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 ٠ 08 ماي 1945 ٠ بسيدي بلعباس
École Supérieure en Informatique
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbès

THESIS

To obtain the diploma of **Engineer**
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 focuses on the development and implementation of a deep learning based approach for Pattern matching. It 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 this thesis delves into the proposed approach, which encompasses the practical aspects of preprocessing raw ECG signals, extracting relevant features, and classifying ECG signals. This section discusses the methodologies employed, ensuring that the most significant features are accurately identified and utilized for effective classification. The implementation of these processes is thoroughly explored, highlighting the challenges encountered and the solutions devised to optimize the performance of the ECG signal classification system.

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 تمكن من تحديد اضطرابات النظم القلبي وتشخيص مختلف الحالات القلبية الوعائية. نظرًا للأهمية الكبيرة للدقة في تفسير تخطيط القلب في البيئات السريرية، فإن الطلب على أساليب موثوقة وفعالة للتعرف على الأنماط في تزايد مستمر. ومع ذلك، مع زيادة حجم وتعقيد بيانات تخطيط القلب، تواجه الأساليب التقليدية للتعرف على الأنماط تحديات متزايدة من حيث الدقة والكفاءة. وقد دفعت هذه القيود إلى استكشاف الأساليب القائمة على الذكاء الاصطناعي، والتي تقدم إمكانيات كبيرة لتعزيز الدقة والسرعة وقابلية التوسع في مطابقة أنماط تخطيط القلب.

تركز هذه الأطروحة على تطوير وتنفيذ نهج يعتمد على التعلم العميق لمطابقة الأنماط. وهي مُنظَّمة في جزأين رئيسيين، يتناول كل منهما جوانب مختلفة من الموضوع. يركز الجزء الأول على المفاهيم الأساسية لإشارات تخطيط القلب، حيث يستعرض خصائصها وتفسيرها كبيانات زمنية. تقدم هذه القسم نظرة شاملة على المبادئ الأساسية لتحليل تخطيط القلب، بما في ذلك السمات المختلفة التي تعتبر حاسمة للتشخيص الدقيق. كما يتعمق في التحديات المرتبطة بالتفسير اليدوي، مسلطًا الضوء على الحاجة إلى حلول آلية تعتمد على الذكاء الاصطناعي.

الجزء الثاني من هذه الأطروحة يتعمق في النهج المقترح، الذي يشمل الجوانب العملية لمعالجة الإشارات الخام لتخطيط القلب، واستخراج الميزات ذات الصلة، وتصنيف الإشارات. يناقش هذا القسم المنهجيات المستخدمة، مع التأكيد على تحديد الميزات الأكثر أهمية واستخدامها بدقة للتصنيف الفعال. تم استكشاف تنفيذ هذه العمليات بشكل شامل، مع تسليط الضوء على التحديات التي تمت مواجهتها والحلول التي تم تطويرها لتحسين أداء نظام تصنيف إشارات 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 de 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 affections cardiovasculaires. Étant donné l'importance cruciale de l'interprétation précise des ECG dans les milieux cliniques, 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 l'exploration des approches basées sur l'intelligence artificielle, qui offrent la possibilité d'améliorer de manière significative la précision, la rapidité et l'évolutivité de la correspondance de motifs ECG.

Cette thèse se concentre sur le développement et la mise en œuvre d'une approche basée sur l'apprentissage profond pour la correspondance de motifs. Elle 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 approfondi des principes sous-jacents de l'analyse des ECG, y compris les différentes caractéristiques essentielles pour un diagnostic précis. Elle examine également les défis associés à l'interprétation manuelle, soulignant la nécessité de solutions automatisées basées sur l'intelligence artificielle.

La deuxième partie de cette thèse se penche sur l'approche proposée, qui englobe les aspects pratiques du prétraitement des signaux ECG bruts, de l'extraction des caractéristiques pertinentes et de la classification des signaux ECG. Cette section aborde les méthodologies employées, en veillant à ce que les caractéristiques les plus significatives soient identifiées et utilisées avec précision pour une classification efficace. La mise en œuvre de ces processus est explorée en profondeur, mettant en lumière les défis rencontrés et les solutions élaborées pour optimiser les performances du système de classification des signaux ECG.

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