

Fiche de stage recherche

Inférence de la qualité de l'air par estimation basée vision de la visibilité atmosphérique

Enjeux sociétaux

La dégradation de la qualité de l'air est un enjeu majeur à l'échelle mondiale. En effet, celle-ci est la cause de nombreux décès prématurés. Elle impacte également la biodiversité notamment par l'acidification des milieux naturels qu'elle provoque. Les pouvoirs publics développent des outils de mitigation, comme les Zones à Faible Émissions, outils qu'il s'agit d'évaluer dans le temps. Dans cette optique, les territoires sont partiellement équipés de stations de mesure de référence de qualité de l'air, principalement dans les territoires métropolitains, mais leur nombre insuffisant ne permet pas de couvrir précisément tous les types de territoire, notamment les espaces ruraux et naturels. La pollution atmosphérique pouvant impacter l'apparence visuelle des paysages par la brume qu'elle provoque [7], la vision permet en théorie d'inférer des éléments relatifs à la qualité de l'air par l'emploi de méthodes d'apprentissage profond et par la même permettre une généralisation de l'accès des données de qualité de l'air sur l'ensemble des territoires [1]. Ces méthodes nécessitent néanmoins des données de référence de qualité de l'air, données qui justement ne sont pas disponibles sur les territoires ciblés, ce qui est un frein à l'utilisation de la vision.

Objet du stage

Dans ce contexte, l'objet du stage est de développer une méthode d'estimation de la qualité de l'air par vision qui puisse éventuellement se passer de référence en termes de qualité de l'air. Pour résoudre le problème, nous faisons les hypothèses que l'estimation de la visibilité atmosphérique permet d'inférer la qualité de l'air et qu'elle peut elle-même se faire sans référence météorologique absolue, mais à l'aide d'une référence géométrique.

État de l'art

- Physique de l'atmosphère / qualité de l'air

Le coefficient d'extinction de l'atmosphère, généralement noté k , caractérise la capacité de celle-ci à absorber et à diffuser la lumière, notamment solaire. Il peut donc être estimé si on connaît précisément la composition de l'atmosphère, l'épaisseur optique de chaque gaz et particule présents, ainsi que leurs quantités respectives. k est étroitement relié à la visibilité météorologique V_{met} qui est la plus distance à laquelle un objet noir de dimensions suffisantes peut être vu sur fond de ciel. La loi de Koschmieder permet notamment de relier les deux quantités par la relation simple suivante : $V_{\text{met}}=3/k$. Grâce à cette équation, k peut donc être mesuré de façon simple et directe à l'aide d'instruments optiques, mais également estimé par vision [6].

De son côté, la qualité de l'air se traduit par un index composite (AQI) des différents gaz et particules présentes dans l'atmosphère, index qui ne semble pas standardisé, mais qui est révisé régulièrement pour prendre en compte les connaissances les plus récentes en matière d'effets sur la santé. Il y a donc un lien entre k et AQI et donc nous formulons l'hypothèse de recherche que l'estimation de la visibilité météorologique peut permettre d'inférer la qualité de l'air, a minima pour les gaz et particules ayant un effet « visible ».

- Vision par ordinateur et atmosphère / qualité de l'air

L'état de l'art en vision par ordinateur par conditions atmosphères dégradées s'est considérablement enrichi depuis une dizaine d'années. De nombreux papiers se sont ainsi attelés à la restauration d'images dégradées par les conditions atmosphériques [5], à la détection d'occurrence du brouillard [6]. Depuis ces travaux des années 2000, de nombreux travaux en apprentissage profond ont permis d'en améliorer les résultats, notamment [4] qui propose une estimation relative de la visibilité atmosphérique (i.e. sans référence météorologique absolue). Plus récemment, différentes équipes ont commencé à se pencher sur l'inférence par DL de la qualité de l'air avec référence [1].

Dans ce contexte, il nous semble très intéressant de travailler sur l'inférence de la qualité de l'air par vision en exploitant les algorithmes d'estimation relative de la visibilité atmosphérique, notamment [4] et les méthodes qui s'inspirent de cette méthode en passe d'être publiées dans de grands journaux de référence de la communauté.

Tâches et axes de recherche

- Discuter l'hypothèse $V_{\text{met}} \propto \text{AQI}$ et potentiellement unifier le problème d'estimation de la visibilité atmosphérique et de l'inférence de la qualité de l'air
- Développer un algorithme d'estimation absolue de la visibilité atmosphérique sans référence météorologique
- Valider la méthode sur des données combinant visibilité atmosphérique (mesurée et estimée) et possiblement de la qualité de l'air
- Discuter l'apport (voire la complémentarité) de la méthode pour suivre la qualité de l'air vs. modèles de simulation de la chimie de l'atmosphère (modèle chimère en France)

Données disponibles

- Données du programme américain IMPROVE <http://vista.cira.colostate.edu/Improve/>
- Données acquises sur le toit du bâtiment Bienvenue (Cité Descartes) combinant images et paramètres météorologiques, dont la visibilité météorologique. Historique de 5 ans (avec quelques trous correspondant à l'arrêt du PC d'acquisition)
- Données issues de stations météorologiques routières Vaisala
- Données issues de caméras autoroutières ASF (projet ANR SOFOG – Météo France)
- Bases de données images et météo du CEREMA

Bibliographie

- [1] Zhang Q., Fu F., Tian R. A deep learning and image-based model for air quality estimation. *Science of the Total Environment* 724 (2020) 138178
- [2] Fateeva, Y., Efremov, A. Data Assimilation in Modern Atmospheric Quality Forecasting Models, 13th International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD'20), 2020
- [3] Malm, W., Cismoski S., Prenni A., Peters M. Use of cameras for monitoring visibility impairment. *Atmospheric Environment*, vol. 175, 167–183, 2018
- [4] You Y., Lu C., Wang W., Tang C. Relative CNN-RNN: Learning Relative Atmospheric Visibility from Images. *IEEE Transactions on Image Processing*, 28(1): 45-55, Jan. 2019
- [5] He K, Sun J., Tang X.. Single Image Haze Removal using Dark Channel Prior. *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2009 (Oral). CVPR Best Paper Award. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, 33(12):2341-2353, Dec. 2011
- [6] Hautière, N., Tarel, J.-P., Lavenant, J., Aubert, D. Automatic fog detection and estimation of visibility distance through use of an onboard camera. *Machine Vision Applications*, 17(1):8-20, April 2006
- [7] Malm, W. *Visibility: The Seeing of Near and Distant Landscape Features*, Elsevier 350 pages, 2016

Positionnement et encadrement

Le stage sera co-encadré par Nicolas Hautière, Jean-Philippe Tarel (COSYS\PICS-L) et Eva Doklaldaova (LIGM, UMR 8049), tous les trois chercheurs en vision, qui collaborent au sein du projet PERCEVAL (Perception Visuelle de la Qualité de l'Air) en cours d'examen par la ComUE Paris-Est Sup. Le stagiaire sera basé au sein du département COSYS dans les locaux du laboratoire PICS-L dont le site principal est sur la Cité Descartes, bâtiment Bienvenue à Champs-sur-Marne. Il collaborera potentiellement avec un étudiant IPEF issu du MS PAPDD recruté pour éclairer le sujet de la qualité de l'air et de la visibilité sous l'angle des politiques et de l'action publiques, ainsi qu'avec une étudiante issue de la faculté de droit de l'UPEC qui prépare un mémoire sur la révision de la directive européenne sur la qualité de l'air. Le stage contribuera également au projet incubatoire IPAVIA retenu par le programme de recherche ITTECOP opéré par le Ministère de la transition écologique avec le soutien de l'ADEME.

Contact

- Nicolas Hautière, Directeur-adjoint et adjoint au directeur, en charge de la R5G, Département COSYS, Université Gustave Eiffel, Marne-la-Vallée.
Mel : nicolas.hautiere@univ-eiffel.fr
Tel : +33 (0)1.81.66.85.19 / +33 (0)6.20.89.62.34