

Programme de cotutelles U. Libanaise – UT INSA : Proposition de sujet

Évaluation de l'efficacité énergétique des bâtiments par réseau de neurone. (E3BARN)

Partenaires académiques	Direction scientifique
Université de Technologie de Troyes, Unité de Recherche LASMIS	Pascal LAFON, Professeurs des universités. pascal.lafon@utt.fr
Université Libanaise de Beyrouth, Faculté de Génie 3, Laboratoire 3M (Matériaux, Mécanique Mécatronique).	Rafic YOUNES, Professeur, Doyen de la faculté de Génie 3 ryounes@ul.edu.lb

Contexte :

En 2022, les bâtiments étaient responsables de 34 % de la demande mondiale d'énergie et de 37 % des émissions de dioxyde de carbone (CO_2) liées à l'énergie et aux processus [1]. Pour tenir les engagements de baisse des émissions de CO_2 , il faudra réduire drastiquement ce niveau d'émission en le divisant par 4 d'ici à 2050 [2]. En mettant en œuvre des technologies à haut rendement énergétique, en optimisant consommation d'énergie et en passant à des sources d'énergie plus propres, le secteur des bâtiments peut contribuer de manière significative à la réalisation de l'objectif de réduction des émissions de CO_2 le secteur du bâtiment peut contribuer de manière significative à la réalisation des objectifs mondiaux en matière de développement durable. L'efficacité énergétique des bâtiments est la seule ressource que possèdent tous les pays de la planète, elle a été appelée par les chercheurs "carburant caché" ou "puissance invisible". Cette efficacité énergétique peut aujourd'hui être évaluée par les outils de simulation numérique. Cependant, la mise en données du bâtiment dans son environnement et les calculs nécessaires pour simuler des durées tenant compte des saisons, rendent ces simulations complexes, longues et donc coûteuse à utiliser.

L'utilisation des réseaux de neurones peut permettre d'obtenir rapidement des évaluations de l'efficacité énergétique d'un bâtiment [6]. La construction de ces réseaux de neurones nécessite toutefois un certain savoir-faire et de disposer d'un nombre suffisant de résultats de simulations pour entraîner le réseau tout en sachant identifier les variables d'entrées pertinentes parmi les nombreux paramètres de simulation.

Description du projet :

Le projet proposé consistera d'une part à identifier une base de données d'apprentissage construite à partir de simulations numériques couvrant suffisamment de configurations et de situations climatiques pertinentes. D'autre part il s'agira de choisir la structure du réseau de neurones, les paramètres d'entrées pertinents et les données d'apprentissage pour maximiser la fiabilité des prévisions du réseau de neurones. L'objectif de ce travail étant de développer

une application sur téléphone mobile permettant d'évaluer l'efficacité énergétique d'un bâtiment.

Les principales étapes de ce travail pourront être :

- Mise à jour de l'étude bibliographique sur les réseaux de neurones, l'apprentissage automatique et l'efficacité énergétique des bâtiments.
- Étude des performances des différents types de réseaux de neurones, tels que les réseaux de neurones convolutionnels, les réseaux de neurones récurrents et les réseaux de neurones profonds.
- Construction d'une base de données sur la consommation d'énergie des bâtiments et les facteurs qui l'affectent, tels que les conditions météorologiques, les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, et l'utilisation des équipements électroniques. Choix des données pour entraîner un modèle de réseau de neurones à prédire et optimiser la consommation énergétique des bâtiments.
- Développement d'une application smartphone en utilisant le modèle de réseau de neurones déjà créé. L'application pourrait inclure des fonctionnalités telles que la surveillance en temps réel de la consommation d'énergie, des recommandations pour optimiser l'efficacité énergétique, et des alertes en cas de consommation d'énergie anormalement élevée. Cette application devra permettre d'évaluer sur des bâtiments réels son efficacité et sa précision par comparaison avec les consommations effectives d'énergie. Cette recherche pourrait également inclure des expérimentations pour tester différentes configurations de réseaux de neurones et paramètres pour optimiser l'efficacité énergétique.

Bibliographie :

- [1] United Nations Environment Programme. 2023 Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond Foundations - Mainstreaming Sustainable Solutions to Cut Emissions from the Buildings Sector. United Nations Environment Programme, 2024. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/45095>.
- [2] "Perspectives for the Clean Energy Transition –Analysis," IEA. Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/the-critical-role-of-buildings>
- [3] E. Mangematin, G. Pandraud, and D. Roux, "Quickmeasurements of energy efficiency of buildings," *Comptes Rendus Phys.*, vol. 13, no. 4, pp. 383–390, May 2012, <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2012.04.001>.
- [4] Y. Lin, J. Liu, K. Gabriel, W. Yang, and C.-Q. Li, "Data-Driven Based Prediction of the Energy Consumption of Residential Buildings in Oshawa," *Buildings*, vol. 12, no. 11, Art. no. 11, Nov. 2022, <https://doi.org/10.3390/buildings12112039>.
- [5] M. W. Ahmad, M. Mourshed, and Y. Rezgui, "Trees vs Neurons: Comparison between random forest and ANN for high-resolution prediction of building energy consumption," *Energy Build.*, vol. 147, pp. 77–89, Jul. 2017, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.038>.
- [6] G. Ciulla, A. D'Amico, V. Lo Brano, and M. Traverso, "Application of optimized artificial intelligence algorithm to evaluate the heating energy demand of nonresidential buildings at European level," *Energy*, vol. 176, pp. 380–391, Jun. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.168>.
- [7] A. L. Katsatos and K. P. Moustiris, "Application of Artificial Neuron Networks as energy consumption forecasting tool in the building of Regulatory Authority of Energy, Athens, Greece," *Energy Procedia*, vol. 157, pp. 851–861, Jan. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.251>.
- [8] A. M. Barhoom, S. Abu-Naser, B. Abu-Nasser, A. Khalil, and M. Musleh, "Energy Efficiency Prediction using Artificial Neural Network," Sep. 2019.

- [9] E. Elbeltagi and H. Wefki, "Predicting energy consumption for residential buildings using ANN through parametric modeling," *Energy Rep.*, vol. 7, pp. 2534–2545, Nov. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.04.053>.
- [10] M. Beccali, G. Ciulla, V. Lo Brano, A. Galatioto, and M. Bonomolo, "Artificial neural network decision support tool for assessment of the energy performance and the refurbishment actions for the non-residential building stock in Southern Italy," *Energy*, vol. 137, pp. 1201–1218, Oct. 2017, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.200>.
- [11] A. D'Amico, G. Ciulla, M. Traverso, V. Lo Brano, and E. Palumbo, "Artificial Neural Networks to assess energy and environmental performance of buildings: An Italian case study," *J. Clean. Prod.*, vol. 239, p. 117993, Dec. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117993>.
- [12] S. A. Kazakidis, A. I. Kokkosis, K. P. Moustris, and A. G. Paliatsos, "Electricity consumption prognosis with the combination of smart metering and artificial neural networks," in *8th Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MEDPOWER 2012)*, Oct. 2012, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1049/cp.2012.2013>.
- [13] P. A. González and J. M. Zamarreño, "Prediction of hourly energy consumption in buildings based on a feedback artificial neural network," *Energy Build.*, vol. 37, no. 6, pp. 595–601, Jun. 2005, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.006>.
- [14] D. Zafirakis, K. Moustris, D. Alamo, and R. Nebot, "One Day-Ahead Prognosis of Energy Demand Using Artificial Intelligence and Biometeorological Indices," 2017, pp. 335–340. https://doi.org/10.1007/978-3-319-35095-0_47.
- [15] A. S. Jihad and M. Tahiri, "Forecasting the heating and cooling load of residential buildings by using a learning algorithm 'gradient descent', Morocco," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 12, pp. 85–93, Sep. 2018, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.03.006>.
- [16] S. A. Kalogirou, G. A. Florides, C. Neocleous, and C. N. Schizas, "Estimation of the Daily Heating and Cooling Loads Using Artificial Neural Networks," presented at the CLIMA 2000 International Conference 2001, Sep. 2001. Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: <https://ktisis.cut.ac.cy/handle/20.500.14279/2523>
- [17] C. Turhan, T. Kazanasmaz, I. E. Uygun, K. E. Ekmen, and G. G. Akkurt, "Comparative study of a building energy performance software (KEP-İYTE-ESS) and ANNbased building heat load estimation," *Energy Build.*, vol. 85, pp. 115–125, Dec. 2014, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.026>.
- [18] Z. Shahryari, A. Sharifi, and A. Mohebbi, "Artificial neural network (ANN) approach for modeling and formulation of phenol adsorption onto activated carbon," *J. Eng. Thermophys.*, vol. 22, no. 4, pp. 322–336, Oct. 2013, <https://doi.org/10.1134/S181023281304005X>.