Chapitre 1 : Etat de l'art

MCours.com

Introduction :

De nos jours ; les méthodes de segmentation des vertèbres sont en forte demande en raison de leurs impact très important dans de nombreuses applications orthopédiques, neurologiques et oncologiques.
Pour cela plusieurs méthodes ont été développées dans la littérature afin de répondre aux besoins des radiologistes dans ce domaine.

En pratique dans les centres hospitaliers, la segmentation manuelle des vertèbres est effectuée par des radiologues experts, en se basant sur des informations visuelles et de leur expériences, afin de pouvoir identifier les différentes parties vertébrales **:** cervicales, thoraciques et lombaires, et assigner des étiquettes appropriées à chaque forme de ces vertèbres.

Pour une telle segmentation, deux méthodes sont utilisés dans la pratique clinique : la méthode de segmentation semi quantitative et la morphométrie quantitative.

Dans la segmentation semi quantitative, le radiologue peut identifier la pose et la forme général de la colonne vertébrale et quelques informations visuelles relatives à chaque vertèbre comme la forme des coins des plateaux de vertèbres qui peuvent donner des indices de présence de fracture [15],ou de séparation entre les vertèbres, etc. Cette méthode demeure subjective et dépendante de l'expérience des experts.

Pour la morphométrie quantitative, des points de marquage sont placés manuellement sur l'image radiographique pour plus ou moins délimiter les contours des vertèbres [38].Ces points peuvent servir comme base pour les méthodes de segmentation semi-automatiques. Cette méthode peut prendre beaucoup de temps, et on peut perdre des informations sur la forme lorsque le nombre de points est minimisé.

Une solution efficace à ce problème serait l'utilisation d'un processus de segmentation d'images automatique et semi-automatique.

En effet avec l'apparition des techniques de vision par ordinateur ; différents algorithmes ont été développé dans la littérature pour répondre au besoin d'automatisation du processus de segmentation.

Ces méthodes peuvent être classées en trois grandes catégories principales :

Les méthodes empiriques, les méthodes basées sur les modèles déformables et les méthodes statistiques.

I.1. Les méthodes empiriques :

Ces méthodes se basent sur une connaissance « empirique » à priori concernant l'image et ces caractéristiques de forme.

Ces méthodes sont utilisées pour estimer la pose vertébrale afin de faire correspondre des modèles simples et également pour étiqueter les vertèbres.

Dans la littérature, beaucoup de travaux mettent en pratique ce principe, nous citerons comme exemple :

- Long et Thoma [19] ont essayé de localiser la vertèbre cervicale C2 par rapport à la position de l'arrière de crâne. Cette méthode est très utile pour réduire l'incertitude de l'emplacement des vertèbres cervicales. Plus tard, dans [18], les auteursont développé une méthode automatique permettant d'obtenir une approximation de premier ordre de l'endroit de la colonne vertébrale.
- G.Zamora et al [11] ont développé un algorithme pour estimer l'orientation et la position des vertèbres cervicales. Pour examiner l'efficacité de cette estimation, des points morpho-métriques ont été placé par des radiologues experts sur un ensemble de 40 films radiographiques. Cette approche a donné des résultats acceptables ce qui peut mener à un placement précis d'un modèle de forme moyen.

L'inconvénient majeur des méthodes de segmentation empiriques est qu'elles sont fortement dépendantes de la qualité de l'image radiographique d'une part, des facteurs comme le bruit et les bords faibles peuvent influencer les résultats.

D'une autre part, ces méthodes ne présentent aucune information a priori sur les caractéristiques géométrique et la forme d'objet d'intérêt.

I.2. *Les modèles déformables* :

Cette deuxième classe de méthodes peut être considérée comme une plate-forme pour les méthodes semi-automatiques et automatiques.

Le principe de ces approches est d'utiliser un modèle qui se déforme vers les bords de l'objet d'intérêt en se basant sur un processus de minimisation d'énergie par exemple.

De nombreux travaux ont utilisés cette classe de méthodes de segmentation:

- Tezmol et al [1] ont utilisé la Transformée de Hough généralisé (TGH) afin de trouver la pose (position, orientation et échelle) de deux vertèbres cervicales dans les images radiographiques. Ce travail est constitué de deux étapes :
    1. Un modèle de forme moyen est d'abord choisi parmi un ensemble d'apprentissage.
    2. Une technique de vote est implémentée pour trouver la meilleure correspondance dans le domaine de Hough.

  Le taux de succès a atteint 90% pour la détection des vertèbres cervicales.

- Yalin Zheng et al [51] ont utilisé un algorithme génétique pour la recherche dans l'espace de Hough, et la forme de la vertèbre est caractérisée par les descripteurs de Fourier.

L'inconvénient de ce type de méthodes est l'initialisation « manuelle » qui doit être proche de l'objet d'intérêt. La THG peut apporter de bons résultats mais reste incapable de s'adapter avec les déformations des formes à cause d'usage de modèles rigides.

Une solutiona été proposée par Mahmoudi et al. [41] intégrant la méthode de contours actifs « snakes » [27] pour combler les imperfections de l'approche de segmentation basée sur les modèles actifs de formes – ASM (marquage semi-automatique).Les résultats obtenus ont été satisfaisants.

I.3. Les méthodes statistiques :

La dernière classe de ces des méthodes de segmentation et qui est largement utilisé est la classe des méthodes statistiques. On peut distinguer les modèles statistiques de forme et d'apparence.

Dans les modèles statistiques de forme, la forme d'objet est représentée par un ensemble de points. Des annotations manuelles faites sur un ensemble d'images vont former l'ensemble d'apprentissage.

Le but est de construire un modèle représentant la variation de forme dans cet ensemble, qui va permettre d'analyser à la fois de nouvelles formes, et de synthétiser des formes analogues à celles de l'ensemble d'apprentissage.

Parmi les applications largement utilisées pour ce type de méthodes nous pouvons citer les modèle de forme actif (en anglais Active Shape Model ou ASM) introduites par Cootes et al [6], les méthodes basées sur les contours actifs « snakes » ainsi que les contours actifs par courbes de niveaux « Levels sets ».

Le principe des méthodes à base de contours actifs est d'essayer de déplacer un contour initial qui est créé comme modèle moyen de forme de la vertèbre segmenté manuellement vers les bords de l'objet.

Plusieurs applications remarquables dans la littérature peuvent être citées :

- Une version améliorée de l'ASM a été proposée dans [12] puis [13]pour la segmentation des vertèbres dans les images radiographiques numérisées.
  - Cette étude a mis en œuvre le principe de la morphométrie quantitative pour générer des points de repère délimitant la vertèbre : d'abord un module de la transformée de Hough généralisé est utilisé pour une estimation de la position, de l'orientation et de l'échelle de la vertèbre d'une part et remédier au problème d'initialisation d'autre part.
  - Ensuite, la variabilité de la forme des vertèbres est utilisée pour construire un modèle en utilisant un module d'ASM amélioré.
  - Finalement ce modèle va être déformé en fonction de la variabilité de formes observée dans l'ensemble d'apprentissage afin de bien capturer les détails fins des déformations locales au niveau de la vertèbre.
- Une autre étude rapportée par Klinder et al [46] pour la détection, l'identification et la segmentation automatique des vertèbres dans l'image tomographiques (en anglais CT images).La solution proposée dans ce travail est constitué des étapes suivantes :
  - L'extraction de la courbe de la colonne vertébrale, la détection de la position des vertèbres et l'identification (nomination) de chaque

vertèbre. Ce processus est finalisé par une étape de segmentation en utilisant un modèle de forme spécifique pour l'ensemble des vertèbres. Le taux de succès d'identification a atteint plus de 70% pour chaque vertèbre.

- Récemment, une seconde solution a été proposée dans [43] combinant deux méthodes afin de développer un algorithme automatique de la segmentation de colonne vertébrale y compris la partie cervicale, thoracique et lombaire dans les images CT **:**
  - La première méthode utilise une segmentation initiale à base de modèles déformables.
  - La deuxième méthode repose sur une segmentation fine à base de modèles de formes et d'intensités statistiques. Les résultats ont été comparés aux résultats de la segmentation manuelle. La performance de cet algorithme a été jugé équitable.

Une autre variante de la méthode d'ASM est le Modèle Actif d'Apparence (en anglais Active Appearance Model AAM) qui est aussi largement décrite dans la littérature [16].

L'utilisation de la forme et des paramètres d'apparence du modèle ont été discutés dans [26] pour la localisation automatique des vertèbres lombaires. Cependant les méthodes ASM restent plus rapides avec des résultats meilleurs.
Une autre structure hiérarchique a été proposée dans [2] afin de prouver l'efficacité des AAM pour la segmentation des vertèbres cervicales (avec un taux de succès de 65%) et lombaires (68%) dans les images à rayons-X.

Par ailleurs les méthodes statistiques, d'une façon générale, restent très sensibles par rapport à la précision de la phase d'initialisation.
Nous pouvons également citer les solutions proposée par M. Benjelloun et Saïd Mahmoudi [22][23][24] pour l'extraction des contours des vertèbres dans les images à rayons-X, en utilisant différents types de méthodes comme la signature polaire, la comparaison de modèles « Template matching », et les contours actifs.

Une étude étendue proposée par Szu-Hao Huang pour la classification des vertèbres a été présenté dans [45], afin de surmonter le problème de la sélection ou le marquage manuelle.

Cette étude représente une méthode d'apprentissage statistique pour la détection et la segmentation automatique des vertèbres dans les images à résonance magnétique(IRM).

Le system est composée de trois étapes principales :

1- Etape de détection basée sur l'algorithme AdaBoost (Adaptif Boosting)[40].
2- Etape de raffinement avec l'algorithme Ransac (RandomSAmple Consensus) [25].
3- Etape de segmentation à base de minimisation d'énergie et de l'algorithme coupe de graphes « Graph cut ».

Les contributions majeurs de cette méthode consiste à utiliser les apprenants bayésiens faibles pour préserver la distribution des données d'apprentissage, l'estimation d'entropie par l'arbre de décision ID3, et enfin le développement du pouvoir de représentation des caractéristiques par une architecture de couplement de caractéristiques.

Le gradient et l'intensité représente le couple de caractéristiques choisie, qui sont soumis à une procédure d'extraction de coefficients par la transformée en ondelettes de Harr.

Dans ce travail, nous proposons une méthode statistique à base des machines à vecteurs de supports (SVM) pour la détection des régions vertèbres dans les images à rayons-X.

Notre contribution consiste à la combinaison d'une telle méthode avec un moyen très puissant de la description d'image qui est la transformé en ondelettes de Haar puis un autre essai avec une description globale de forme en utilisant les moments géométriques HU.

Les résultats sont présentés afin d'évaluer la performance de détection de classifier SVM.

Le chapitre suivant va détailler les démarches suivis afin de sélectionner le modèle optimal de notre méthode de classification.

MCours.com