



Résumé :

La représentation des signaux est un sujet important en vision par ordinateur et en reconnaissance de formes. Elle joue un rôle fondamental dans une gamme d'applications visant à comprendre les contenus auditifs et visuels. La représentation des signaux basée sur les transformées orthogonales discrètes moments s'est avérée efficace pour satisfaire les conditions de base de la description sémantique en raison de ses propriétés mathématiques bénéfiques, en particulier la discriminabilité et la robustesse. L'objectif de cette thèse est de proposer des approches pour la représentation, la caractérisation et l'analyse de signaux et images multi-composantes et volumineuses en utilisant les transformées orthogonales discrètes des moments.

La première approche portera sur la représentation compacte et holistique des signaux/images multi-composants. Dans ce cadre, nous avons proposé pour la première fois une nouvelle famille de transformées orthogonales discrètes, appelées les transformées octonaires, basées sur la théorie des octonions et la théorie des moments, afin de représenter et de décrire de manière compacte et holistique les informations de multi-signaux. Ces transformées, généralisent les moments standards et les moments quaternaires, ont été utilisées pour représenter des multi-signaux tels que des images stéréoscopiques couleurs et des multi-images en niveaux de gris.

La deuxième approche portera sur le développement d'une nouvelle série de moments orthogonaux discrets appelés les moments orthogonaux discrets d'ordre fractionnaire. Ces nouveaux moments possèdent des paramètres supplémentaires appelés ordres fractionnaires où différentes valeurs de ces ordres fractionnaires donnent différents coefficients dans le domaine de la transformée, ce qui permet d'optimiser la précision, la robustesse/invariance, et la confidentialité dans les applications où ces transformées sont utilisées.

La troisième approche portera sur l'élaboration d'une nouvelle méthode de tatouage signal/image et d'assurer ses exigences en utilisant les transformées proposées d'ordre fractionnaire au lieu des transformées orthogonales classiques d'ordre entier. Nous ajustons les ordres fractionnaires dans le domaine de la transformée, puis nous sélectionnons les ordres fractionnaires optimaux et les coefficients moments correspondants sont utilisés comme coefficients hôtes pour intégrer le watermark.

La quatrième approche portera sur l'extraction des invariants de transformées orthogonales discrètes. Dans ce cadre, nous avons proposé une nouvelle approche pour le calcul rapide et précis des invariants des moments de Charlier 3D par translation et changement d'échelle uniforme et non uniforme directement à partir des polynômes de Charlier. Cette méthode directe réduit considérablement le temps de calcul des invariants et élimine le besoin d'approximation numérique des invariants des moments géométriques (méthode conventionnelle). Les performances de ces descripteurs sont testées à la classification de forme 3D et comparées avec d'autres méthodes existantes dans la littérature.

La cinquième approche portera sur la parallélisation des algorithmes coûteux en temps basés sur les transformées moments et leurs implémentations sur un cluster de systèmes embarqués. Nous avons parallélisé les étapes intensives et répétitives de ces algorithmes en vue de les implémenter simultanément sur les cœurs physiques disponibles d'un cluster de systèmes embarqués. Afin de construire un cluster à faible coût et à faible consommation d'énergie avec une grande quantité de cœurs physiques, nous avons combiné plusieurs Raspberry Pi et la communication entre eux est assurée par la bibliothèque MPI. Le cluster Raspberry Pi adopté est également caractérisé par sa portabilité et sa mobilité, qui sont souhaitées dans les applications des villes intelligentes.

Mots clés :

Représentation des signaux, Transformées orthogonales discrètes, Moments orthogonaux discrets d'ordre fractionnaire, Moments octonaires, Tatouage numérique, Classification des formes, Cluster de systèmes embarqués, Raspberry Pi, Calcul parallèle



CONTRIBUTIONS TO DIGITAL SIGNAL ANALYSIS AND ITS APPLICATIONS USING DISCRETE ORTHOGONAL TRANSFORMS: IMPLEMENTATION ON EMBEDDED SYSTEMS

Abstract :

Signal representation is an important topic in computer vision and pattern recognition. It plays a fundamental role in a range of applications towards understanding auditory and visual contents. Signal representation based on discrete orthogonal moment transforms has been reported to be effective in satisfying the core conditions of semantic description due to its beneficial mathematical properties, especially discriminability and robustness. The objective of this thesis is to propose approaches for the representation, characterization and analysis of signals and images multi-component using the discrete orthogonal moment transforms.

The first approach will focus on the compact and holistic representation of multi-component signals/images. In this context, we propose for the first time a new family of discrete orthogonal transforms, called octonion transforms, based on octonion theory and moment theory, to represent and describe multi-signal information in a compact and holistic way. These transforms generalize standard moments and quaternion moments and have been used to represent multi-signals such as color stereoscopic images and grayscale multi-images.

The second approach will focus on the development of a new set of discrete orthogonal moments called fractional discrete orthogonal moments. These new moments have additional parameters called fractional orders where different values of these fractional orders give different coefficients in the transform domain, which allows to optimize accuracy, robustness/invariance, and privacy in applications where these transforms are used.

The third approach will focus on developing a new signal/image watermarking method and ensuring its requirements by using the proposed fractional order transforms instead of the conventional integer order orthogonal transforms. We adjust the fractional orders in the transform domain, then select the optimal fractional orders and the corresponding moment coefficients are used as host coefficients to integrate the watermark.

The fourth approach will focus on extracting the invariants of discrete orthogonal transforms. In this framework, we have proposed a new approach for the fast and accurate computation of the 3D Charlier moment invariants by translation and uniform/non-uniform scaling directly from Charlier polynomials. This direct method significantly reduces the computation time of the invariants and eliminates the need for numerical approximation of the geometric moment invariants (conventional method). The performance of these descriptors is tested on 3D pattern classification and compared with other existing methods in the literature.

The fifth approach will focus on the parallelization of time-consuming algorithms based on moment transforms and their implementations on an embedded system cluster. We parallelized the intensive and repetitive steps of these algorithms in order to implement them simultaneously on the available physical cores of an embedded system cluster. In order to build a low-cost, low-power cluster with a large quantity of physical cores, we combined several Raspberry Pis and the communication between them is ensured by the MPI library. The adopted Raspberry Pi cluster is also characterized by its portability and mobility, which are desired in smart city applications.

Key Words :

Signal representation, Discrete orthogonal transforms, Discrete orthogonal moments of fractional order, Octonion moments, Digital watermarking, Pattern classification, Embedded Systems Cluster, Raspberry Pi, Parallel Computing.