

Calibration en ligne d'un réseau de capteurs mobiles par factorisation matricielle

F. Yahya¹, C. Dorffer², M. Puigt¹, G. Delmaire¹, G. Roussel¹

¹ LISIC, Université du Littoral Côte D'Opale, Calais, France

² Lab-STICC, ENSTA Bretagne, Brest, France

La surveillance de la qualité de l'air d'un milieu urbain est généralement réalisée via des mesures automatisées, qui nécessitent la maintenance d'un réseau de capteurs utilisés dans des conditions contraignantes et onéreuses. Ceci limite un déploiement de masse de la mesure fixe, et par conséquent réduit les possibilités d'une cartographie fine sans une modélisation très robuste, et à ce jour encore non atteinte. En effet, à l'échelle urbaine, la modélisation reste relativement imprécise. C'est donc par une intensification de la mesure (en utilisant une foule de capteurs à coût plus modéré) que plusieurs projets ont vu le jour avec comme objectif la réalisation d'une cartographie plus proche de la réalité terrain. Pour favoriser le déploiement bas coût et l'engagement citoyen dans une collecte participative des mesures de la qualité de l'air, une approche prometteuse consiste à faire l'usage de microcapteurs, et parfois même de proposer une version libre et bas coût de ces capteurs, réalisable par auto-construction à la portée de tous.

Dès 2014, le projet OSCAR [1] (Observation et Sensibilisation de la Qualité de l'air en Région) a cherché à mettre en place une observation répartie de la qualité de l'air sur une zone d'intérêt, en l'occurrence Dunkerque, à travers

une approche par mesure participative (le vocable crowd-sensing passe dans le langage courant) via une série de capteurs mobiles connectés à un smartphone. En incitant la population à mesurer la qualité de l'air dans son environnement et en utilisant la géolocalisation fournie par les données GPS, nous obtenons rapidement une base de données de grande dimension, permettant la cartographie des données mesurées avec une finesse inconnue aujourd'hui. Un des aspects importants du problème de la mesure citoyenne est aussi le respect de l'anonymat des porteurs, ce qui a été le principe mis en place dans la plate-forme de crowdsensing API-SENSE® [2]. Cependant, la masse d'informations à traiter doit faire face (i) à l'hétérogénéité de la qualité des données recueillies due à la disparité des composants de caractéristiques différentes, (ii) au non-calibrage a priori des capteurs recueillant les données et (iii) à l'échantillonnage irrégulier tant spatialement que temporellement.

Le mobile crowdsensing est donc un moyen efficace d'acquérir des données datées et géo-localisée [3], en utilisant une foule de capteurs mobiles. L'exploitation des données provenant de tels capteurs nécessite le développement de

méthodes spécifiques de traitement de l'information. En particulier, l'étalonnage de capteurs ne peut être effectué rapidement et économiquement en laboratoire et doit donc être réalisé à partir de données mesurées directement, via des approches aveugles. Nous proposons de présenter le problème d'étalonnage aveugle de capteurs de pollutions comme un problème informé de factorisation matricielle à données manquantes [2], où les facteurs contiennent respectivement le modèle d'étalonnage fonction du phénomène physique observé (ce modèle peut-être notamment affine [4], ou non linéaire [5]) et les paramètres d'étalonnage de chaque capteur. Ces approches sont dites informées car (i) les facteurs matriciels sont structurés par la nature du problème [4,5], (ii) le phénomène observé peut-être décomposé sous forme parcimonieuse dans un dictionnaire connu et (iii) nous connaissons la fonction d'étalonnage moyenne des cap-

teurs à étalonner. Dans l'application de surveillance de la qualité de l'air que nous considérons, nous supposons avoir à notre disposition des mesures très précises mais distribuées de manière très parcimonieuse dans l'espace et le temps, que nous couplons aux multiples mesures issues de capteurs de mobile crowdsensing. Les rendez-vous entre les différents capteurs mobiles et capteurs conventionnels associées aux noyaux modèles sous-jacent d'interpolation utilisées dans les approches parcimonieuses sont des approches plus performantes que des méthodes basées sur la complétion de la matrice de données observées ou des techniques multi-sauts faisant appel à des approches robustes de régression [6].

Références :

- [1] OSCAR, projet du Programme Chercheurs Citoyens (PCC) de la région Hauts de France. Label Repère (Réseau d'échange et de Projets pour le Pilotage de Recherche et L'Expertise), colloque du 27 juin 2018, Paris Nord, Matthieu Puigt, Gilles Roussel.
- [2] R. Sommenard, R. Rouvoy, "Towards Privacy-Preserving Data Dissemination in Crowd-Sensing Middleware Platform". In Proc. of UbiMob'16, July 2016, Lorient, France. <https://hal.inria.fr/hal-01332588>
- [3] R. K. Ganti, F. Ye, and H. Lei, "Mobile crowdsensing : current state and future challenges," IEEE Communications Magazine, vol. 49, no. 11, pp. 32–39, Nov. 2011
- [4] C. Dorffer, M. Puigt, G. Delmaire, and G. Roussel, "Blind calibration of mobile sensors using informed nonnegative matrix factorization," in Proc. of LVA/ICA, LNCS 9237, pp. 497-505, 2015.
- [5] C. Dorffer, M. Puigt, G. Delmaire, and G. Roussel, "Nonlinear mobile sensor calibration using informed seminonnegative matrix factorization with a Vandermonde factor," in Proc. of SAM, 2016.
- C. Dorffer, M. Puigt, G. Delmaire, and G. Roussel, "Blind mobile sensor calibration using an informed nonnegative matrix factorization with a relaxed rendezvous model," in Proc. of ICASSP, pp. 2941-2945, 2016.
- [6] O. Saukh, D. Hasenfratz, and L. Thiele, "Reducing multi-hop calibration errors in large-scale mobile sensor networks," Proc. of IPSN, 2015.