

Prévisions : l'Enjeu d'un Futur Énergétique Durable

Raphaël Laborie, MP1-MPi, 2023-2024

1^{er} février 2023

Motivations pour le choix du sujet

Les énergies renouvelables sont un défi de plus en plus important dans un monde en constante transformation et dont les ressources deviennent limitées. Les smart grids offrent une nouvelle approche sur la gestion de l'énergie et posent plus que jamais la question d'une anticipation fine des consommations électriques.

Ancrage du sujet au thème de l'année

Les villes, principales places du développement des smart grids, voient naître plusieurs de ces nouveaux systèmes de gestion d'énergie. Donnant lieu à un problème d'optimisation, l'anticipation de la consommation électrique des villes constitue le défi majeur dans le fonctionnement de beaucoup de smart grids.

Positionnement thématique

Informatique théorique, Informatique pratique, Mathématiques appliquées

Mots-clefs

Mots-clefs – Prévisions – Graphes de Visibilités – Méthodes Régressives – Moyenne Mobile Auto-Régressive Intégrée – Réseaux Intelligents

Keywords – Forecasting – Visibility Graphs – Regressive Methods – Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) – Smart Grids

Bibliographie commentée (650 mots maximum)

Les Smart Grids, ou Réseaux Intelligents, se sont largement démocratisées ces dernières années. Adoptée par de grands fournisseurs d'énergie comme Enedis ou EDF, cette nouvelle gestion de la répartition énergétique est prometteuse. Produits d'innovations techniques, ces Smart Grids, basées sur l'emploi d'un large spectre énergétique et l'anticipation fine de la consommation, ont pour ambition la réduction drastique des pertes énergétiques et la mise au premier plan des énergies renouvelables. Pour cela, elles utilisent une répartition plus locale de l'énergie au sein d'un réseau de distribution, qui évolue en fonction de la demande réelle.

La prédiction est un domaine qui s'est étendu durant les dernières années et qui a profité aussi bien de l'évolution des techniques que de la recherche dans ce domaine. Si dernièrement les méthodes les plus utilisées sont basées sur l'utilisation de Réseaux de Neurones Artificiels, ou Artificial Neural Network (ANN) en anglais, certains modèles plus anciens (mais qui restent malgré tout parmi les plus utilisés) sont les régressions telles que les régressions polynomiales [1] (Polynomial Regression), les moyennes mobiles (Moving Average), et les régressions exponentielles (Exponential Smoothing), une forme plus avancée de moyenne mobile [2].

En parallèle, se développe la méthode ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average, ou Moyenne Mobile Intégrée Auto Régressive). Après la publication du livre de George Box et Gwylin Jenkins en 1970 [3], elle est largement démocratisée et voit naître avec elle une méthode, aujourd'hui encore relativement répandue. Cette méthode permet de vérifier la précision d'un modèle. Elle est appelée "Box-Jenkins" en hommage à ses créateurs.

En termes de prévisions, la méthode de régression linéaire est un modèle assez simple à mettre en place, mais qui apporte bien souvent des résultats non-fidèles à la réalité. Ainsi, la méthode de régression polynomiale, une généralisation aux polynômes de degrés quelconques, apporte une meilleure précision. Elle est particulièrement efficace pour des prévisions très localisées. En outre, cette méthode peut s'appuyer sur la méthode des moindres carrés [1, 4] décomposant le problème en plusieurs petits problèmes de régression linéaire.

Les applications de ces méthodes sont diverses et variées. Leurs domaines d'application vont de l'anticipation du cours de la monnaie [5] à la prévision du comportement de la production de riz en Indonésie.

L'économie actuelle est sujette à de nombreuses fluctuations, ce qui en fait un sujet propice à l'application de la méthode ARIMA. La recherche d'un modèle adapté [6] à cette application [7] est une étape importante lors de la mise en place de l'algorithme. Très utile pour une application sur les séries temporelles (time series), elle s'appuie principalement sur l'autocorrélation des données et les motifs récurrents.

Les régressions exponentielles, ou Exponential Smoothing, constituent une autre

approche face à ce problème [2]. Beaucoup utilisée pour des applications économiques, elle convient très bien à des prévisions sur le court terme. Contrairement à la méthode ARIMA, cette méthode tient compte des comportements saisonniers et des tendances et convient en particulier pour des données stationnaires.

Il existe, également des méthodes plus récentes, comme les graphes de visibilité [8, 9]. Cette méthode utilise le principe de similarité, en transformant un jeu de données/séries temporelles (time series) en un graphe [10] dont les arêtes représentent les similarités entre les données. Comme pour la méthode ARIMA, cette méthode est basée sur la reconnaissance de motifs. Elle est particulièrement efficace pour des prévisions sur le long terme.

Problématique retenue (50 mots)

Les smart grids sont de plus en plus utilisées pour contrôler la distribution de l'électricité dans les villes et elles nécessitent toutes d'anticiper la consommation en électricité pour adapter la production à la demande. Plusieurs méthodes sont proposées pour anticiper cette consommation d'énergie. On se demandera alors, au moyen d'une étude comparative : avec quelles méthodes et dans quelles conditions est-il possible d'anticiper la consommation électrique des villes ?

Objectifs du TIPE (100 mots maximum)

1. Compréhension du problème et de ses enjeux pour choisir un modèle adapté.
2. Étude de la méthode de régression polynomiale et application à des données simples.
3. Application de la méthode des Graphes de Visibilités : par la construction d'un graphe de visibilité, la définition et l'identification des similarités, puis l'annonce des prévisions sur des données simples.
4. Analyse des résultats obtenus : donner les domaines de fonctionnements optimaux de chaque méthode en fonction des paramètres apportés. Rendre compte alors des méthodes pour déterminer la plus efficace.
5. Confrontation des algorithmes à des données réelles, et études des limites et améliorations possibles de chaque méthode.

Références

- [1] Eva OSTERTAGOVÁ : *Modelling using Polynomial Regression*, volume 48, pages 500–506. Elsevier, 2012. <https://www.sciencedirect.com/science/>

article/pii/S1877705812046085/pdfft?isDTMRedir=true&download=true.

- [2] Gardner DR. EVERETTE : *Exponential Smoothing : The state of the art*, volume 4. Journal of forecasting, 1985. .
- [3] Jenkins GWYLM et Box GEORGE : *Time series analysis ; forecasting and control*. San-Francisco : Holden days, 1970. libre accès au livre par archive internet : <https://archive.org/details/timeseriesanalys0000boxg/page/n1/mode/2up>.
- [4] Elias MASRY : *Multivariate regression estimation Local polynomial fitting for time series*, pages 81–101. Elsevier, 1996. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304414996000956/pdfft?isDTMRedir=true&download=true>.
- [5] Jere STANLEY et Siyanga MUBITA : Forecasting inflation rate of zambia using holt's exponential smoothing. *Journal of Statistics*, 6(2), 2016. https://www.scirp.org/pdf/_2016042714193220.pdf.
- [6] Nochai RANGSAN et Nochai TITIDIA : Arima model for forecasting oil palm price. In *2nd IMT-GT Regional Conference On Mathematics, Statistics and Applications, University Sains Malaysia, Penang*, 2006. https://hughchristensen.com/papers/academic_papers/ST03.pdf.
- [7] Adebisi. AYODELE, A. et Adewumi ADEREMI, O. : Stock price prediction using the arima model. In *UKSim-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation*, 2014. http://eprints.lmu.edu.ng/2357/1/UKSim2014_IIEEE.pdf.
- [8] Liu CHUANG, Zhou WEI-XING et Wei-Kang ZANG : Statistical properties of visibility graph of energy dissipation rates in three-dimensional fully developed turbulence. *Physica A : Statistical Mechanics and its Applications*, 389(13), 2010. <https://arxiv.org/pdf/0905.1831.pdf>.
- [9] Lacasa LUCAS et Nunez ANGEL : Time series irreversibility : a visibility graph approach. *The European Physical Journal B*, 85(217), 2012. <https://arxiv.org/pdf/1108.1691.pdf>.
- [10] Lacasa LUCAS et Bartolo LUQUE : From time series to complex networks :the visibility graph. *PNAS*, 105(13), 2008. <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.0709247105>.