République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Ecole Nationale Polytechnique
Département de Génie Industriel

TELECOM SudParis
IP PARIS

End of study project
For obtaining the State Engineer's degree in Data Science and Artificial Intelligence
Data Science and Artificial Intelligence Option

Theme

PULSE : Leveraging Spatiotemporal Dynamics and Human Preferences for Traffic Prediction via Graph Representation Learning

Presented and publicly defended on 06/26/2024 by :
CHOUIREF, Zinab-Kawtar

President of the Jury	Dr. Hakim FOURAR LAIDI	MCA, ENP
Supervisor	Dr. Iskander ZOUAGHI	MCA, ENP
Supervisor	Prof. Amel BOUZEGHOUB	TSP - IP Paris
Examiner	Dr. Samia BELDJOUDI	MCA, ENP

ENP 2024

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Ecole Nationale Polytechnique
Département de Génie Industriel

TELECOM SudParis
IP PARIS

End of study project
For obtaining the State Engineer's degree in Data Science and Artificial Intelligence
Data Science and Artificial Intelligence Option

Theme

PULSE : Leveraging Spatiotemporal Dynamics and Human Preferences for Traffic Prediction via Graph Representation Learning

Presented and publicly defended on 06/26/2024 by :
CHOUIREF, Zinab-Kawtar

President of the Jury	Dr. Hakim FOURAR LAIDI	MCA, ENP
Supervisor	Dr. Iskander ZOUAGHI	MCA, ENP
Supervisor	Prof. Amel BOUZEGHOUB	TSP - IP Paris
Examiner	Dr. Samia BELDJOUDI	MCA, ENP

ENP 2024

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Ecole Nationale Polytechnique
Département de Génie Industriel

TELECOM SudParis
IP PARIS

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Data Science et Intelligence Artificielle
Option : Data Science and Artificial Intelligence

Thème

PULSE : Exploitation des Dynamiques Spatiotemporelles et des Préférences Humaines pour la Prédiction du Trafic via l'Apprentissage de Représentation Graphique

Présenté et soutenu publiquement le 26/06/2024 par :
CHOUIREF, Zinab-Kawtar

President of the Jury	Dr. Hakim FOURAR LAIDI	MCA, ENP
Supervisor	Dr. Iskander ZOUAGHI	MCA, ENP
Supervisor	Prof. Amel BOUZEGHOUB	TSP - IP Paris
Examiner	Dr. Samia BELDJOUDI	MCA, ENP

ENP 2024

Abstract

ملخص

ازدهار الأجهزة المحمولة الذكية والشبكات الاجتماعية سهل مشاركة الموقع، مما أتاح تحليل بيانات تسجيل الوصول للتنبؤ بحركات البشر وتحسين توصيات نقاط الاهتمام POI. هذه القدرة التنبؤية ضرورية لمجموعة متنوعة من خدمات الموقع الذكية، بما في ذلك التنبؤ بتدفقات الحشود والتوصيات التجارية. ومع ذلك، فإن التفاعلات المتقطعة بين المستخدمين ونقاط الاهتمام بسبب المخاوف المتعلقة بالخصوصية تطرح تحديات للتنبؤ الدقيق.

لمواجهة هذه التحديات، نقترح إطار عمل للتنبؤ بالموقع يدمج التبعيات الزمنية-المكانية والتأثيرات التسلسلية. بينما تُظهر الأساليب التقليدية مثل تفكيك المصفوفات وسلاسل ماركوف حدوداً في التقاط الأنماط السلوكية المعقدة، توفر التطورات الحديثة في التعلم العميق، بما في ذلك الشبكات العصبية التكرارية RNN وشبكات الالتفاف الرسومية GCN والرسوم البيانية للمعرفة، مسارات واعدة لتحسين دقة التنبؤ.

نموذجنا المقترح، PULSE (التنبؤ بموقع المستخدم والتجربة الزمانية-المكانية)، يستغل الشبكات العصبية الرسومية لالتقاط كل من أنماط الحياة طويلة الأجل والتفضيلات السلوكية قصيرة الأجل من مسارات المستخدمين. من خلال النظر بشكل منفصل في التبعيات المكانية والزمانية ودمجها بفعالية، يُظهر PULSE أداءً متفوقًا مقارنةً بالنهج الحالية، كما تؤكد ذلك تجارب معمقة على مجموعات بيانات حقيقية.

باختصار، يمثل PULSE نهجًا مبتكرًا للتنبؤ بالموقع يستغل قوة التعلم العميق والشبكات العصبية الرسومية، مما يوفر حلاً شاملاً للتعامل مع تعقيدات توقع حركة البشر وسجل التفضيلات.

الكلمات المفتاحية : الموقع، تسجيل الدخول (POI) ، PULSE ، حركة الأفراد، توصيات (POI) ، تدفقات الحشود ، الاعتمادات الزمانية-المكانية، التأثيرات التسلسلية، تحليل المصفوفات ، التعلم العميق، (RNN) ، (GCN) ، الرسوم البيانية للمعرفة، الأنماط طويلة الأجل، التفضيلات قصيرة الأجل، مسارات المستخدمين، الأداء، التنبؤ بالحركة، سجل التفضيلات.

Résumé

L'essor des appareils mobiles intelligents et des réseaux sociaux a simplifié le partage de localisation, permettant l'analyse des données de check-in pour prédire les mouvements humains et améliorer les recommandations de points d'intérêt (POI). Cette capacité prédictive est cruciale pour divers services de localisation intelligents, notamment la prédiction des flux de foule et les recommandations commerciales. Cependant, les interactions utilisateur-POI sporadiques en raison des préoccupations liées à la vie privée posent des défis pour une prédiction précise.

Pour relever ces défis, nous proposons un cadre de prédiction de localisation qui intègre les dépendances temporelles-spatiales et les influences séquentielles. Alors que les méthodes traditionnelles telles que la factorisation de matrices et les chaînes de Markov présentent des limites dans la capture de schémas comportementaux complexes, les avancées récentes en matière d'apprentissage profond, notamment les réseaux neuronaux récurrents (RNN) et les réseaux de convolution graphique (GCN) et les graphs de connaissance, offrent des pistes prometteuses pour une meilleure précision de prédiction.

Notre modèle proposé, **PULSE** (Prédiction de l'Emplacement Utilisateur et Expérience Spatiotemporelle), exploite les réseaux neuronaux graphiques pour capturer à la fois les modèles de vie à long terme et les préférences comportementales à court terme à partir des trajectoires des utilisateurs. En considérant séparément les dépendances spatiales et temporelles et en les fusionnant efficacement, **PULSE** démontre des performances supérieures par rapport aux approches existantes, comme le confirment des expériences approfondies sur des ensembles de données réels.

En résumé, **PULSE** représente une approche novatrice de la prédiction de localisation qui exploite la puissance de l'apprentissage profond et des réseaux neuronaux graphiques, offrant ainsi une solution complète pour aborder les complexités de la prévision de la mobilité humaine et l'historique de préférences.

Mots-clés : localisation, check-in (POI), PULSE, mouvements humains, recommandations POI, flux de foule, dépendances spatio-temporelles, influences séquentielles, factorisation de matrices, apprentissage profond, RNN, GCN, graphes de connaissance, modèles long terme, préférences court terme, trajectoires utilisateurs, performances, prévision mobilité, historique préférences.

Abstract

The proliferation of smart mobile devices and social networks has streamlined location sharing, enabling the analysis of check-in data for predicting human movement and enhancing Point of Interest (POI) recommendations. This predictive capability is pivotal for various intelligent location-based services, including crowd flow prediction and business recommendations. However, sparse user-POI interactions due to privacy concerns pose challenges to accurate prediction.

To tackle these challenges, we propose a location prediction framework that integrates temporal-spatial dependencies and sequential influences. While traditional methods like Matrix Factorization and Markov Chains have limitations in capturing complex behavioral patterns, recent advancements in deep learning, particularly Recurrent Neural Networks (RNNs) and Graph Convolutional Networks (GCNs) and knowledge graphs, offer promising avenues for improved prediction accuracy.

Our proposed model, **PULSE** (Predictive User Location and Spatiotemporal Experience), leverages graph neural networks to capture both long-term life patterns and short-term behavioral preferences from user trajectories. By considering spatial and temporal dependencies separately and fusing them effectively, **PULSE** demonstrates superior performance compared to existing approaches, as validated through extensive experiments on real-world datasets.

In summary, **PULSE** represents a novel approach to location prediction that harnesses the power of deep learning and Knowledge networks / Graphs, offering a comprehensive solution to address the complexities of human mobility forecasting and preferences history.

Keywords : localization, check-in (POI), PULSE, human movements, POI recommendations, crowd flows, spatio-temporal dependencies, sequential influences, matrix factorization, deep learning, RNN, GCN, knowledge graphs, long-term models, short-term preferences, user trajectories, performance, mobility prediction, preference history.

confidentiel