





BCAM:

Predicciones de consumos eléctricos ante las smart grids y la transición energética



Rodrigo González Santamaría
rgonzalez@bcamath.org
645379633
<https://www.bcamath.org/en>

-
-  **Actividad:** Investigación de excelencia a nivel mundial sobre matemática aplicada interdisciplinar; además de actividades de colaboración y transferencia de conocimiento en varias áreas (industria, energía, materiales, salud, ecología, social, finanzas, etc.)
 -  **Sector:** Investigación y desarrollo experimental en ciencias naturales y técnicas
 -  **Nº de personas empleadas:** 150
 -  **Localización:** Alameda de Mazarredo 14 48009 Bilbao, Bizkaia (Basque Country, Spain), 48009, Bilbao - Bilbo, Bizkaia

Innovación **INCREMENTAL** de ámbito **ESTATAL****¿Por qué es un POTENCIAL Caso Práctico en Innovación?**

Porque se ha desarrollado un algoritmo de aprendizaje continuo innovador en el campo de la matemática aplicado en el ámbito de la energía, que da respuesta a la necesidad que tienen los algoritmos de adaptarse a los cambios dinámicos de los patrones de consumo energéticos y mejorar la precisión de las predicciones. El nuevo modelo desarrollado efectúa su entrenamiento de manera continua e incorpora nueva información conforme avanza el tiempo, lo que le permite añadir los cambios de los patrones de consumo y evaluar de forma fiable la incertidumbre de las previsiones.

INFORMACIÓN SOBRE EL CASO PRÁCTICO

El BCAM es un centro de investigación en el ámbito de la matemática aplicada. El grupo de Machine Learning del BCAM comenzó a trabajar problemas relacionados con la energía en 2019, a partir de un proyecto Elkartek (financiado por el Gobierno Vasco) que buscaba desarrollar técnicas de inteligencia artificial aplicadas a la energía y las smart grids (redes eléctricas inteligentes).

En este contexto, se detectó la necesidad de obtener predicciones precisas de patrones de consumo energéticos, con la capacidad de cuantificar posibles errores de predicción, a fin de mejorar la planificación de la producción y la gestión de los consumos de energía.

A finales de 2019 se inició el trabajo para el desarrollo de un nuevo modelo. Para empezar, con la revisión de literatura se identificaron algunas carencias que mostraban la necesidad de que las predicciones se hicieran de manera continuada, utilizando modelos que están continuamente aprendiendo (continual learning). Se vio también que existían predicciones de un solo valor, pero no predicciones basadas en una probabilidad, que determinen el nivel de incertidumbre de dichas predicciones. A continuación, se seleccionaron las tres bases de datos donde poner a prueba la innovación, de múltiples tamaños y ámbitos geográficos: Bélgica (11,5 millones de habitantes), la ciudad de Dayton en Ohio (unos 137.000 residentes), y cerca de 100 apartamentos en una ciudad de Australia. Así, el método se probó en distintas áreas, donde los patrones de consumo cambian de manera diferente. Tras el desarrollo del modelo, se redactó un paper (artículo científico), publicado en enero de 2021 en una prestigiosa revista de alto impacto.

En el desarrollo de esta innovación han participado un investigador principal de Ikerbasque (cuyo trabajo ha estado financiado por una beca Ramón y Cajal del Ministerio de Ciencia e Innovación), una doctoranda con una beca PIF Industrial de la UPV/EHU, y un técnico de investigación del BCAM. Se ha recibido también financiación de Elkartek y del programa BERC (Gobierno Vasco), así como una beca de la Fundación Iberdrola. Se destaca además la colaboración con TECNALIA en el marco de un proyecto Elkartek anterior, que abrió las puertas a esta innovación.

En definitiva, se han desarrollado técnicas de inteligencia artificial para obtener predicciones probabilísticas del consumo de energía, basadas en el aprendizaje adaptativo continuado, que obtienen predicciones precisas, y evalúan de forma fiable las incertidumbres de las previsiones. En concreto, se ha generado un algoritmo de aprendizaje continuo (Adaptative Probabilistic Load Forecasting). Dicho algoritmo es capaz de predecir utilizando cientos de modelos que son aprendidos de forma continua, incorporando la información real más reciente.

Antecedentes

La coordinación entre demanda de energía y producción de energía verde es crucial en la búsqueda de alternativas a los combustibles fósiles. Las predicciones precisas de energía son fundamentales para la economía y el medio ambiente, porque pueden reducir la energía que se desecha. Realizar predicciones con precisión permite optimizar la planificación de la producción de energía y su distribución, resultando en una generación eficiente y minimizando el riesgo de interrupciones en el suministro. Estas predicciones se enfrentan a la dificultad de los cambios continuos en patrones de consumo.

Reto

La predicción precisa de los consumos de energía es difícil debido a la variabilidad intrínseca en la demanda de energía y los cambios continuos en los patrones de consumo. Estos problemas se han vuelto más relevantes en los últimos años debido a la integración de energías renovables, coches eléctricos y microgrids (o redes eléctricas distribuidas compuestas por diversas fuentes de energía). El reto es desarrollar algoritmos de machine learning que obtengan predicciones precisas que se adapten de forma efectiva a los cambios temporales.

Acciones

1. A finales de 2019, BCAM se plantea el reto de desarrollar un algoritmo innovador en el ámbito de la energía, y se inician las acciones propias de un proceso de investigación.
2. El proceso se inicia con la revisión de la literatura, con la idea de detectar posibles carencias y huecos de mejora que orienten la innovación a desarrollar. Se plantea el objetivo de generar algoritmos capaces de adaptarse a los cambios dinámicos de los patrones de consumo, y que estén continuamente aprendiendo (continual learning).
3. A continuación, se procede a la obtención de datos, desde tres bases de datos públicas y de distintos tamaños, concretamente: Bélgica (todo el país), Dayton (una ciudad en Ohio), y un conjunto de unos 100 apartamentos de una ciudad australiana, que permiten validar los desarrollos en distintos contextos.
4. Se procede al desarrollo matemático del modelo, con el apoyo de esas bases de datos, y paralelamente se desarrolla el código. Se testean los resultados. El nuevo algoritmo se desarrolla primero en lenguaje de programación Matlab, y posteriormente se traduce a

Python (lenguaje multiplataforma de código abierto).

5. Finalmente, se redacta el paper, que es publicado en enero de 2021 en una prestigiosa revista de este ámbito (D1 IEEE Transactions on Power Systems).

Resultados obtenidos

- Se ha desarrollado un algoritmo de aprendizaje continuo, el Adaptive Probabilistic Load Forecasting, capaz de adaptarse a los cambios de los patrones de consumo.
- Este modelo permite obtener predicciones precisas de la demanda de energía, lo que ayuda a optimizar la gestión de recursos, mejorar la eficiencia operativa y maximizar los beneficios económicos.
- El método propuesto mejora la precisión de las técnicas existentes hasta la fecha en diferentes ámbitos geográficos.
- Este trabajo ha recibido el reconocimiento de la Spanish Society of Statistics y la Operations Research-BBVA Foundation, con el premio a la mejor contribución aplicada en el campo de la estadística en 2022.
- El modelo está publicado en el artículo "Probabilistic load forecasting based on adaptive online learning", en la revista D1 IEEE Transactions on Power Systems, que cuenta con 30 citas en Google Scholar.
- El código del algoritmo está disponible en un repositorio de GitHub y ya ha tenido numerosas descargas (<https://github.com/MachineLearningBCAM/Load-forecasting-IEEE-TPWRS-2020>).
- Este algoritmo tiene un potencial importante para el desarrollo de las smart grids, y se está aplicando en el proyecto IA4TES de Iberdrola (2022-2024) sobre soluciones de Inteligencia Artificial para el desarrollo del nuevo paradigma del sistema eléctrico.

CATEGORIZACIÓN DEL CASO

Ámbitos de Innovación:

- Producto: Software.
- Proceso: Gestión administrativa y económica.

Ámbitos de oportunidad:

- 1 - Transformación tecnológica/digital

Verónica Álvarez (Doctorando en BCAM)

“Esta innovación mejora la eficiencia energética, optimizando el consumo y la integración de energías renovables. Conociendo los períodos de mayor demanda, las empresas pueden programar sus operaciones para reducir costes. La generación de energías renovables es variable y la predicción precisa de la producción ayuda a prever y planificar.”

Santiago Mazuelas (Investigador Ikerbasque en BCAM)

“La obtención de predicciones precisas de la demanda y oferta de energía es clave para el desarrollo de las Smart Grids, ya que posibilita una planificación más eficiente y sostenible de la red eléctrica. Además, al ser capaces de realizar predicciones probabilísticas, se conocen los márgenes de error, pudiendo planificar mejor.”

Innovation Index Score: ★★★★★

Alineamiento estratégico: ★★★★★

Creatividad: ★★☆☆★

Colaboración e hibridación: ★★☆☆★

Sistematización: ★★★★★

Eficacia en los resultados: ★★☆☆★

Eficiencia en los resultados: ★★☆☆★

Replicabilidad y transferibilidad: ★★☆☆★

Impacto: ★★☆☆★

Reconocimiento: ★★★★★



ANEXO:

Reto y Solución técnica / tecnológica

¿Cuál ha sido el principal reto técnico / tecnológico al que se ha enfrentado la organización para el desarrollo e implementación de este proyecto / iniciativa?

La predicción del consumo de energía es crucial para múltiples tareas de gestión de la energía, como la programación de la capacidad de generación, la planificación de la oferta y la demanda y la minimización de los costes comerciales. La importancia de la predicción del consumo está creciendo significativamente en los últimos años debido al creciente desarrollo de los sistemas eléctricos y las redes inteligentes. Además, una predicción precisa del consumo tiene un impacto beneficioso en el medio ambiente y la economía al reducir el derroche y la compra de energía.

Los métodos de predicción de machine learning se basan en la explotación de patrones de consumo relacionados con múltiples factores, como el consumo de energía de días anteriores, las horas del día, los días de la semana y las temperaturas. Predecir de manera precisa es difícil debido a las incertidumbres intrínsecas del consumo de energía y los continuos cambios en los patrones de consumo. Estos problemas están adquiriendo mayor relevancia en los últimos años debido a la integración de las energías renovables y los coches eléctricos. Las predicciones probabilísticas nos permiten estimar la incertidumbre sobre el consumo, es decir, en lugar de dar un único valor como predicción, nos dan un rango de posibles valores con sus respectivas probabilidades (Figura 1). Esto es útil porque el consumo de energía puede variar por muchos factores y tener en cuenta esas variaciones permite realizar mejores previsiones. Por otro lado, el aprendizaje continuado a lo largo del tiempo es necesario para adaptarse a los cambios en los patrones de consumo (Figura 2). Por ejemplo, si las personas cambian sus hábitos, el modelo debe ser capaz de ajustarse a esos nuevos patrones para seguir obteniendo buenas predicciones.

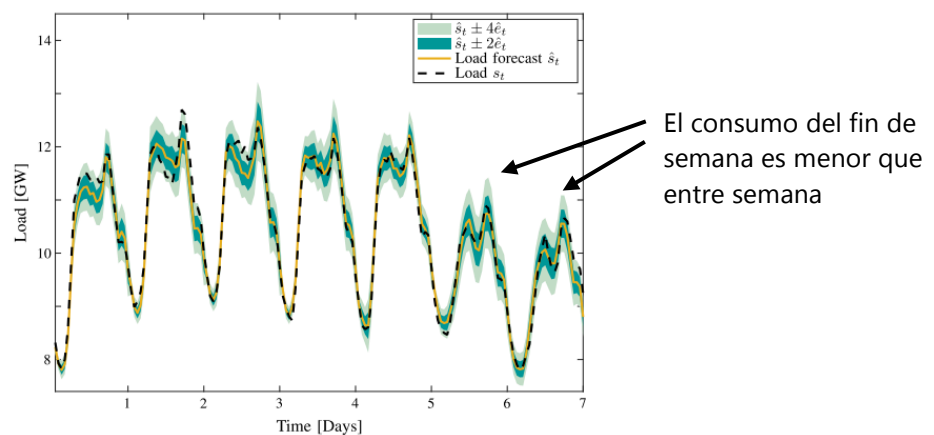


Figura 1: Consumo de energía a lo largo de la semana

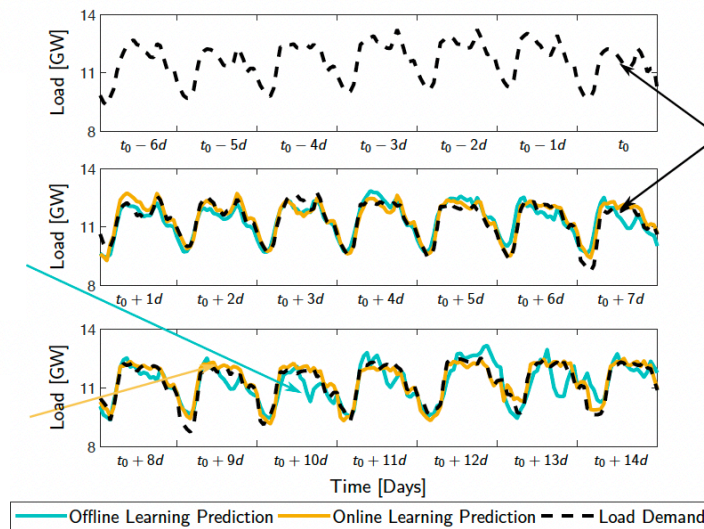
La mayoría de las técnicas convencionales de predicción del consumo de energía obtienen predicciones de valor único basadas en el aprendizaje de modelos estáticos, es decir, no aprenden nuevos patrones a lo largo del tiempo. Además, las técnicas existentes que obtienen predicciones probabilísticas se basan en el aprendizaje de modelos estáticos, mientras que las que se basan en el aprendizaje continuado obtienen predicciones de valor único.

Los principales retos técnicos son:

- Desarrollar técnicas que se adapten a los cambios continuos en los patrones de consumo.
- Desarrollar técnicas que obtengan predicciones probabilísticas

Los métodos basados en el aprendizaje de modelos estáticos no se adaptan al cambio

Los métodos basados en el aprendizaje continuado se adaptan al cambio después de pocos días



Los patrones cambian de dos montañas a una

Figura 2: Cambio de patrones en el consumo de energía a lo largo del tiempo

¿Cuál ha sido la solución a nivel técnico / tecnológico llevada a cabo para afrontar el reto e implementar este proyecto / iniciativa?

Durante el proyecto desarrollamos técnicas de predicción probabilística adaptativa de los consumos, que permiten adaptarse a los cambios en los patrones de consumo y evaluar las incertidumbres de los consumos. En concreto, las principales aportaciones del trabajo son las siguientes:

- Modelamos los datos mediante técnicas estadísticas y de machine learning y desarrollamos técnicas basadas aprendizaje continuado, que actualizan los parámetros de los modelos de forma recursiva.
- Desarrollamos técnicas de predicción secuencial que obtienen predicciones probabilísticas utilizando los parámetros más recientes de los modelos, que incluyen la información real más reciente.
- Cuantificamos la mejora de rendimiento que proporciona el método presentado, en comparación con las técnicas de predicción de consumo existentes.

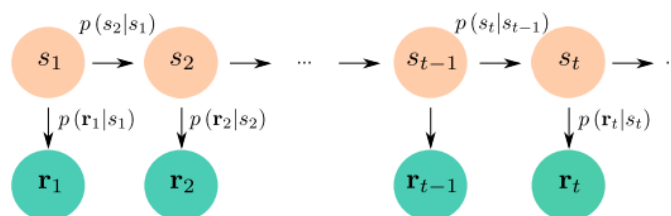


Figura 3: Gráfico del modelo (Hidden Markov model). El modelo considera el consumo de energía de días anteriores (s) y variables adicionales (r) (por ejemplo, la temperatura) para predecir el consumo del día siguiente.