d'années écoulées depuis la naissance jusqu'à un certain point dans la vie. L'estimation de l'âge est le processus d'estimation de l'âge réel à l'aide d'artefacts visuels sur le visage. Ces artefacts visuels sont extraits et utilisés pour l'estimation d'âge [18].

Publication	Représentation des caractéristiques	algorithme
Kwon et Lobo 1999 [19]	Modèle anthropométrique	Classification
Kanno et al. 2001 [20]	Apparence model	Classification
Lanitis et al. 2002 [21]	Forme 2D, valeurs de pixels brutes	régression
Iga et al. 2003 [22]	GWT, forme 2D	Classification
Lanitis et al. 2004 [23]	'Active apparence model'(AAM)	classification et régression
Zhou et al. 2005 [24]	Modèle anthropométrique	Régression
Ueki et al. 2006 [25]	Modèle anthropométrique	Classification
Takimoto et al. 2006 [26]	Modèle anthropométrique	Classification
Geng et al. 2006 [27]	AGES	Régression
Takimoto et al. 2007 [28]	Modèle anthropométrique	Régression
Gen et al. 2007 [29]	AGES	Régression
Yan et al. 2007 [30]	AAM	Régression
Yan et al. 2007 [30]	Modèle d'apparence (image brute)	Régression
Yan et al. 2007 [31]	AAM	Régression
Yan et al. 2007 [31]	Modèle d'apparence (image brute)	Régression
Fu et al. 2007 [32]	distributeur d'âge	Régression
Yan et al. 2008 [33]	Modèle d'apparence (correctifs)	Régression
Yan et al. 2008 [33]	Modèle d'apparence (correctifs)	Régression
Guo et al. 2008 [34]	AAM	Régression
Guo et al. 2008 [35]	AAM	Hybride
Guo et al. 2008 [35]	distributeur d'âge	Hybride
Yan et al. 2008 [36]	Modèle d'apparence (correctifs)	Régression
Fu et Huang 2008 [37]	distributeur d'âge	Régression
Suo et al. 2008 [38]	Apparence photométrique active,	Régression

Chapitre 1 : Concepts de base pour estimation faciale d'âge

Zhuang et al. 2008 [39]	Modèle d'apparence (correctifs)	Régression
Ni et al. 2009 [40]	Modèle d'apparence (correctifs)	Régression
Yan et al. 2009 [41]	AAM	Classification
Xiao et al. 2009 [42]	AAM	Classification
Guo et al. 2009 [43]	distributeur d'âge , BIF	Régression
Guo et al. 2009 [43]	Modèle d'apparence, BIF	Classification
Guo et al. 2009 [44]	Modèle d'apparence (BIF)+ distributeur d'âge	Classification
Guo et Mu 2011 [45]	BIF	Régression
Choi et al. 2011 [46]	Apparence active modèle, Gabor, LBP	Hybride
Luu et al. 2011 [47]	Modèle d'apparence de contourlet	Hybride
Chang et al. 2011 [48]	Apparence active Modèle	Classification
Wu et al. 2012 [49]	Collecteur Grassmann de forme 2D	Hybride
Thukral et al. 2012 [50]	Collecteur Grassmann de forme 2D	Hybride
Chao et al. 2013 [51]	Apparence active modèle avec distance ajustement de mesure	Régression
Lu et Tan 2013 [52]	Collecteur de pixels bruts	Régression
Hadid	Intensités	Vidéos sur Internet/2000
Guo et Mu 2013 [53]	BIF	Régression
Geng et al. 2013 [54]	Apparence active modèle, étiquette distribution	Classification
Han et Jain 2014 [55]	BIF	Classification
Han et al. 2015 [56]	Démographique caractéristiques informatives	Hybride
Nguyen et al. 2015 [57]	MLBP, Gabor	Régression
Li et al. 2015 [58]	Collecteur d'âge 2D, BIF	Classification
Onifade et al. 2015 [59]	Classement selon l'âge LBP	Régression

Chapitre 1 : Concepts de base pour estimation faciale d'âge

Yang et al. 2015 [60]	Intensités brutes	Classification
Huerta et al. 2015 [61]	HOG, LBP, SURF	Classification
Hu et al. 2016 [62]	Kullback-Leibler/brut Intensités	Classification (CNN)
Akinyemiet Onifade 2016 [63]	Intensités de pixels brutes	Régression

Tableaux 1.1 : Résumé des études d'estimation de l'âge et du groupe d'âge [18].

1.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons justifié le choix de la reconnaissance du visage. Nous avons présenté le procédé estimation faciale d'âge, les différents problèmes et applications de modalité de visage notamment l'estimation d'âge. Enfin, nous avons présenté un état de l'art des approches de l'estimation faciale d'âge.

Chapitre 2 : Extraction des caractéristiques

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons l'extraction de caractéristique par de méthode Apprentissage de descripteur BSIF (Binarized Statistical Image Feature). Différents descripteurs locaux sont évalués : BSIF et LPQ (Local Phase Quantization). LPQ quantifie la phase des basses fréquences tandis que BSIF code les réponses aux filtres pré-appris [64].

2.2 Extraction de caractéristiques par LPQ (Local Phase Quantization)

LPQ: permet d'améliorer la classification de tout en étant robuste aux artefacts générés par différentes formes des flous présents dans une image.

Le descripteur est construit de façon à ne retenir dans une image que l'information locale invariante à un certain type de flou. La figure 2.1 présente l'organigramme de l'ensemble des étapes nécessaire à la construction du descripteur LPQ [65].

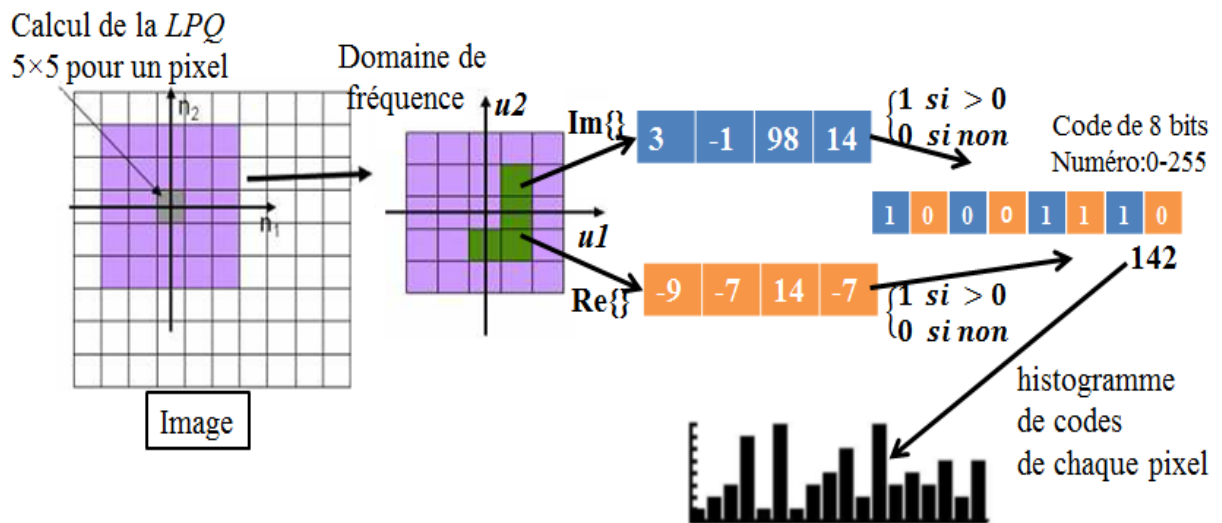


Figure 2.1 : Organigramme de l'ensemble des étapes nécessaire à la construction du descripteur LPQ [14].

L'opérateur de quantification de Phase locale est un nouveau descripteur, qui a été initialement proposé par Ojansivu et Heikkila [66], pour l'analyse de texture. LPQ est basée sur la transformée de Fourier et la quantification de phase dans les voisinages locaux. La phase peut être montrée un flou invariant sous certaines conditions généralement remplies, qui

va être montrée par la suite. La construction de descripteurs de flou invariant pour la description de la texture n'a pas été proposée auparavant, sauf que ce descripteur.

Les codes produits par l'opérateur de LPQ sont insensibles au flou, qui peut être présent dans des images du visage dû au mouvement de l'appareil photo pendant l'exposition; L'opérateur de LPQ est appliquée à l'identification de la texture en calculant localement à chaque emplacement de pixel et de présenter les codes résultant sous forme d'histogramme, de façon similaire à la méthodologie largement utilisée Motif binaire locale (LBP) pour la description l'image de visage [67].

Le principe de la méthode Quantification de Phase local (LPQ) c'est :

La méthode de quantification de phase locale (LPQ) est basée sur la propriété floue invariante du spectre de phase de Fourier décrit dans la précédente. Elle utilise l'information de phase locale extraite en utilisant la transformée de Fourier à court terme (STFT) calculé sur une zone rectangulaire de M -par- M voisinage à chaque position de pixel x de l'image $f(x)$ définie par:

$$F(u, x) = \sum_{v \in x} f(x - y) e^{2j\pi u^T y} = w_u f_x \quad (2.1)$$

Où u est la fréquence, et (x) est une fonction de fenêtre définissant le voisinage N_x . Dans LPQ seulement quatre coefficients complexes sont considérés :

$$u_1 = [a, 0]^T, u_2 = [0, a]^T, u_3 = [a, a]^T \& u_4 = [a, -a]^T \quad (2.2)$$

Où a est la plus haute fréquence scalaire pour laquelle $H(u_i) > 0$. Pour chaque position de pixel cela se traduit par un vecteur :

$$F(x) = [F(u_1, x), F(u_2, x), F(u_3, x), F(u_4, x)] \quad (2.3)$$

L'information de phase dans les coefficients de Fourier est enregistrée, en observant les signes des parties réelles et imaginaires de chaque composante en (x) . Ceci est fait en utilisant une quantification scalaire simple :

$$q_j(x) = \begin{cases} 1 & g_j(x) \geq 0 \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad (2.4)$$

Où g_j est le composant j du vecteur $G(x) = [\text{Re}\{F(x)\}, \{\text{Im}F(x)\}]$.

Les huit coefficients binaires q_j résultants sont représentés par des valeurs entre 0 à 255 en utilisant un codage binaire.

$$F_{LPQ}(X) = \sum_{i=1}^8 q_j(x) 2^{j-1} \quad (2.5)$$

Finalement, un histogramme de ces valeurs à partir de toutes les positions est composé, et utilisé en tant 256 dimensions comme vecteur de caractéristiques [68]. Dans la Figure 2.1, une illustration de quatre images visage, et les quatre images LPQ.

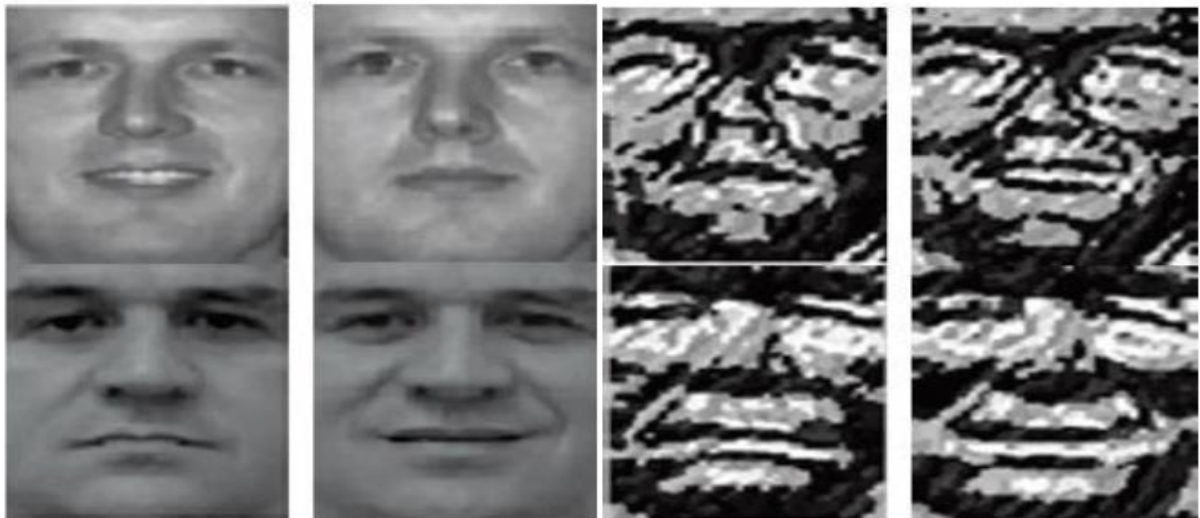


Figure 2.2 : Exemple de quatre images d'entrée, et les quatre images LPQ Correspondant

2.3 Extraction de caractéristiques par BSIF (Binarized Statistical Image Features)

Kannala et Rahtu (2012) ont proposé un nouveau descripteur local appelé BSIF (Binarized Statistical Image Features). L'idée derrière BSIF est d'apprendre automatiquement un ensemble fixe de filtres à partir d'un petit ensemble d'images naturelles.

Le code binaire de l'image d'entrée est calculé pour chaque pixel en utilisant sa réponse à un ensemble fixe de filtres qui sont automatiquement appris basé sur des propriétés statistiques d'un petit ensemble d'images naturelles. L'ICA est utilisée pour l'apprentissage de l'ensemble des filtres linéaires en maximisant l'indépendance statistique des réponses (de filtres) [69]. Les filtres utilisés sont tirés d'un ensemble de 13 images naturelles donné par A. Hyvärinen et al dans [70] (voir Figure 2.2).

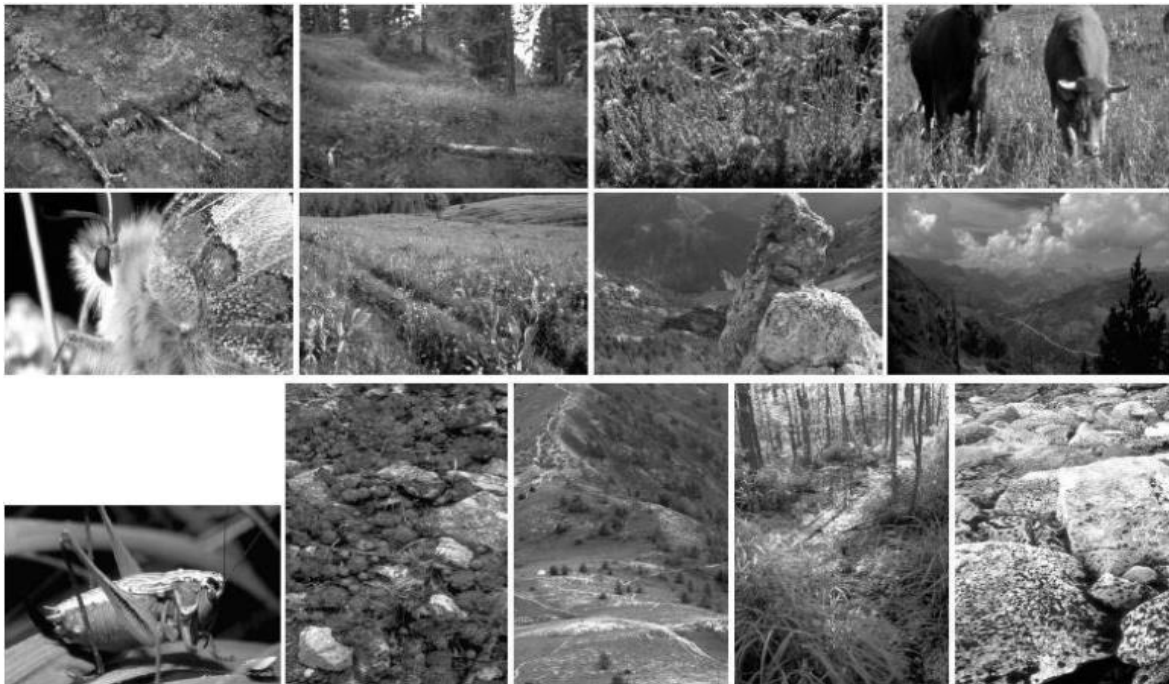


Figure 2.3 : Les 13 images naturelles utilisées pour l'apprentissage des filtres dans le descripteur BSIF [14].

Chapitre 2 : Extraction des caractéristiques

En supposant que : X est notre image d'entrée et W_i le filtre linéaire de taille $l \times l$, la réponse du filtre S_i est donnée par l'équation suivante :

$$S_i = \sum_{u,v} W_i(u,v)X(u,v) = w^T x \quad (2.6)$$

Où w et x comprennent les pixels de W_i et X respectivement. Les n filtres utilisés sont assemblés dans une matrice W de taille $n \times l^2$, le nombre de lignes n représente le nombre de filtre utilisé et le nombre de colonnes l^2 représente les pixels du filtre sous la notation vecteur. Chaque bit dans le code BSIF final est associé à un filtre différent et la longueur de la chaîne de bits (n) détermine le nombre de filtres utilisé. La longueur de la chaîne de bits n avec la taille du filtre l sont des paramètres variables pour évaluer le descripteur BSIF. Toutes les réponses sont calculées à la fois $s = W \cdot x$. La chaîne de bits (binaire) b est obtenue par la binarisation de chaque élément S_i . La caractéristique binarisée b est calculée par :

$$b_i = \begin{cases} 0 & \text{if } s_i > 0 \\ 1 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad (2.7)$$

L'apprentissage du filtre linéaire avec l'algorithme ICA repose sur la maximisation de l'indépendance statistique des réponses de filtre. Cette approche offre des bonnes caractéristiques pour le traitement d'image [70]. Les filtres obtenus avec $l = 7$ et $n = 8$ sont illustrés par la Figure 2.3. La Figure 2.4 illustre la représentation BSIF des images de visage.

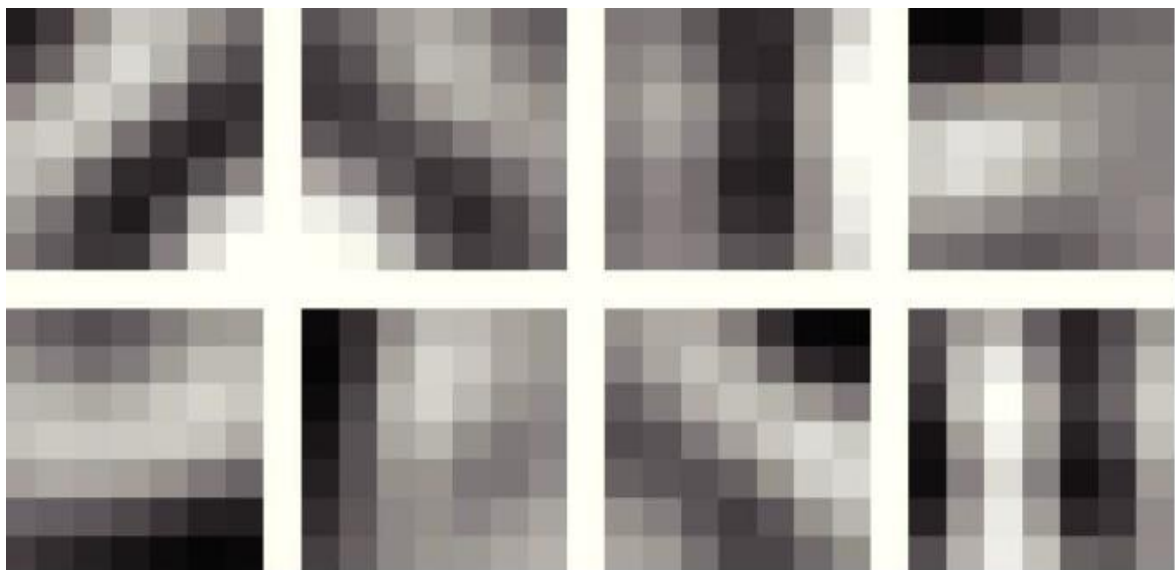


Figure 2.4 : Filtres tirés de taille $l=7$ et nombre de bits $n=8$.

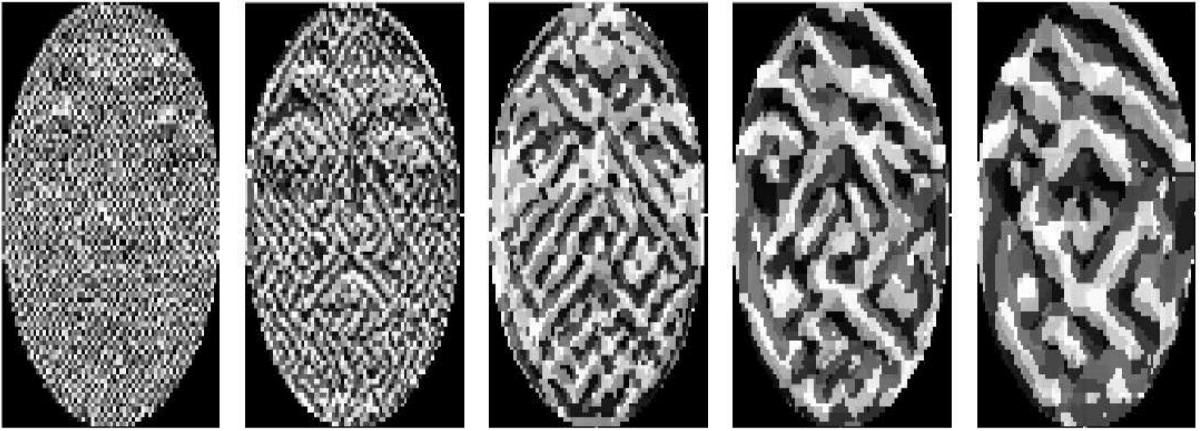


Figure 2.5 : La représentation BSIF d'image de visage [14].

2.4 Apprentissage de descripteur BSIF

Le descripteur BSIF est proposé récemment par *Kannala et al.* [71] pour l'extraction de caractéristiques des images de textures et de visage 2D. L'ensemble des filtres utilisés par le descripteur BSIF original [71] sont construits en se basant sur 13 images naturelles qui sont présentées sur la figure 2.3. Nous proposons nouvelle variante de descripteur BSIF appelé apprentissage de descripteur BSIF ce descripteur utilise les images d'apprentissage du visage de la base de données FG-NET prétraitées pour la construction des filtres de descripteur BSIF.

Afin d'obtenir un ensemble utile de filtres W_i nous appliquons les concepts de [72] et nous estimons les filtres en maximisant l'indépendance statistique des s_i . Pour estimer les composantes indépendantes, il faut briser la matrice de filtre dans deux parties par:

$$s = Wx = UVx = Uz \quad (2.7)$$

Où $z = Vx$, et U est une matrice carrée de taille $n \times n$ qui sera estimée par ICA (Independent Component Analysis) et la matrice V effectue le prétraitement canonique, c'est le blanchiment et la réduction de la dimension simultanés des échantillons simple x .

Le prétraitement canonique utilise l'analyse en composantes principales présentée comme ci-après.

Chapitre 2 : Extraction des caractéristiques

Étant donné un ensemble 50000 d'images patches sélectionnés au hasard à partir les images d'apprentissage du visage de la base de données FG-NET prétraitées, les patches sont d'abord faits de moyenne nulle (l'intensité moyenne de chaque patch est soustraite) et leur dimension est réduite en ne conservant que les n premières composantes principales qui sont divisées par leur écart-type pour obtenir des échantillons de données blanchis z . Compte tenu de la décomposition en vecteurs propres et valeurs propres $C = EDE^T$ de la matrice de covariance C des échantillons x , la matrice V est définie par:

$$V = \left(D^{-\frac{1}{2}} E^T \right)_{1:n} \quad (2.7)$$

Où la diagonale principale de D contenant les valeurs propres de C dans l'ordre décroissant, et $(\cdot)_{1:n}$ désigne les n premières lignes de la matrice entre parenthèses.

Ensuite, compte tenu de la valeur moyenne nulle des échantillons de données blanchies z , on peut utiliser des algorithmes d'analyse en composantes indépendantes standards pour estimer une matrice orthogonale U avec laquelle on produit les composantes indépendantes s des données d'apprentissage. En d'autres termes, étant donné que $z = U^{-1}s$, les composantes indépendantes permettent de représenter les échantillons z comme une superposition linéaire de vecteurs de base définis par les colonnes de U^{-1} de données. Enfin, compte tenu de U et V , on obtient la matrice de filtre $W=UV$, qui peut être directement utilisée pour le calcul Apprentissage de descripteur BSIF.

Les filtres obtenus avec $l = 5, 9, 13$ et 17 et $n = 8$ sont illustrés par les figures 2.5, 2.6, 2.7 et 2.8.

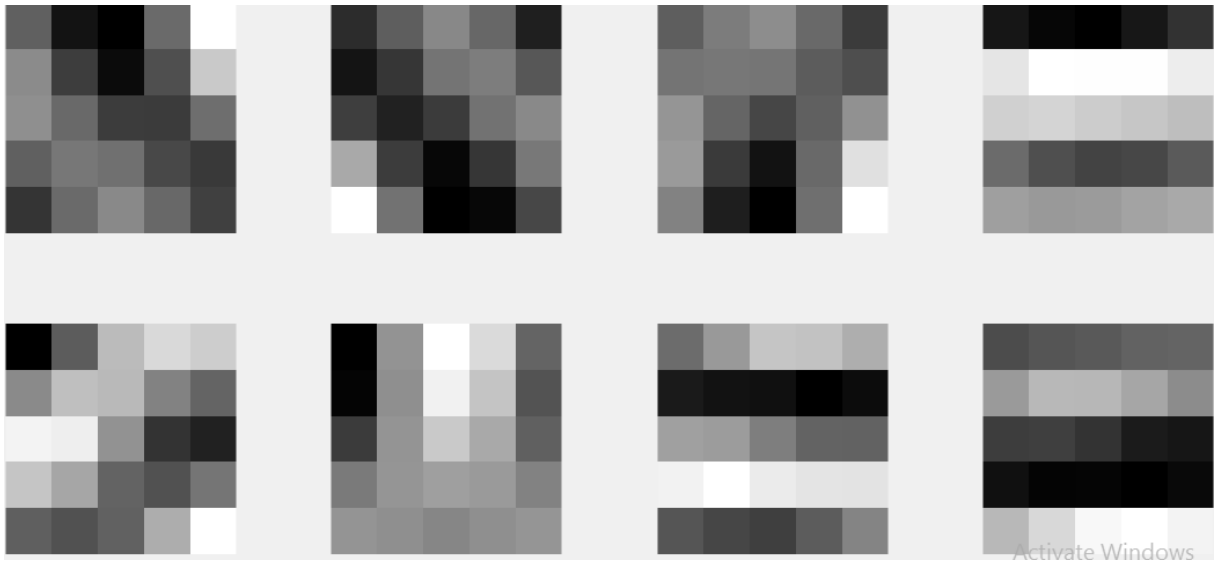


Figure 2.6: Filtres construits de taille 5×5.



Figure 2.7: Filtres construits de taille 9×9.

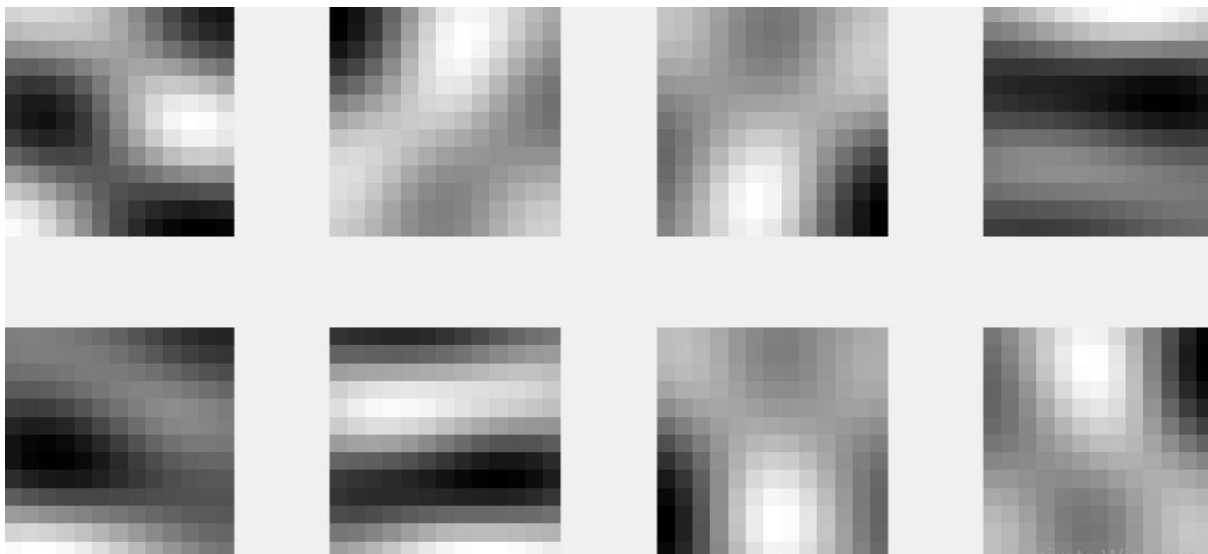


Figure 2.8: Filtres construits de taille 13×13.

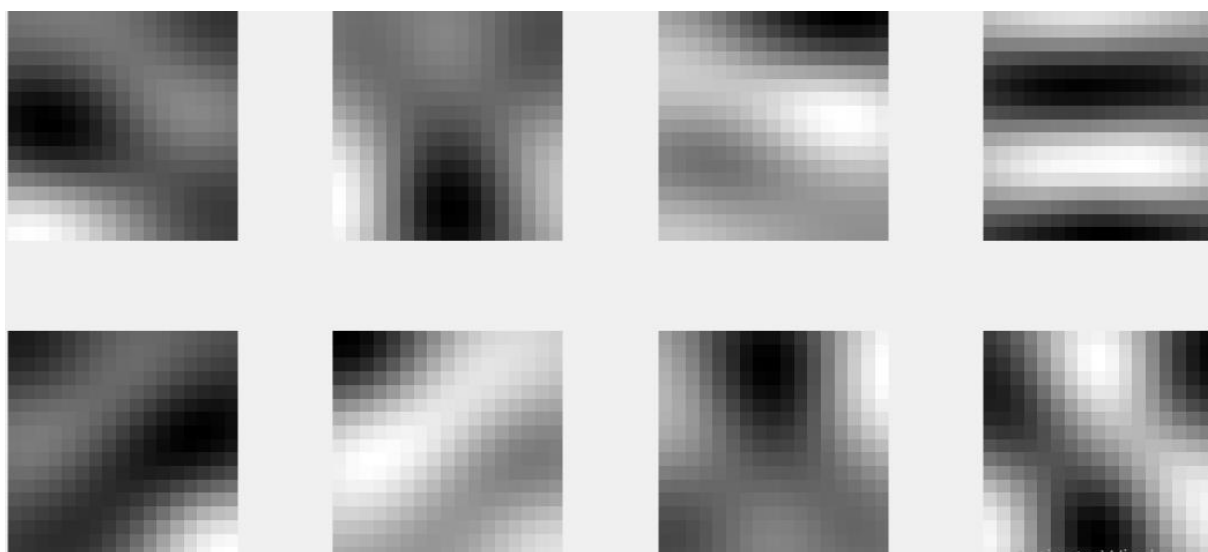


Figure 2.9: Filtres construits de taille 17×17.

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons manifesté les caractéristiques de LPQ et BSIF, Nous avons aussi expliquée les deux. Enfin, nous avons présenté l'Apprentissage de descripteur BSIF.

Chapitre 3 : Conception de système et résultats

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons citer les différentes étapes appliquées pour l'estimation d'âge des visages à partir les images faciales comme suit : Les images du visage de la base de données FG-NET est utilisée comme entrée ; le prétraitement du visage détecté, normalisé et recadré; l'extraction des caractéristiques par l'apprentissage de descripteur BSIF, puis l'utilisation d'algorithme RF (Random Forest) pour l'estimation d'âge des visages.

3.2 Notre système d'estimation faciale d'âge

Un système d'estimation d'âge d'un visage est un système qui estime l'âge de visage d'une personne. On peut représenter notre système d'estimation d'âge, par le diagramme suivant :



Figure3.1 : Notre système d'estimation faciale d'âge.

3.2.1 Prétraitement

Une image acquise habituellement appartient à l'espace **RVB** (une combinaison de trois couleurs : Rouge- Vert- Bleu). La première étape nécessaire à la réalisation de notre projet est la traduction de l'image à traiter en niveaux de gris. Pour ce faire, il suffit de travailler sur les couleurs **RGB** de l'image. On doit préalablement récupérer les trois teintes r, g et b; puis les égaliser grâce à la formule suivante :

$$R=G=B=0.3*r+0.59*g+0.11*b \quad (3.1)$$

Enfin, il suffit de redonner à l'image ces nouvelles composantes R, G, B. Celle-ci est alors grise. On peut également utiliser directement la fonction 'rgb2ray' disponible sur le logiciel Matlab [73]. La figure 3.2 (b) montre l'utilisation de cette opération.

Le découpage de l'image consiste à conserver les maximums des variations intrinsèques du visage, et à supprimer les autres informations comme l'arrière-plan, les cheveux, les cols de chemise, les oreilles...etc. afin d'améliorer les performances du système d'estimation d'âge. Une fenêtre rectangulaire de taille (64×64) , centrée autour des caractéristiques les plus stables liées aux yeux, aux sourcils, au nez et à la bouche, a été utilisée .La figure 3.2 (c) montre l'utilisation de cette fenêtre [14].

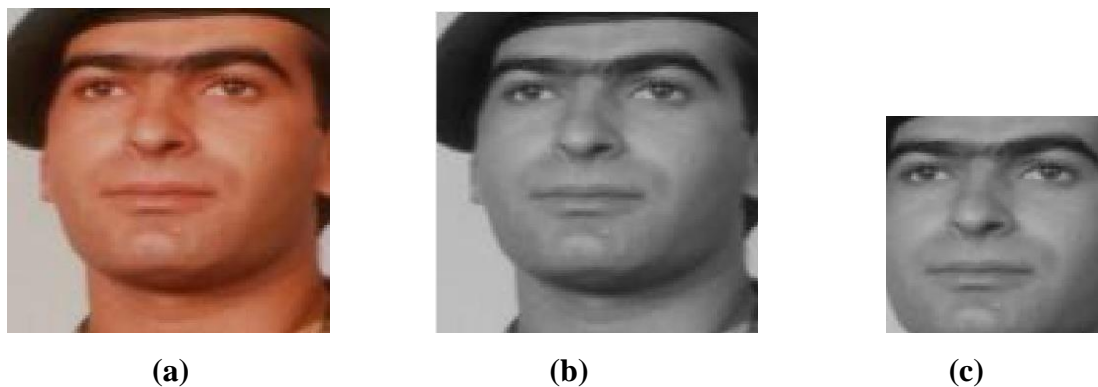


Figure 3.2: Prétraitement : (a) Image de visage, (b) image gray et (c) image après découpage.

3.2.2 Extraction des caractéristiques par Apprentissage de descripteur BSIF

Pour l'extraction des caractéristiques de notre système d'estimation faciales d'âge nous proposons nouvelle variante de descripteur BSIF appelé apprentissage de descripteur BSIF ce descripteur utilise les images d'apprentissage du visage de la base de données FG-NET prétraitées pour la construction des filtres de descripteur BSIF. Notre travail est le premier qui utilise cette variante de descripteur BSIF dans le domaine d'estimation faciale d'âge.

Pour la comparaison nous utilisons deux descripteurs LPQ et BSIF originale. Dans la figure 3.3, une illustration de la représentation de l'image LPQ en utilisant six rayons ($R = 1, 2, 3, 4, 6, 8$).

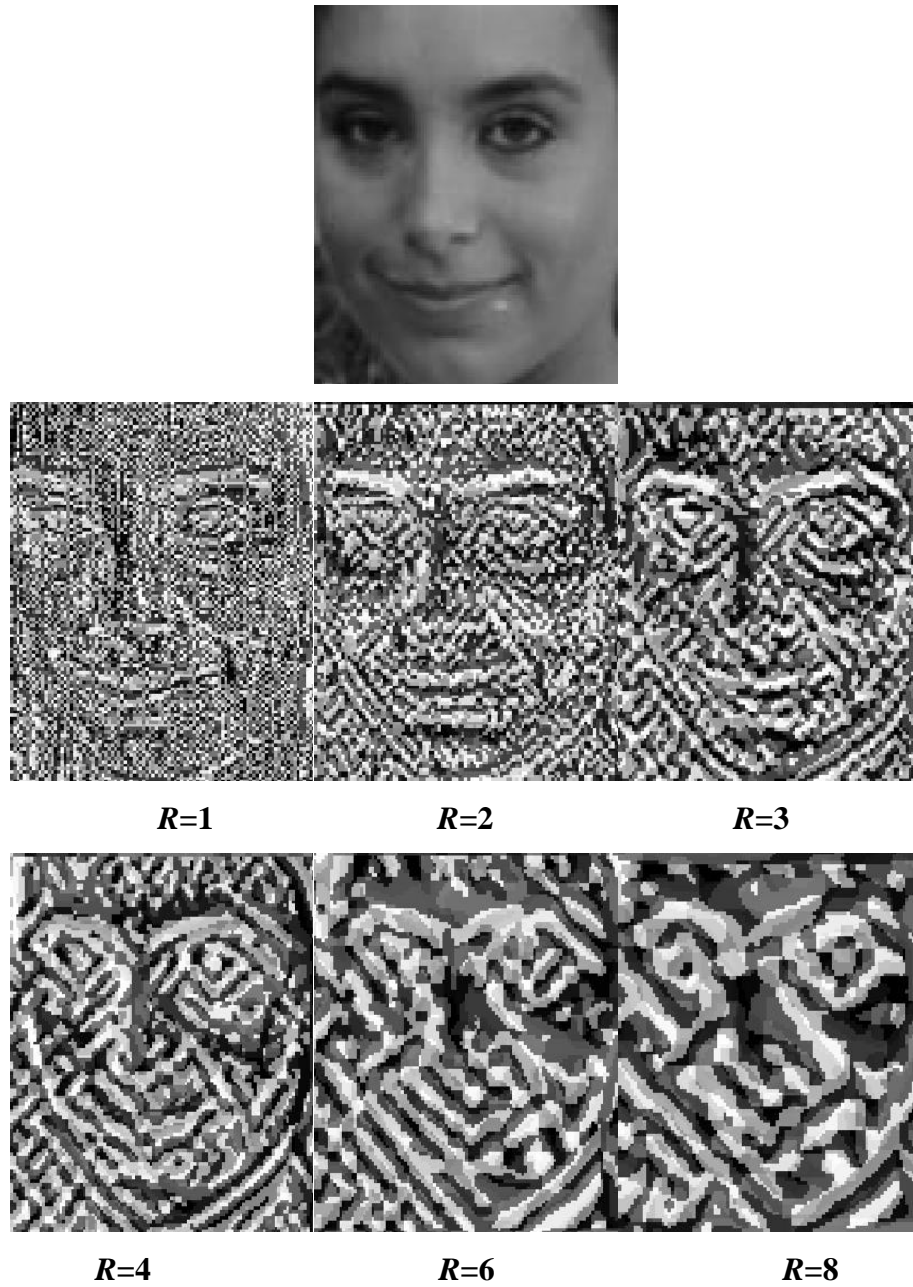


Figure 3.3 : Descripteur LPQ d'une image du visage pour plusieurs valeurs de rayons R .
Dans la figure 3.4, une illustration de la représentation de l'image BSIF en utilisant six tailles de filtre ($l = 3, 5, 7, 11, 13, 17$).

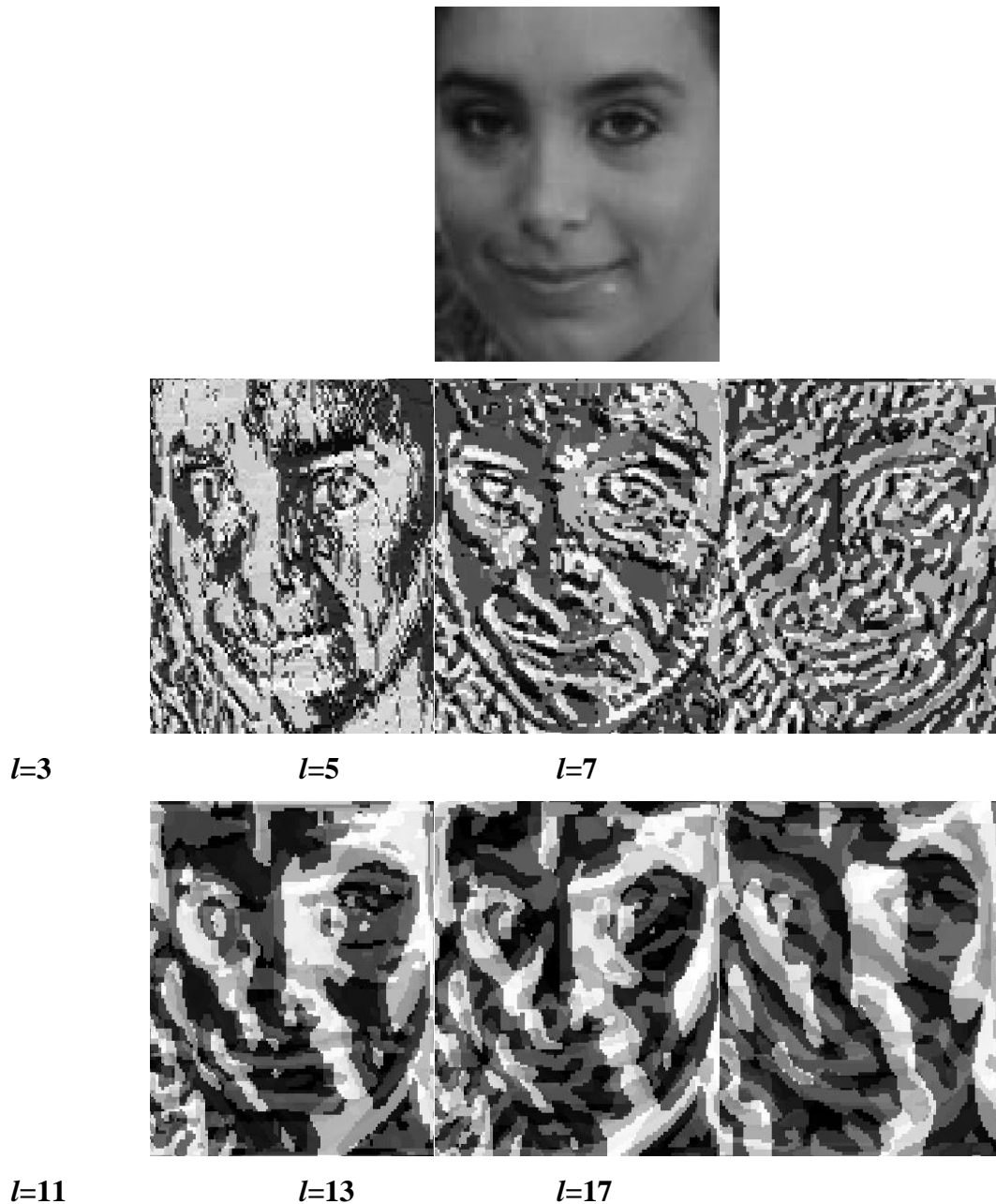


Figure 3.4 : Descripteur BSIF d'une image du visage pour plusieurs valeurs de la taille de filtre l .

Dans la figure 3.5, une illustration de la représentation de l'image Apprentissage BSIF en utilisant six tailles de filtre ($l = 3, 5, 7, 11, 13, 17$).

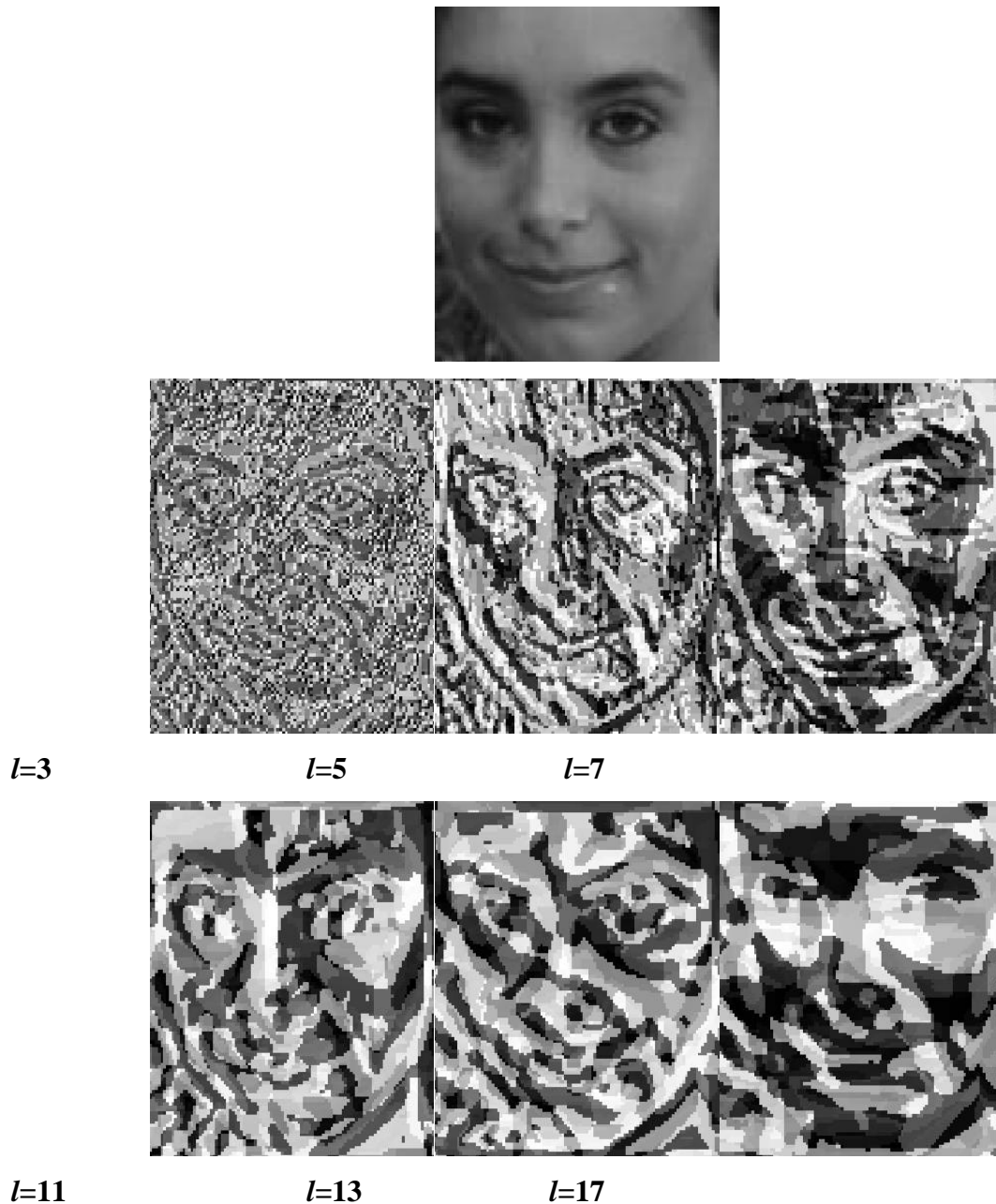


Figure 3.5 : Apprentissage de descripteur BSIF d’une image du visage pour plusieurs valeurs de la taille de filtre l .

3.2.3 Classification

RFs (RandomForests) sont des stratégies d’acquisition de modèles prévisionnels de classification et de régression. La technique exécute les arbres de décision binaires, y compris les arbres CART proposés par Breiman et al. (1984) [74]. L’idée générale derrière la méthode est qu’au lieu d’essayer d’obtenir une méthode optimisée chaque fois, nous générons plusieurs

prédicateurs avant de mettre la moyenne de leurs différents prédictions. Utilisez la fonction pour classer ou faire régresser un échantillon d'observations décrit par des variables qualitatives et/ou quantitatives.

En classification (réponse qualitative variable) : la méthode prédit l'affiliation des observations (observations, individus) à une classe de variable qualitative, basée sur des variables explicatives quantitatives et/ou qualitatives. La figure 3.6 illustre le classificateur Random Forest, où chaque vecteur classe est généré en comptant le pourcentage de différentes classes d'exemples d'entraînement au nœud de la feuille où l'instance concernée tombe, puis en faisant la moyenne sur tous les arbres de la même forêt.

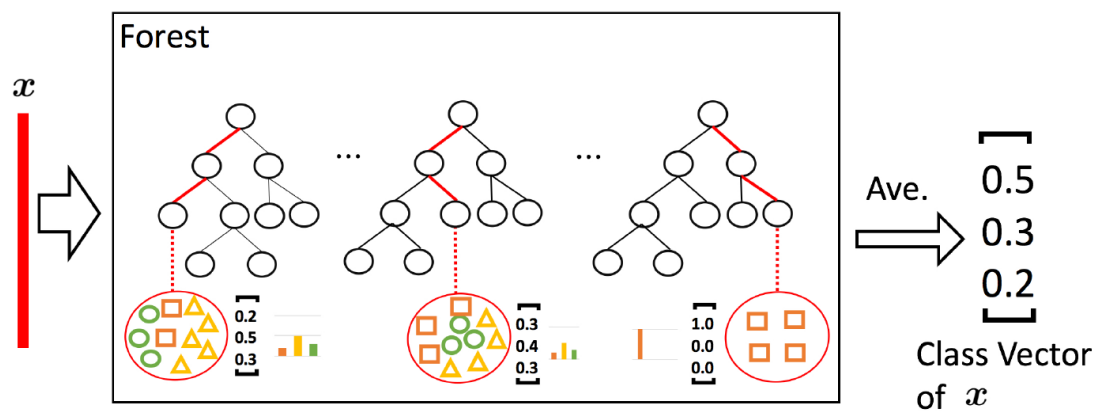


Figure 3.6 :Illustration du classificateur Random Forest [74].

3.3 Base de données FG-NET

FG-NET [75] contient 1002 images colorées ou gris avec des variations dans la résolution, la qualité, illumination, point de vue et expression. Il y a 82 différents sujets dont l'âge varie entre les nouveau-nés et 69 ans. Le nombre moyen d'images par sujet est de 12 [76][1].



Figure 3.7 : Échantillons d'images de la base de données FG-NET [76].

3.4 Métrique d'évaluation

Pour évaluer la performance de la méthode d'estimation d'âge proposée, nous avons utilisé l'erreur absolue moyenne (MAE Mean Absolute Error) [74]. Il s'agit de l'un des indicateurs les plus connus de la littérature pour l'évaluation du rendement d'estimateur d'âge. MAE calcule la moyenne de l'erreur absolue entre les âges de vérité prédits et réels. Il est donné par:

$$MEA = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |p_t - g_t| \quad (3.1)$$

Où n est le nombre d'images testées, p_t est l'âge prédit d'image t et g_t est l'âge de la vérité terrain de cette image.

3.5 Résultats

Cette section de résultats est présentée sous forme de quatre parties comme suit :

- Descripteur LPQ.
- Descripteur BSIF.
- Descripteur Apprentissage BSIF.
- Comparaison des descripteurs.

3.5.1 Descripteur LPQ

Le tableau suivant présente les résultats de MAE des différents rayons de descripteur LPQ appliqués sur la base de données FG-NET.

Rayons (<i>R</i>)	MEA
2	9.42
4	8.88
6	8.65
8	8.30

Tableau 3.1 : MAE des différents rayons (*R*) du descripteur LPQ.

À partir le tableau 3.1 nous avons conclu que le descripteur LPQ donne le meilleur résultat de MAE = 8.30 ans et ce avec la valeur de rayon $R=8$.

3.5.2 Descripteur BSIF

Le tableau ci-dessous présent les résultats de MAE des différentes tailles de filtre (*l*) de descripteur BSIF appliqué sur les bases de données FG-NET.

Taille de filtre (<i>l</i>)	MEA
3	10.04
5	9.73
7	9.35
9	9.09
11	8.89
13	8.55
15	8.24
17	8.29

Tableau 3.2 : MAE de différentes tailles de filtre (*l*) du descripteur BSIF originale.

À partir du tableau 3.2 nous avons conclu que le descripteur BSIF originale donne le meilleur résultat de MAE = 8.24 ans avec taille de filtre ($l=15$).

3.5.3 Descripteur Apprentissage BSIF

Le tableau ci-dessous présent les résultats de MAE de différentes tailles de filtre (l) de descripteur Apprentissage BSIF appliqués sur la base de données FG-NET.

Taille de filtre (l)	MEA
3	9.80
5	9.34
7	8.95
9	8.74
11	8.57
13	8.44
15	7.81
17	7.89

Tableau 3.3 : MAE de différentes tailles de filtre (l) du descripteur Apprentissage BSIF.

Le tableau 3.3 montre que le descripteur Apprentissage BSIF donne le meilleur résultat de MAE = 7.81 ans avec taille de filtre ($l=15$).

3.5.4 Comparaison des descripteurs

Le tableau suivant présente les meilleurs résultats de MAE des différents descripteurs LPQ, BSIF et Apprentissage BSIF.

Descripteur	MEA
LPQ ($R=8$)	8.30
BSIF ($l=15$)	8.24
Apprentissage BSIF ($l=15$)	7.81

Tableau 3.4: Comparaison du meilleur résultat de MAE des différents descripteurs.

Suite aux résultats obtenus :

- le descripteur LPQ est efficace avec la valeur de rayon ($R=8$).
- le descripteur BSIF est efficace avec la taille de filtre ($l=15$).
- le descripteur Apprentissage BSIF est efficace avec la Taille de filtre ($l=15$).
- le descripteur Apprentissage BSIF est plus efficace qu'autres descripteurs LPQ et BSIF.

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre système d'estimation d'âge ainsi que l'explication des différents descripteurs qu'on a utilisée. Puis, nous avons passé à la présentation des différents résultats obtenus par chaque algorithme, on a constaté que la méthode d'estimation d'âge basée sur les caractéristiques Apprentissage BSIF est plus efficace avec un MAE = 7.31 ans.

Conclusion générale

Conclusion générale

La biométrie est un domaine à la fois passionnant et complexe. Elle tente, par des outils mathématiques souvent très évolués, de faire la distinction entre des individus, nous obligeant à travailler dans un contexte de très grandes diversités. Cette diversité se retrouve également dans le nombre considérable d'algorithmes qui ont été proposés en reconnaissance faciale.

Les caractéristiques douces de la biométrie sont des caractéristiques physiques ou comportementales liées à l'être humain, classables dans des catégories prédéfinies conformes à l'humain. Contrairement au cas biométrique classique, ces catégories sont établies et éprouvées par l'homme dans le but de différencier les individus. En d'autres termes, l'instance des traits biométriques sont créés de manière naturelle, utilisées par les humains pour distinguer leurs pairs.

Il est facile de déterminer le sexe de la personne, mais c'est un défi pour l'estimation d'âge basée sur l'homme et même plus de défi pour l'estimation de l'âge par ordinateur.

Dans cette mémoire, nous sommes intéressés au problème d'estimation faciale d'âge. Les objectifs suivis dans cette mémoire proposent une méthode qui consiste à améliorer la performance d'estimation automatique de l'âge en utilisant plusieurs opérateurs d'extraction des caractéristiques et l'intégration des algorithmes facilitant cette opération. Pour cela, nous avons fait la comparaison entre différentes méthodes d'extraction des caractéristiques, ce qui nous a permis d'en choisir celle qui est la mieux performante à notre problème.

Notre système comprend trois étapes importantes : prétraitement, extraction des caractéristiques par la méthode d'apprentissage BSIF, classification d'âge par l'utilisation d'algorithme (Random Forests), pour l'obtention de l'âge estimé dans la sortie de notre système.

- Dans la première étape, une phase de prétraitement est nécessaire pour conserver les maximums des variations intrinsèques du visage, et à supprimer les autres informations comme l'arrière-plan, les cheveux, les cols de chemise, les oreilles...etc. pour traitement et d'amélioration de la qualité de l'image utilisée : la conversion de couleur en niveau de gris, puis l'étape de découpage de l'image.

- L'étape d'extraction des caractéristiques représente le cœur du système d'estimation d'âge, elle consiste à effectuer le traitement de l'image dans un autre espace de travail plus

Conclusion générale

simple et qui assure une meilleure exploitation de données, et donc permettre l'utilisation, seulement, des informations utiles, discriminantes et non redondantes.

- Finalement, (l'étape d'estimation d'âge) dans cette étape, l'algorithme "Random Forests" est utilisé pour le classification d'âge.

Les résultats de cette mémoire montrent :

- Les expérimentations effectuées sur la base de données FG-NET ont montré notre méthode apprentissage BSIF est la plus efficace pour extraction de caractéristiques, que les autres méthodes LPQ et BSIF originale.

- Les performances changent avec la variation de la valeur des paramètres implémentés.

- le descripteur LPQ est efficace avec la valeur de rayon ($R=8$).

- le descripteur BSIF est efficace avec la taille de filtre ($l=15$).

- le descripteur Apprentissage BSIF est efficace avec la taille de filtre ($l=15$).

- La meilleure résultat MAE qui égale 7.81 ans obtenue avec le descripteur Apprentissage BSIF avec une taille de filtre ($l=15$).

Perspectives

Les perspectives d'évolution de ce travail sont :

- Appliquer notre système sur d'autre base de données plus grand que la base de données FG-NET.

- Étudier la fusion de plusieurs tailles de filtre du descripteur Apprentissage BSIF.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Bouaka , A. (2019). Estimation Automatique de L'âge des Patients à Partir des Images Faciales. MASTER.Télécommunications. Université Kasdi Merbah OUARGLA .
- [2] Ricanek, K., &Barbour, B. (2011). What are soft biometrics and how can they be used?.Computer, 44(9), 106-108.
- [3] Benjamin Barbour, «What Are Soft Biometrics and How Can They Be Used? » University of North Carolina Wilmington.
- [4] Hedjaz, H. E. Z. I. L. (2018). Identification de personnes par signature manuscrite (Doctoral dissertation).
- [5] Guehairia, O., Ouamane, A., Dornaika, F., &Taleb-Ahmed, A. (2020, May). Deep Random Forest for Facial Age Estimation Based on Face Images. In 020 1st International Conference on Communications, Control Systems and Signal Processing (CCSSP) (pp. 305-309). IEEE.
- [6] Helala Fouad,2018. "Identification des personnes par les empreintes Digitales", MÉMOIRE DE MASTER, Université Mohamed Khider de Biskra.
- [7] Raja, K. B., Raghavendra, R., &Busch, C. (2015). Video presentation attack detection in visible spectrum iris recognition using magnified phase information. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 10(10), 2048-2056.
- [8] Benzaoui, A., Hadid, A. and Boukrouche, A. (2014) 'Ear biometric recognition using local texture descriptors', IET Biometrics, Vol. 23, No. 3, pp.9–17.
- [9] Soldera, J., Behaine, C. A. R., &Scharcanski, J. (2015). Customized orthogonal locality preserving projections with soft-margin maximization for face recognition. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 64(9), 2417-2426.
- [10] Jian, M., & Lam, K. M. (2015). Simultaneous hallucination and recognition of low-resolution faces based on singular value decomposition. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 25(11), 1761-1772.
- [11] Li, H. (2013). Towards three-dimensional face recognition in the real (Doctoral dissertation).
- [12] Pentland, A., & Choudhury, T. (2003). Personalizing smart environments: face recognition for human interaction.
- [13] Heitmeyer, R. (2000). Biometric identification promises fast and secure processing of airline passengers. ICAO journal, 55(9), 10-11.

Bibliographie

- [14] Ouamane, A. (2015). Reconnaissance Biométrique par Fusion Multimodale du Visage 2D et 3D (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- [15] BENCHENNANE, I. (2015). Etude et mise au point d'un procédé biométrique multimodale pour la reconnaissance des individus (Doctoral dissertation, University of sciences and technology in Oran).
- [16] Andreas Lanitis (2010), Scholarpedia, 5(1):9701.
- [17] J. Daugman: *How Iris Recognition Works ?*. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. Vol.14, No.01, pp.21-30, 2004.
- [18] Angulu, R., Tapamo, J. R., &Adewumi, A. O. (2018). Age estimation via face images: a survey. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2018(1), 42.
- [19] Kwon, Y. H., & da Vitoria Lobo, N. (1999). Age classification from facial images. Computer vision and image understanding, 74(1), 1-21.
- [20] Kanno, T., Akiba, M., Teramachi, Y., Nagahashi, H., &Agui, T. (2001). Classification of age group based on facial images of young males by using neural networks. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 84(8), 1094-1101.
- [21] Lanitis, A., Taylor, C. J., &Cootes, T. F. (2002). Toward automatic simulation of aging effects on face images. IEEE Transactions on pattern Analysis and machine Intelligence, 24(4), 442-455.
- [22] Iga, R., Izumi, K., Hayashi, H., Fukano, G., &Ohtani, T. (2003, August). A gender and age estimation system from face images. In SICE 2003 Annual Conference (IEEE Cat. No. 03TH8734) (Vol. 1, pp. 756-761). IEEE.
- [23] Lanitis, A., Draganova, C., & Christodoulou, C. (2004). Comparing different classifiers for automatic age estimation. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), 34(1), 621-628.
- [24] Zhou, S. K., Georgescu, B., Zhou, X. S., &Comaniciu, D. (2005, October). Image based regression using boosting method. In Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05) Volume 1 (Vol. 1, pp. 541-548). IEEE.

Bibliographie

- [25] Ueki, K., Hayashida, T., & Kobayashi, T. (2006, April). Subspace-based age-group classification using facial images under various lighting conditions. In 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR06) (pp. 6-pp). IEEE.
- [26] Takimoto, H., Mitsukura, Y., Fukumi, M., & Akamatsu, N. (2006, October). A design of gender and age estimation system based on facial knowledge. In 2006 SICE-ICASE International Joint Conference (pp. 3883-3886). IEEE.
- [27] Geng, X., Zhou, Z. H., Zhang, Y., Li, G., & Dai, H. (2006, October). Learning from facial aging patterns for automatic age estimation. In Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimedia (pp. 307-316).
- [28] Takimoto, H., Kuwano, T., Mitsukura, Y., Fukai, H., & Fukumi, M. (2007, September). Appearance-age feature extraction from facial image based on age perception. In SICE Annual Conference 2007 (pp. 2813-2818). IEEE.
- [29] Geng, X., Zhou, Z. H., & Smith-Miles, K. (2007). Automatic age estimation based on facial aging patterns. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 29(12), 2234-2240.
- [30] Yan, S., Wang, H., Huang, T. S., Yang, Q., & Tang, X. (2007, July). Ranking with uncertain labels. In 2007 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (pp. 96-99). IEEE.
- [31] Yan, S., Wang, H., Tang, X., & Huang, T. S. (2007, October). Learning auto-structured regressor from uncertain nonnegative labels. In 2007 IEEE 11th international conference on computer vision (pp. 1-8). IEEE.
- [32] Fu, Y., & Huang, T. S. (2008). Human age estimation with regression on discriminative aging manifold. *IEEE Transactions on Multimedia*, 10(4), 578-584.
- [33] Zhou, X., Zhuang, X., Yan, S., Chang, S. F., Hasegawa-Johnson, M., & Huang, T. S. (2008, October). Sift-bag kernel for video event analysis. In Proceedings of the 16th ACM international conference on Multimedia (pp. 229-238).

Bibliographie

- [34] Guo, G., Fu, Y., Dyer, C. R., & Huang, T. S. (2008). Image-based human age estimation by manifold learning and locally adjusted robust regression. *IEEE Transactions on Image Processing*, 17(7), 1178-1188.
- [35] Guo, G., Fu, Y., Dyer, C. R., & Huang, T. S. (2008, June). A probabilistic fusion approach to human age prediction. In *2008 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 1-6). IEEE.
- [36] Yan, S., Liu, M., & Huang, T. S. (2008, March). Extracting age information from local spatially flexible patches. In *2008 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing* (pp. 737-740). IEEE.
- [37] Fu, Y., & Huang, T. S. (2008). Human age estimation with regression on discriminative aging manifold. *IEEE Transactions on Multimedia*, 10(4), 578-584.
- [38] Suo, J., Wu, T., Zhu, S., Shan, S., Chen, X., & Gao, W. (2008, September). Design sparse features for age estimation using hierarchical face model. In *2008 8th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition* (pp. 1-6). IEEE.
- [39] Daugman, J. G. (1985). Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters. *JOSA A*, 2(7), 1160-1169.
- [40] Ni, B., Song, Z., & Yan, S. (2009, October). Web image mining towards universal age estimator. In *Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia* (pp. 85-94).
- [41] Yan, S., Wang, H., Fu, Y., Yan, J., Tang, X., & Huang, T. S. (2008). Synchronized submanifold embedding for person-independent pose estimation and beyond. *IEEE Transactions on Image Processing*, 18(1), 202-210.
- [42] Xiao, B., Yang, X., Xu, Y., & Zha, H. (2009, October). Learning distance metric for regression by semidefinite programming with application to human age estimation. In *Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia* (pp. 451-460).
- [43] Guo, G., Mu, G., Fu, Y., & Huang, T. S. (2009, June). Human age estimation using bio-inspired features. In *2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 112-119). IEEE.

Bibliographie

- [44] Guo, G., Mu, G., Fu, Y., Dyer, C., & Huang, T. (2009, September). A study on automatic age estimation using a large database. In 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision (pp. 1986-1991). IEEE.
- [45] Guo, G., & Mu, G. (2011, June). Simultaneous dimensionality reduction and human age estimation via kernel partial least squares regression. In CVPR 2011 (pp. 657-664). IEEE.
- [46] Choi, S. E., Lee, Y. J., Lee, S. J., Park, K. R., & Kim, J. (2011). Age estimation using a hierarchical classifier based on global and local facial features. *Pattern recognition*, 44(6), 1262-1281.
- [47] Luu, K., Seshadri, K., Savvides, M., Bui, T. D., & Suen, C. Y. (2011, October). Contourlet appearance model for facial age estimation. In 2011 international joint conference on biometrics (IJCB) (pp. 1-8). IEEE.
- [48] Chang, K. Y., Chen, C. S., & Hung, Y. P. (2011, June). Ordinal hyperplanes ranker with cost sensitivities for age estimation. In CVPR 2011 (pp. 585-592). IEEE.
- [49] Wu, T., Turaga, P., & Chellappa, R. (2012). Age estimation and face verification across aging using landmarks. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 7(6), 1780-1788.
- [50] Thukral, P., Mitra, K., & Chellappa, R. (2012, March). A hierarchical approach for human age estimation. In 2012 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (pp. 1529-1532). IEEE.
- [51] Chao, W. L., Liu, J. Z., & Ding, J. J. (2013). Facial age estimation based on label-sensitive learning and age-oriented regression. *Pattern Recognition*, 46(3), 628-641.
- [52] Lu, J., & Tan, Y. P. (2012). Ordinary preserving manifold analysis for human age and head pose estimation. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 43(2), 249-258.
- [53] Guo, G., & Mu, G. (2013, April). Joint estimation of age, gender and ethnicity: CCA vs. PLS. In 2013 10th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG) (pp. 1-6). IEEE.

Bibliographie

- [54] Geng, X., Yin, C., & Zhou, Z. H. (2013). Facial age estimation by learning from label distributions. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 35(10), 2401-2412.
- [55] Han, H., & Jain, A. K. (2014). Age, gender and race estimation from unconstrained face images. Dept. Comput. Sci. Eng., Michigan State Univ., East Lansing, MI, USA, MSU Tech. Rep.(MSU-CSE-14-5), 87, 27.
- [56] Han, H., Otto, C., Liu, X., & Jain, A. K. (2014). Demographic estimation from face images: Human vs. machine performance. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 37(6), 1148-1161.
- [57] Nguyen, D. T., Cho, S. R., & Park, K. R. (2015). Age estimation-based soft biometrics considering optical blurring based on symmetrical sub-blocks for MLBP. *Symmetry*, 7(4), 1882-1913.
- [58] Li, C., Liu, Q., Dong, W., Zhu, X., Liu, J., & Lu, H. (2014). Human age estimation based on locality and ordinal information. *IEEE transactions on cybernetics*, 45(11), 2522-2534.
- [59] Onifade, O. F., & Akinyemi, D. J. (2015). GWAgeER-A GroupWise Age Ranking Framework for Human Age Estimation. *International Journal of Image, Graphics & Signal Processing*, 7(5).
- [60] Yang, X., Gao, B. B., Xing, C., Huo, Z. W., Wei, X. S., Zhou, Y., ... & Geng, X. (2015). Deep label distribution learning for apparent age estimation. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision workshops* (pp. 102-108).
- [61] Huerta, I., Fernández, C., Segura, C., Hernando, J., & Prati, A. (2015). A deep analysis on age estimation. *Pattern Recognition Letters*, 68, 239-249.
- [62] Hu, Z., Wen, Y., Wang, J., Wang, M., Hong, R., & Yan, S. (2016). Facial age estimation with age difference. *IEEE Transactions on Image Processing*, 26(7), 3087-3097.
- [63] Akinyemi, J. D., & Onifade, O. F. (2016, May). An ethnic-specific age group ranking approach to facial age estimation using raw pixel features. In *2016 IEEE Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)* (pp. 1-6). IEEE.

Bibliographie

- [64] BESSAOUDI, M. (2019). Reconnaissance de Visage basée sur l'Analyse Multidimensionnelle (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider–Biskra).
- [65] soudanisafa. (2017) La fusion des descripteurs binaires locaux pour la vérification de visage 2D en conditions dégradées (Master , Université Mohamed Khider-Biskra).
- [66] Ojansivu, V., &Heikkilä, J. (2008, July). Blur insensitive texture classification using local phase quantization. In International conference on image and signal processing (pp. 236-243). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [67] Vandenbroucke, N. (2000). Segmentation d'images couleur par classification de pixels dans les espaces d'attributs colorimétriques adaptés: application à l'analyse d'image (Doctoral dissertation, ANRT [diff.]).
- [68] Ojansivu, V., Rahtu, E., & Heikkila, J. (2008, December). Rotation invariant local phase quantization for blur insensitive texture analysis. In 2008 19th International Conference on Pattern Recognition (pp. 1-4). IEEE.
- [69] Hadid, A., Ylioinas, J., &López, M. B. (2014, October). Face and texture analysis using local descriptors: a comparative analysis. In 2014 4th International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA) (pp. 1-4). IEEE.
- [70] Hyvärinen, A., Hurri, J., & Hoyer, P. O. (2009). Natural image statistics: A probabilistic approach to early computational vision (Vol. 39). Springer Science & Business Media.
- [71] Kannala, J., &Rahtu, E. (2012, November). Bsif: Binarized statistical image features. In Proceedings of the 21st international conference on pattern recognition (ICPR2012) (pp. 1363-1366). IEEE.
- [72] Bowyer, K. W., Chang, K., & Flynn, P. (2006). A survey of approaches and challenges in 3D and multi-modal 3D+ 2D face recognition. Computer vision and image understanding, 101(1), 1-15.
- [73] DJEDI, S. (2012). Etude comparative de PCA et KPCA associées au SVM en biométrie. Université Mohamed KhiderBiskra.

Bibliographie

- [74] Guehairia, O., Ouamane, A., Dornaika, F., & Taleb-Ahmed, A. (2020). Feature fusion via Deep Random Forest for facial age estimation. *Neural Networks, 130*, 238-252.
- [75] <http://www-prima.inrialpes.fr/FGnet/html/benchmarks.html>
- [76] Bekhouche, S. E. (2017). Facial soft biometrics: extracting demographic traits (Doctoral dissertation, Faculté des sciences et technologies).