الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة العليا للإعلام الآلي • 08 ماي 1945 • بسيدي بلعباس
École Supérieure en Informatique
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbès

THESIS

To obtain the diploma of **Master**
Field: **Computer Science**
Specialty: **Intelligence Artificielle et Sciences de Données (IASD)**

Theme

AI driven system for low latency pattern matching in disturbed electrocardiograms

---

Presented by:
Achraf Nedjmeddine DERRAR

Submission Date: **September, 2024**
In front of the jury composed of:

Mr. CHAIB Souleyman	President
Ms. DIF Nassima	Supervisor
Ms. MEHRI Maroua	Co-Supervisor
Ms. MEZRAR Samiha	Examiner

Academic Year : 2023/2024

Abstract

Pattern matching plays a crucial role in the analysis of electrocardiogram (ECG) signals, as it enables the identification of irregular heart rhythms and the diagnosis of various cardiovascular conditions. Given the critical importance of accurate ECG interpretation in clinical settings, the demand for reliable and efficient pattern recognition methods is ever-increasing. However, as the volume and complexity of ECG data grow, traditional methods of pattern recognition are increasingly challenged in terms of both accuracy and efficiency. These limitations have prompted the exploration of AI-driven approaches, which offer the potential to significantly enhance the precision, speed, and scalability of ECG pattern matching.

This thesis presents a comprehensive literature review of the current state of research on the application of artificial intelligence in ECG pattern matching. The review is structured into two main parts, each addressing different aspects of the topic. The first part focuses on the fundamental concepts of ECG signals, exploring their characteristics and interpretation as time series data. This section provides a thorough overview of the underlying principles of ECG analysis, including the various features that are critical for accurate diagnosis. It also delves into the challenges associated with manual interpretation, highlighting the need for automated, AI-driven solutions.

The second part of the thesis examines the evolution of AI techniques, with a particular emphasis on machine learning and deep learning methodologies that have been developed to tackle the complexities of ECG signal processing. This section provides an in-depth analysis of the various methodologies employed for feature extraction, classification, and model evaluation. It critically evaluates the strengths and limitations of each approach, offering insights into their effectiveness in real-world applications. Special attention is given to recent advancements in deep learning, which have shown great promise in improving the accuracy and efficiency of ECG pattern matching.

Keywords: Cardiovascular monitoring, Pattern matching, Classification, 12-lead ECG, 3D VCG, deep learning, GRU

الملخص

تلعب مطابقة الأنماط دورًا حاسمًا في تحليل إشارات تخطيط القلب الكهربائي (ECG)، حيث تُمكّن من تحديد اضطرابات النظم القلبي وتشخيص مختلف الحالات القلبية الوعائية. نظرًا للأهمية الكبيرة لدقة تفسير تخطيط القلب في البيئات السريرية، فإن الحاجة إلى طرق موثوقة وفعالة للتعرف على الأنماط في تزايد مستمر. ومع ذلك، مع زيادة حجم وتعقيد بيانات تخطيط القلب، تواجه الطرق التقليدية لمطابقة الأنماط تحديات متزايدة من حيث الدقة والكفاءة. وقد دفعت هذه القيود إلى استكشاف الأساليب القائمة على الذكاء الاصطناعي، والتي تقدم إمكانات كبيرة لتعزيز دقة وسرعة وقابلية توسع مطابقة الأنماط في تخطيط القلب.

تقدم هذه الأطروحة مراجعة شاملة للأدبيات حول الحالة الراهنة للأبحاث المتعلقة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في مطابقة أنماط تخطيط القلب. يتم تنظيم المراجعة في قسمين رئيسيين، يتناول كل منهما جوانب مختلفة من الموضوع. يركز الجزء الأول على المفاهيم الأساسية لإشارات تخطيط القلب، مستعرضًا خصائصها وتفسيرها كبيانات زمنية. توفر هذه الفقرة نظرة شاملة على المبادئ الأساسية لتحليل تخطيط القلب، بما في ذلك الميزات المختلفة التي تعتبر أساسية للتشخيص الدقيق. كما تستعرض التحديات المرتبطة بالتفسير اليدوي، مما يبرز الحاجة إلى حلول آلية تعتمد على الذكاء الاصطناعي.

يتناول الجزء الثاني من الأطروحة تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، مع التركيز بشكل خاص على منهجيات التعلم الآلي والتعلم العميق التي تم تطويرها لمواجهة تعقيدات معالجة إشارات تخطيط القلب. تقدم هذه الفقرة تحليلًا معمقًا لمختلف المنهجيات المستخدمة لاستخراج الميزات والتصنيف وتقييم النماذج. كما تقوم بتقييم نقدي لنقاط القوة والضعف لكل نهج، مقدمةً رؤى حول فعاليتها في التطبيقات الواقعية. ويتم إيلاء اهتمام خاص للتطورات الأخيرة في مجال التعلم العميق، التي أظهرت إمكانات كبيرة لتحسين دقة وكفاءة مطابقة أنماط تخطيط القلب.

الكلمات المفتاحية: مراقبة القلب والأوعية الدموية، مطابقة الأنماط، التصنيف، تخطيط القلب الكهربائي 12-رؤية، VCG ثلاثي الأبعاد ، التعلم العميق

Resumé (abstract)

La correspondance des motifs joue un rôle crucial dans l'analyse des signaux électrocardiographiques (ECG), car elle permet l'identification des rythmes cardiaques irréguliers et le diagnostic de diverses conditions cardiovasculaires. Compte tenu de l'importance cruciale d'une interprétation précise des ECG en milieu clinique, la demande de méthodes fiables et efficaces de reconnaissance de motifs est en constante augmentation. Cependant, à mesure que le volume et la complexité des données ECG augmentent, les méthodes traditionnelles de reconnaissance de motifs sont de plus en plus mises à l'épreuve en termes de précision et d'efficacité. Ces limitations ont incité à explorer des approches basées sur l'intelligence artificielle (IA), qui offrent le potentiel d'améliorer de manière significative la précision, la rapidité et l'évolutivité de la correspondance des motifs ECG.

Cette thèse présente une revue de littérature complète de l'état actuel des recherches sur l'application de l'intelligence artificielle à la correspondance des motifs ECG. La revue est structurée en deux parties principales, chacune abordant différents aspects du sujet. La première partie se concentre sur les concepts fondamentaux des signaux ECG, explorant leurs caractéristiques et leur interprétation en tant que données temporelles. Cette section fournit un aperçu complet des principes fondamentaux de l'analyse des ECG, y compris les diverses caractéristiques essentielles pour un diagnostic précis. Elle aborde également les défis associés à l'interprétation manuelle, mettant en évidence le besoin de solutions automatisées basées sur l'IA.

La deuxième partie de la thèse examine l'évolution des techniques d'IA, avec un accent particulier sur les méthodologies d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond qui ont été développées pour faire face aux complexités du traitement des signaux ECG. Cette section fournit une analyse approfondie des diverses méthodologies utilisées pour l'extraction de caractéristiques, la classification et l'évaluation des modèles. Elle évalue de manière critique les forces et les limitations de chaque approche, offrant des perspectives sur leur efficacité dans les applications réelles. Une attention particulière est accordée aux avancées récentes en apprentissage profond, qui ont montré un grand potentiel pour améliorer la précision et l'efficacité de la correspondance des motifs ECG.

Mots-clés : Surveillance cardiovasculaire, Correspondance des motifs, Classification, ECG 12 dérivations, VCG 3D, apprentissage profond, GRU