Titre : Visualisation des Données Spatiales et Temporelles du Trafic Routier

Résumé de la thèse

Ce manuscript porte sur la conception de nouvelles méthodes d’analyse visuelle de données de trafic routier. En effet, les avancées technologiques récentes permettent une analyse du traffic avec une granularité spatiale et temporelle plus fine et variées, au moyen de capteurs ou de boitiers GPS. La visualisation premet de mieux explorer ces données, à plusieurs échelles, aussi bien locales que gloables, au niveau d’une rue jusqu’à une agglomération. Ainsi experts et opérateurs de postes de contrôle routier peuvent explorer de manière non-technique ces grands volumes données, identifier des motfis intéressants et prendre une décision informées par les données.

La première partie de la thèse aborde le problème de l'analyse univariée (ex. densité de trafic, flux de voiture) en proposant une méthode interactive de catégorisation nommée FuzzyCut. Cette méthode est basée sur la théorie de la logique floue en proposant une version interactive de la fonction d'appartenance à une catégorie. Nous introduisons les interactions et le design de cette technique, ainsi que sa mise en œuvre sur différents types de données quantitatives (par exemple, les densités de trafic et les vitesses de taxi). Cette technique a aussi fait l’objet d’une évaluation utilisateur et son code et les données de l’évaluation sont disponibles en ligne.

La seconde partie porte sur l’analyse de la composante spatiale du trafic routier qui est inhérante à ce type de données. Nous proposons l’adaptation d’une technique existante de visualisation de segments de trajectoire sous formes d’oigines et destination. Cette méthode permet de visualiser à la fois des relations globales et locales des données, en utilisant l'imbrication spatiale, où un premier niveau de la carte encode l'origine (point de départ des objets), et un second niveau imbriqué code la destination (points d'arrivée des objets) dans des cellules imbriquées sur la carte. Nous généralisons cette technique au-delà des relations d'origine et de destination (jeux de données à 2 attributs) pour explorer ensembles de données multidimensionnels (ensembles de données à N attributs). Nous présentons un cadre d'abstraction, Gridify, ainsi qu’un outil open-source interactif implémentant plusieurs niveaux de cartes imbriquées pour explorer le relations d'entités géocodées (lieu ou objet) avec des attributs multidimensionnels.

La troisième partie se concentre sur le problème d'analyse temporelle qui sont aussi une compostante importante des flux de trafic. Nous proposons GroupSet, une technique pour explorer les changements temporels en utilisant une approche basée sur les ensembles. Une telle exploration révèle les les similitudes de comportement temporel des données, tels que les augmentations ou les diminutions du flux de trafic valeurs au cours d'une journée. Cette technique a plusieurs applications, au dela du trafic routier, pour l’analyse des séries temporelles. Nous faisons rapport de retour d'utilisabilité d'un prototype interactif mettant en œuvre la technique sous forme de prototype interactif.

La dernière section discutte les trois techniques introduites dans le manuscript (FuzzyCut, Gridify et GroupSet). Dans un premier temps comment les déployer dans les centres de contrôle du trafic routier, au sein d’un prototype unifié. Dans un second temps leur application au-delà des données de trafic routier, comme outils génériques d’analyses de données univariées, de données géo-codées et de séries temporelles. Les travaux de thèse sont disponibles en ligne, et nous espérons que les codes open source pourront être utilisés dans la recherche communautaire, contribuant à la fois au trafic routier et à d'autres domaines.

Mots-clés: Visualisation de données, Trafic routier.

Title: Visualization of Spatial and Temporal Road Traffic Data

Abstract

This manuscript deals with the design of new methods for the visual analysis of road traffic data. Indeed, recent technological advances allow traffic analysis with a finer and more varied spatial and temporal granularity, using sensors or GPS equipment. Visualization makes it possible to better explore this data, at several scales, both local and global, from the level of a street to an agglomeration. Thus experts and operators of road checkpoints can explore these large volumes of data in a non-technical way, identify interesting patterns and make a decision informed by the data.

The first part of the manuscript addresses the problem of univariate analysis (e.g., traffic density and traffic flow) by proposing an interactive categorization method named FuzzyCut. This method is based on fuzzy logic theory by proposing an interactive version of the category membership function. We introduce the interactions and the design of this technique, as well as its implementation on different types of quantitative data (e.g., traffic densities and taxi speeds). This technique has also undergone a user evaluation and its code and evaluation data are available online.

The second part focuses on the analysis of the spatial component of road traffic which is inherent in this data type. We propose the adaptation of an an existing technique called Origin-Destinations maps preserves both explicit relationships (spatial trajectories) and implicit relationships (abstract attributes of those trajectories) of datasets, using spatial nesting, where a first level of the map encodes the origin (starting point of objects), and a second nested level encodes the destination (ending points of objects) in cells nested on the map. We generalize this technique beyond origins and destinations relationships (2-attribute datasets) to explore multi-dimensional datasets (N-attribute datasets). We present an abstraction framework, Gridify, an interactive open-source tool implementing several levels of nested maps to explore the relations of geo-coded entities (location or object) with multidimensional attributes.

The third part focuses on the problem of temporal analysis which is also an important component of traffic flows. We propose GroupSet, a technique to explore temporal changes using a set based approach. Such exploration reveals elements’ patterns and similarities, such as increases or decreases in traffic flow values during a day. We demonstrate the technique’s applicability to traffic flow and report on usability feedback of an interactive prototype implementing the technique.

The last part discusses the three techniques introduced in the manuscript (FuzzyCut, Gridify and GroupSet). First, how to deploy them in road traffic control centers, within a unified prototype. Secondly, their application beyond road traffic data, as generic tools for the analysis of univariate, spatial and time-varying data. The works are available online, and we hope that the open source codes can be used in community research, contributing to both road traffic and other areas.

Keywords: Data visualization, Road traffic.