
Mots clés: Image, base de données, vecteur de caractéristiques, Réduction de dimension, Analyse en Composantes Principales, Décomposition en valeurs singulières, Erreur quadratique, Reconnaissance...

1 Contexte – La reconnaissance faciale

Ce projet est fondé autour de la thématique de la reconnaissance faciale : étant donnée **une image de visage**, on souhaite déterminer l'identité de la personne correspondante. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir des images de référence, sous la forme d'**une base de données de visages** des personnes supposées connues. À chaque visage est associé un **vecteur de caractéristiques**. Ces caractéristiques sont supposées être invariantes pour une même personne, et différentes d'une personne à l'autre. La reconnaissance consiste alors à comparer le vecteur de caractéristiques du visage à reconnaître avec celui de chacun des visages de la base. Ceci permet de retrouver la personne ayant le visage le plus ressemblant.

2 Approche – Analyse par eigenface

La reconnaissance faciale par eigenfaces est une approche de type "image". Chaque image de visage est considérée comme un vecteur dans un espace ayant autant de dimensions que de pixels dans l'image. Les caractéristiques de l'image sont extraites par la méthode de réduction de dimensionnalité basée sur l'Analyse en Composantes Principales (ACP).

On note $I^k, (k = 1, \dots, m)$ l'image du visage de référence numéro k , et $I^k(i), (i = 1, \dots, n)$ le pixel numéro i de cette image. Chaque visage peut donc être considéré comme un vecteur à n composantes : l'ensemble des visages forme un nuage de points dans un espace \mathbb{R}^n .

Le principe de la méthode des eigenfaces est de représenter un visage quelconque par un ensemble réduit d'images u_h , appelées eigenfaces. La méthode des eigenfaces repose sur le fait que le nombre d'eigenfaces considérées est bien inférieur à la dimension totale de l'espace, ce que l'on appelle "réduction de dimensionnalité" et les images sont donc analysées dans un sous-espace de dimension réduite.

3 Déroulement du projet

Le projet s'articule autour de 4 phases principales:

1. Créer une base de données de visages.
2. Effectuer une Analyse en Composantes Principales à partir des vecteurs des images.
3. Effectuer une projection dans le sous-espace des eigenfaces.
4. Effectuer l'identification et la reconnaissance faciale.

Une simulation des résultats avec des paramètres différents sera exigible. Une comparaison des résultats et une étude critique des résultats appuieront votre travail.

Après chaque phase volontairement **orientée et ouverte**, une mise au point auprès de votre enseignant référent aura lieu afin de permettre d'avancer dans le bon sens et d'avoir des objectifs clairs et précis.

Code et programme

Le programme sera écrit dans le langage JAVA et doit permettre d'exposer toutes les phases du projet. Il doit être fourni avec une interface claire permettant son exploitation.

Ce programme sera rendu avec un mode d'emploi permettant d'expliquer son utilisation. Aux fins de test, une archive contenant les images utilisées doit être fournie avec votre travail.

Pour partager et travailler en équipe, vous utiliserez le GITLab de l'école.

Rapport et soutenance

Un rapport reprenant le travail d'analyse initial augmenté des aspects de réalisation sera fourni. Une soutenance viendra clôturer ce projet. La soutenance devra mettre en évidence les résultats, les objectifs atteints et présenter un avis critique sur les résultats. Une démonstration de votre code doit être présentée pendant la soutenance.

Modalités et évaluation

Ce projet doit être réalisé par groupes de 5 élèves. La qualité du rapport, de la soutenance, du code et le bon fonctionnement de celui-ci contribueront à la note finale de votre projet. Les livrables doivent être rendus à la date fixée. **Le travail en équipe doit une part importante** dans l'évaluation du projet.

Les dates des rendus de livrables et de la soutenance vous seront communiquées dans le groupe
Projet ING1 2021-2022 sur Teams.

4 Les phases du projet

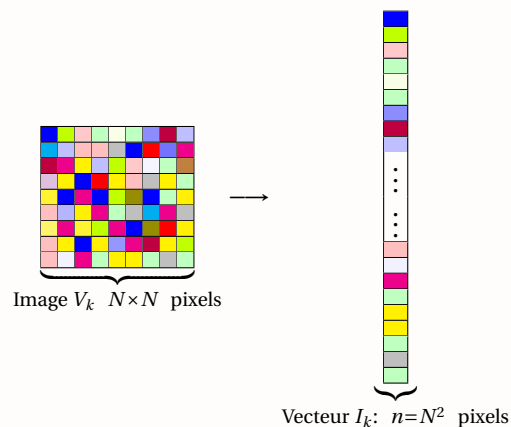
4.1 Phase 1 – Base de données de visages – Environ 2 semaines

Phase 1

1. Créer une base d'images de m visages de **référence**. Le même visage doit être référencé avec différentes expressions : sourire, grimace, portant des lunettes, ...

Créer une base d'images test, cette base permettra de mener les tests et les validations de vos résultats. Elle doit contenir des visages de personnes connues dans la base de référence et de personnes inconnues à la base de référence.

2. Labéliser chaque visage par son identité: nom et prénom de la personne.
3. Les images doivent avoir **la même taille** et converties en base de gris.
4. Transformer chaque image de visage V_k en un vecteur I_k .



5. Faire la fonction inverse : transformer l'image vectorisée I_k en sa forme matricielle V_k .
6. Normaliser chaque image I_k puis calculer le visage moyen.
7. Afficher le visage moyen, ainsi que quelques visages accompagnées des visages centrés associés.

4.2 Phase 2 – Analyse en Composantes Principales – Environ 2 semaines

Les eigenfaces sont définies comme étant les axes principaux obtenus en effectuant l'Analyse en Composantes Principales des vecteurs associés aux visages de référence.

Phase 2

1. Expliquer le fonctionnement de l'ACP : la décomposition en valeurs singulières, les vecteurs propres, les valeurs propres, les valeurs singulières et mettre en lien avec l'objectif du projet.
2. Calculer la matrice des eigenfaces.
3. Afficher le visage moyen ainsi que les premiers eigenfaces et les valeurs propres associées.

4.3 Phase 3 – Projection dans le sous-espace des visages – Environ 3 semaines

La décomposition en valeurs singulières SVD permet de réduire la dimensionnalité, on utilisera un nombre réduit d'eigenfaces afin de modéliser l'espace de visages représenté sous la forme de la base des K premiers vecteurs propres. **K est un paramètre qu'on va tester avec différentes valeurs.** Chaque visage possède plusieurs représentations, son image d'origine, représenté par un vecteur J dans \mathbb{R}^n , son image projetée dans le sous-espace des eigenfaces, J_p et les coordonnées de l'image projetée dans la base des eigenfaces.

Phase 3

1. Donner l'expression des coordonnées de l'image projetée dans la base des eigenfaces puis l'expression de l'image projetée J_p .
2. Calculer les coordonnées d'un visage dans le sous-espace des eigenfaces, et calculer l'image reconstruite correspondante, **pour plusieurs valeurs de K** . Afficher le graphique de l'évolution de l'erreur de reconstruction pour les différentes valeurs de K . L'erreur utilisée est l'erreur quadratique, $E(J) = \|J - J_p\|_2$.
3. Afficher le résultat pour plusieurs visages, de référence et de test, et plusieurs valeurs de K .
4. Y a-t-il une différence entre les visages de référence et les visages de test ? Discuter vos résultats.
5. Normaliser les valeurs propres afin que leur somme soit égale à 100%, puis tracer la courbe de leur somme cumulée, afin de voir combien de variation est capturée par les K premières eigenfaces. Combien d'eigenfaces sont nécessaires pour obtenir une "bonne" reconstruction?

4.4 Phase 4 – Identification et reconnaissance de visages – Environ 2 semaines

L'identification d'une personne consiste à trouver l'image qui lui ressemble le plus parmi les images de référence. À chaque visage de référence I^k on a associé une identité, $\text{id}(k)$.

La méthode la plus simple consiste à comparer la projection J_p du visage test J avec la projection J_p^k de chaque image de référence I^k . La dissimilitude entre les deux est quantifiée par la distance $E_k(J_p)$:

$$E_k(J) = \|J_p - J_p^k\|_2.$$

En évaluant cette distance pour chaque visage de référence, on peut déterminer le visage de référence I^k le plus proche du visage test J et déterminer son identité.

Phase 4

1. Écrire une fonction d'identification fournissant en sortie l'identité du visage de référence le plus proche de J et la valeur de la distance associée.
2. Tester votre fonction sur les images de référence.
3. Tester votre fonction sur les images de test et dont les visages ont fait partie des visages de référence.
4. Tester votre fonction sur des images de visages qui ne font pas partie de la base de données de visages de référence.
5. On définit le seuil de reconnaissance θ comme étant la distance au delà de laquelle on ne peut pas être sûr de la reconnaissance. Donner une estimation de la valeur de θ .
6. Le taux d'identification est défini comme le ratio entre le nombre de visages correctement identifiés et le nombre de visages testés. Calculer ce ratio.

5 Liens utiles

1. Cours data explo – ING1.
2. Cours JAVA – ING1.
3. Reconnaissance faciale par ACP Hybride, RANDRIAMAHANDRY Vonjinirina Eric, mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master à visée professionnelle, Soutenu le 26 mai 2016.