

# 3<sup>rd</sup> Energy Tech Forum

# FORECAST XM

ForecastXM

Πρόβλεψη ζήτησης Ενέργειας  
μέσω μιας καλύτερης πρόγνωσης καιρού

Updated Version with Increased Accuracy

# Περιεχόμενα

<b>Περιεχόμενα</b>	<b>1</b>
<b>Περίληψη</b>	<b>2</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Η νέα αγορά ενέργειας &amp; φυσικού αερίου</b>	<b>4</b>
<b>Υφιστάμενες λύσεις</b>	<b>5</b>
<b>Η λύση της Ex Machina</b>	<b>5</b>
WeatherXM	6
ForecastXM	7
Ικανότητα πρόγνωσης	8
ForecastXM Demo	8
<b>Η εταιρία</b>	<b>9</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>10</b>

# Περίληψη

Η οικιακή κατανάλωση ΦΑ για θέρμανση μπορεί να ανέλθει στο 60% της ημερήσιας κατανάλωσης σε μια πόλη κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το ποσοστό αυτό μπορεί να πέφτει στο 10% τους καλοκαιρινούς μήνες. Η βασική κατανάλωση ΦΑ σε μια περιοχή λειτουργίας συνήθως αλλάζει αργά καθώς ο αριθμός των πελατών ή η συμπεριφορά τους αλλάζει. Δεδομένης της σταθερής φύσης του βασικού φορτίου το μεγαλύτερο μέρος της προσπάθειας στην πρόβλεψη φυσικού αερίου επικεντρώνεται στην πρόβλεψη του θερμικού φορτίου. Ως εκ τούτου, ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση φυσικού αερίου είναι ο καιρός. Συνεπώς η ακρίβεια στην πρόγνωση καιρού επηρεάζει στρατηγικές, λειτουργικές και επιχειρηματικές διαδικασίες για τους παρόχους ΦΑ και ενέργειας. Η ακρίβεια της βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης -μίας ημέρας μπροστά- θερμοκρασίας είναι κρίσιμη στην πρόβλεψη φορτίου, παραγωγής και ζήτησης ενέργειας. Μεγάλη αξία έχει και η βελτίωση της πρόγνωσης για περισσότερες ημέρες μπροστά, 7-10, ή μακροπρόθεσμα για ολόκληρο το έτος, για λόγους προγραμματισμού συντήρησης και ελέγχων και για πρόβλεψη εξισορρόπησης προσφοράς - ζήτησης.

Οι εταιρείες υποχρεούνται να παρέχουν προς τον Διαχειριστή εκτίμηση επόμενης ημέρας (Ημερήσια Δήλωση) για την παραγόμενη ενέργεια ή αντίστοιχα την ποσότητα ΦΑ που επιθυμούν να δεσμεύσουν. Οι εκτιμήσεις αυτές επηρεάζονται άμεσα από δεδομένα πρόγνωσης καιρού, καθιστώντας την ακρίβεια πρόγνωσης μια κρίσιμη παράμετρο για την αποδοτική λειτουργία, τη βελτιστοποίηση των εξόδων αλλά και τη μεγιστοποίηση των εσόδων της εταιρείας.

Το 2018 τέθηκαν αυστηρότερα όρια ανοχής (3%) για την ικανότητα πρόβλεψης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή κατανάλωσης ΦΑ, ενώ το 2019 το παραπάνω όριο μηδενίζεται. Αυτή είναι η συνθήκη που θέτει την ανάγκη για ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία πρόγνωσης.

Οι παραδοσιακές προσεγγίσεις στην πρόγνωση καιρού βρίσκονται -δυστυχώς- αρκετά πίσω από τις απαιτήσεις του τομέα, καθώς απαιτείται όλο και μεγαλύτερη ακρίβεια, ολοκλήρωση με πληροφοριακά συστήματα και προσαρμογή στα ιδιαίτερα λειτουργικά χαρακτηριστικά του πελάτη. Στην Ex Machina αντιμετωπίζουμε αυτή την πρόκληση με το WeatherXM SaaS. Η υπηρεσία αξιοποιεί μετεωρολογικά δεδομένα από πολλαπλές πηγές για να συνθέσει την πιο αξιόπιστη και ακριβή τοπική πρόγνωση, χρησιμοποιώντας ένα μοναδικό συνδυασμό από τεχνικές στατιστικής ανάλυσης και μηχανικής μάθησης. Αποτελεί δε τη βάση για την πρόβλεψη παραγωγής / ζήτησης ενέργειας και ΦΑ προσαρμοσμένης στις ανάγκες της εκάστοτε εταιρείας.

Η υπηρεσία αυτή παράγει ήδη αξία για σημαντικούς πελάτες όπως η Εταιρία Παροχής Αερίου Αττικής, ο ΑΔΜΗΕ, η Delphis και ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών.

Ex Machina

Διεύθυνση: Χαλκιδικής 89, 118 55, Αθήνα

E-mail: [connect@exm.gr](mailto:connect@exm.gr)

Τηλ.: 2152157552

Web: <https://exm.gr>

Συγγραφείς: **Βασίλης Χρυσός, Μανώλης Νικηφοράκης, Στράτος Θεοδώρου**

# Abstract

Domestic heat consumption for heating can reach 60% of the daily consumption in a city during the winter. This rate may drop to 10% during the Summer. Base load consumption of NG in an operating area usually changes slowly as the number of customers or their behavior changes. Given the constant nature of the base load, most of the effort in natural gas prediction focuses on predicting the thermal load. Therefore, the most important factor affecting the consumption of natural gas is the weather. Consequently, the accuracy in weather forecast affects strategic, operational and business processes for NG and energy providers. The accuracy of the short-term - one day off - forecast temperature is critical to predicting load, output and energy demand. It is also of great value to improve the forecast for several days ahead, 7-10, or long-term for the whole year, for maintenance and control planning, and for supply-demand balancing.

Companies operating in this domain are required to provide the Operator with a next day estimate (Next Day Commitment) for produced energy or natural gas they wish to bind. These estimates are directly affected by weather conditions, thus weather forecasting accuracy is a critical parameter for optimizing operation and minimizing the company's costs.

In 2018 tighter tolerance limits (3%) for electricity and gas demand forecast have been put into force in Greece for the forecast error of Next Day Commitment, while in 2019 this limit is reduced to 0%. This is the condition that poses the need for even greater accuracy and predictability of reliability.

Traditional approaches to weather forecasting are -unfortunately- well behind the sector demands, as even better accuracy, integration with information systems and data adaptation to the client's highly functional features are increasingly required. At Ex Machina we face this challenge with the *WeatherXM* Software as a Service. The service utilizes meteorological data from multiple sources to compose the most reliable and accurate local weather forecast using a unique combination of statistical analysis and machine learning techniques. An energy/gas production/demand forecast customized to each company's needs is build on top of this weather forecast. This approach renders the service an efficient risk-management tool further enabling the forecasting of any weather sensitive resources or products, in addition to energy/gas.

This service is already adding value for prominent Greek customers such as Attiki Gas Company, ADMIE, Delphis and Athens International Airport.

# Η νέα αγορά ενέργειας & φυσικού αερίου

Η διαθεσιμότητα φθηνότερης ενέργειας μέσω εναλλακτικών προσεγγίσεων όπως οι διασυνοριακές ανταλλαγές ενέργειας και οι διμερείς συμφωνίες, η ανάγκη μεγαλύτερης διαφάνειας στις λειτουργίες και η ανάγκη ανταπόκρισης στη ζήτηση, προσδίδουν ολοένα και μεγαλύτερη αξία στην ακριβή πρόβλεψη βραχυπρόθεσμου φορτίου στους χώρους των βιομηχανιών, των οικιστικών συγκροτημάτων και των εταιρικών κτιρίων (Warrior, Shrenik, & Soni, 2016).

Εξάλλου, στα καθ' ημάς, από 01/01/2018 άνοιξε η αγορά φυσικού αερίου στην Ελλάδα και πλέον οι καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν τον πάροχο ΦΑ από τον οποίο επιθυμούν να εξυπηρετηθούν. Το τοπίο της επόμενης ημέρας στην αγορά ΦΑ έχει ήδη ξεκινήσει να διαμορφώνεται εδώ και καιρό, με τη ΡΑΕ να έχει παραχωρήσει μέχρι σήμερα (2018) άδεια παρόχου ΦΑ σε περισσότερες από 40 εταιρείες. Ήδη αρκετές έχουν ξεκινήσει να δραστηριοποιούνται στη νέα αγορά από τις αρχές του 2018.

Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην παροχή ΦΑ (Πάροχοι) υποχρεούνται να υποβάλλουν καθημερινά στον Διαχειριστή *εκτίμηση επόμενης ημέρας* (Ημερήσια Δήλωση) για την ποσότητα ΦΑ που επιθυμούν να δεσμεύσουν σε κάθε σημείο ενδιαφέροντος (εικονικό ή πραγματικό) του αγωγού. Ο Διαχειριστής υλοποιεί την *κατανομή* της δυναμικότητας κάθε σημείου λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των επιμέρους ημερησίων δηλώσεων. Η ποσότητα που δηλώνει ο εκάστοτε Πάροχος ΦΑ για την επόμενη μέρα οφείλει να βρίσκεται μέσα σε συγκεκριμένα όρια ανοχής σε σχέση με την ποσότητα που τελικά χρησιμοποίησε, διαφορετικά υποχρεούται να καταβάλλει κάποιο χρηματικό ποσό εν είδει "πρόστιμου".

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την πιο πρόσφατη (4ης) αναθεώρηση του Κώδικα Διαχείρισης του ΕΣΦΑ (2018), το όριο αυτό διαμορφώνεται σε 3% έως την 31.12.2018 και σε 0% από 01.01.2019.

Με άλλα λόγια, ο πάροχος ΦΑ επιβαρύνεται με πρόστιμο για κάθε ημέρα κατά την οποία η πρόβλεψη ζήτησης ΦΑ που έχει δηλώσει υπερβαίνει το όριο που τίθεται από τον ισχύοντα Κανονισμό Διαχείρισης. Το όριο αυτό είναι σήμερα  $\pm 3\%$  και θα μηδενιστεί το 2019. Το δε πρόστιμο ανέρχεται σήμερα σε €0,3 / 1.000kWh (παρ.3, Άρθρο 29 ισχύοντος Κώδικα). Καθώς αυξάνονται τα σφάλματα πρόβλεψης τα πρόστιμα αυξάνονται εκθετικά (Akrinar et al., 2017).

Η οικιακή κατανάλωση ΦΑ για θέρμανση μπορεί να ανέλθει στο 60% της ημερήσιας κατανάλωσης σε μια πόλη κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το ποσοστό αυτό μπορεί να πέφτει στο 10% τους Καλοκαιρινούς μήνες (Akrinar, Adak, & Yumusak, 2016). Η βασική κατανάλωση ΦΑ σε μια περιοχή λειτουργίας συνήθως αλλάζει αργά καθώς ο αριθμός των πελατών ή η συμπεριφορά τους αλλάζει. Δεδομένης της σταθερής φύσης του βασικού φορτίου το μεγαλύτερο μέρος της προσπάθειας στην πρόβλεψη φυσικού αερίου επικεντρώνεται στην πρόβλεψη του θερμικού φορτίου. Ως εκ τούτου, ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση φυσικού αερίου είναι ο καιρός (G. Merkel, 2017). Κατά συνέπεια, η *ακρίβεια* αυτών των δεδομένων συνιστά κρίσιμη παράμετρο για την αποδοτική λειτουργία και τη βελτιστοποίηση των λειτουργικών εξόδων της εκάστοτε εταιρείας. Ωστόσο, οι παραδοσιακές προσεγγίσεις στην πρόγνωση καιρού βρίσκονται -δυστυχώς- αρκετά πίσω από τις απαιτήσεις του τομέα, καθώς απαιτείται όλο και μεγαλύτερη ακρίβεια, ολοκλήρωση με πληροφοριακά συστήματα και προσαρμογή στα ιδιαίτερα λειτουργικά χαρακτηριστικά του πελάτη.

## Υφιστάμενες λύσεις

Η ελληνική αγορά διανομής και παροχής φυσικού αερίου είναι μια νέα αγορά, στην οποία δραστηριοποιούνται σχετικά λίγες συγκεκριμένες εταιρείες. Οι λύσεις που εφαρμόζονται ή που έχουν εφαρμοστεί στο παρελθόν από τις εταιρείες αυτές για την πρόβλεψη κατανάλωσης ΦΑ έχουν ξεκινήσει από “απλά” spreadsheet/excel με χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων και έχουν εξελιχθεί σήμερα -σε κάποιες περιπτώσεις- σε εξειδικευμένα μοντέλα πρόβλεψης με αυτοματοποιημένη εισαγωγή δεδομένων πρόγνωσης καιρού, τα οποία κάνουν χρήση στατιστικών αλγορίθμων ή/και μηχανικής μάθησης.

Κάποιες από τις σημαντικές προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι παραπάνω παρεχόμενες λύσεις, είναι:

- η αξιοπιστία της ποιότητας των μετεωρολογικών δεδομένων
- η ακρίβεια των προγνώσεων, και η βελτίωση των μοντέλων πρόβλεψης σε βάθος χρόνου
- η ευρωστία της υπηρεσίας που παρέχει τα μετεωρολογικά δεδομένα
- η παροχή της υπηρεσίας σε χρονικά διαστήματα που εξυπηρετούν το χρήστη (ανά ώρα, ημέρα, εβδομάδα κ.λπ.) και ανάλυση/λεπτομέρεια στις τοποθεσίες ενδιαφέροντος
- η ολοκλήρωση με άλλα υφιστάμενα πληροφοριακά συστήματα, π.χ. παρακολούθηση οικονομικών, προφίλ καταναλωτών, κ.λπ.
- η διαχείριση της πρόσβασης χρηστών στα σχετικά δεδομένα και η ασφάλεια

Πολλές από αυτές τις προκλήσεις μένουν σε μεγάλο βαθμό αναπάντητες από τις υφιστάμενες λύσεις. Βασική αιτία είναι ότι η αντιμετώπισή τους απαιτεί διεπιστημονική προσέγγιση σε πολλαπλά μέτωπα: επιστήμης δεδομένων, πληροφοριακών συστημάτων, μετεωρολογίας, στατιστικής επεξεργασίας και μηχανικής μάθησης, γνωστικά πεδία τα οποία πρόσφατα άρχισαν να “συνεργάζονται” συχνά σε λύσεις του χώρου *Ίντερνετ των Πραγμάτων* (Internet of Things - IoT).

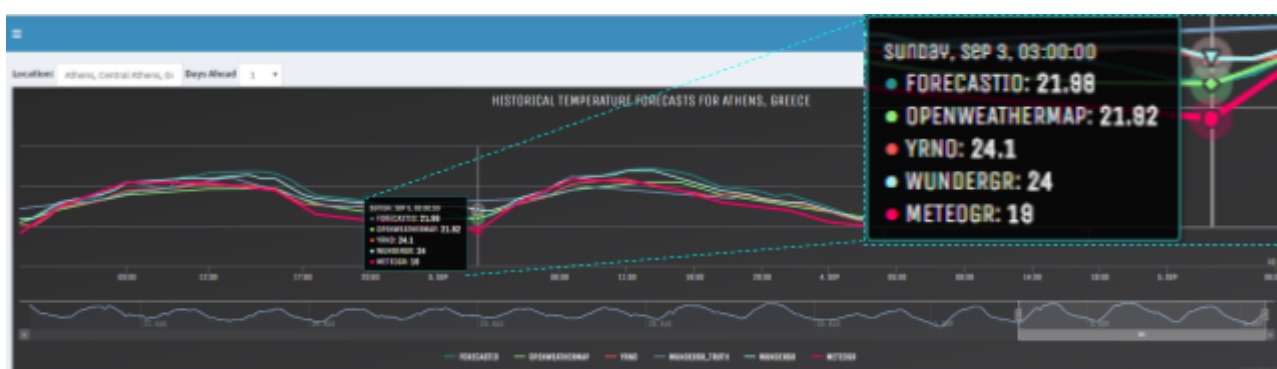
Στην προσπάθειά τους οι πάροχοι να αντιμετωπίσουν τα παραπάνω προβλήματα συχνά καταλήγουν σε ανάπτυξη λύσης με πόρους της ίδιας της εταιρίας (in-house) και επένδυση σημαντικού τμήματος των διαθέσιμων ανθρώπινων πόρων στη συντήρηση και λειτουργία αυτού του συστήματος. Η δραστηριότητα αυτή δε συμπίπτει απαραίτητα με το “κατ’ εξοχήν” επιχειρηματικό αντικείμενο της εταιρείας, και συνεπώς επιφέρει σημαντικό ρίσκο αποτυχίας / φτωχών αποτελεσμάτων στο όλο εγχείρημα. Η δε ανάθεση σε εξωτερικό συνεργάτη (outsource) παρουσιάζει τη δυσκολία εύρεσης κατάλληλης εταιρίας που να συνδυάζει τις παραπάνω γνώσεις και εμπειρία, και επιφέρει αντίστοιχο κίνδυνο αποτυχίας. Τέλος, η επιλογή της αγοράς έτοιμης λύσης από κάποια εξειδικευμένη εταιρεία του εξωτερικού συχνά “σκοντάφτει” στο γεγονός ότι η λύση είναι μέρος μιας συνολικότερης σουίτας εφαρμογών, η οποία “κλειδώνει” το χρήστη σε συγκεκριμένη επιλογή σε συνολικό επιχειρησιακό επίπεδο, με κρυφά υψηλά κόστη όταν ο πελάτης δε θα μπορεί να κάνει πίσω.

## Η λύση της Ex Machina

Η παρεχόμενη λύση της Ex Machina για την πρόβλεψη ζήτησης φυσικού αερίου, ForecastXM, ξεκινάει από μια πολύ ευνοϊκή αφετηρία, την ικανότητα της εταιρείας μας να παράγει τη δική της πρόγνωση καιρού αυξημένης ακρίβειας (WeatherXM), καθώς και τη μεγάλη τεχνογνωσία και εμπειρία σε έργα Industrial IoT.

## WeatherXM

Οι ποικίλοι τρόποι εκτέλεσης των δύο επικρατέστερων παγκόσμιων μοντέλων μετεωρολογικής πρόγνωσης (GFS και ECMWF), καθώς και οι επιμέρους τροποποιήσεις που κάνει κάθε μετεωρολογική υπηρεσία στις προγνώσεις της, έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση αρκετά διαφορετικών προγνώσεων για το ίδιο σημείο. Στην Ελλάδα οι διαφορές αυτές δύναται να ξεπερνούν τους 10°C σε πρόγνωση θερμοκρασίας. Η υπηρεσία WeatherXM παρακολουθεί αδιάλειπτα όλες τις διαθέσιμες προγνώσεις για τα σημεία του πελάτη από υπηρεσίες όπως [noaa.gov](http://noaa.gov), [yr.no](http://yr.no), [wunder](http://wunder), [forecast.io](http://forecast.io) κ.ά. και αξιολογεί την ακρίβεια της κάθε πρόγνωσης. Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών συνθέτει αυτόματα μια καλύτερη πρόγνωση. Η υπηρεσία χρησιμοποιεί ως πηγές μετεωρολογικών δεδομένων επιλεγμένους παγκόσμιους, αξιόπιστους παρόχους και παράλληλα υπάρχει δυνατότητα να προστεθούν επιπλέον (τοπικές) πηγές με βάση τις προτιμήσεις του πελάτη.

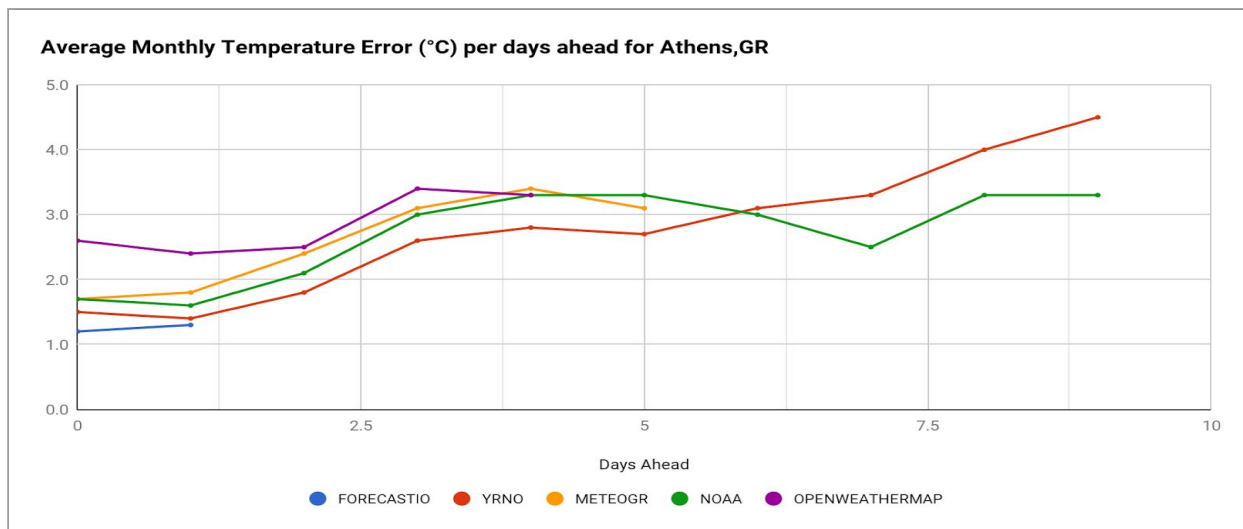


Εικ. 1. Παράδειγμα ιστορικών προγνώσεων θερμοκρασίας μιας ημέρας “μπροστά” πρόγνωσης, 03/09/2017

Στο παραπάνω γράφημα εικονίζονται (ιστορικές) προγνώσεις θερμοκρασίας για την Κυριακή 3 Σεπτεμβρίου 2017 στη Αθήνα, ώρα 03.00, όπως έγιναν από διάφορους παρόχους μια μερα πριν. Γνωρίζουμε από μετεωρολογικό σταθμό στο σημείο της πρόγνωσης ότι η θερμοκρασία εκείνη την ώρα ήταν τελικά **25.3°C** ενώ, για παράδειγμα, το [forecast.io](http://forecast.io) είχε προβλέψει **22°C**, δηλαδή σφάλμα πρόγνωσης 3.3°C στο κέντρο της Αθήνας, περιοχή με αρκετά προβλέψιμο καιρό λόγω του λεκανοπεδίου Αττικής. Σε άλλες περιοχές της Ελλάδας (π.χ. ορεινές) παρατηρούνται σημαντικά μεγαλύτερα σφάλματα προγνώσεων.

Στην Εικ. 2. ακολούθως φαίνεται ο μηνιαίος μέσος όρος σφάλματος θερμοκρασίας ανά ημέρες μπροστά για το μήνα Φεβρουάριο 2016 στην Αθήνα από 5 διαφορετικούς παρόχους. Όπως φαίνεται από το γράφημα ο μέσος όρος σφάλματος κυμαίνεται από 1.8°C έως 3.7°C, ενώ μεμονωμένες ημερήσιες προγνώσεις σε εκείνο το μήνα παρουσίασαν σφάλμα έως και 10°C.

Η υπηρεσία WeatherXM διαχειρίζεται και επεξεργάζεται μετεωρολογικά δεδομένα από ένα ευρύ δίκτυο δημοσίως προσβάσιμων μετεωρολογικών σταθμών. Πρόκειται για περισσότερους από 180.000 μετεωρολογικούς σταθμούς παγκοσμίως. Χρησιμοποιώντας τεχνικές μηχανικής μάθησης είναι σε θέση να συνθέτει την πιο αξιόπιστη (meta-)πρόγνωση καιρού, η οποία βασίζεται στην πιο ακριβή πρόγνωση της πρόσφατης περιόδου από τους υφιστάμενους παρόχους, για κάθε μετεωρολογική παράμετρο ξεχωριστά. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζει ότι ο πελάτης θα έχει την καλύτερη δυνατή πρόγνωση και όχι απλώς μια “γενική” πρόγνωση για το σημείο ενδιαφέροντος του.



Εικ. 2. Γράφημα μέσου σφάλματος θερμοκρασίας ανά ημέρες “μπροστά” πρόγνωσης, 2/2016

## ForecastXM

Το ForecastXM είναι η λύση της Ex Machina για τη βραχεία (έως 9 ημέρες μπροστά) πρόβλεψη ζήτησης ΦΑ, η οποία βασίζεται στην IoT πλατφόρμα Ex Machina. Με αυτοματοποιημένο τρόπο παρέχει πρόβλεψη της ζήτησης στα σημεία ενδιαφέροντος λαμβάνοντας υπόψη μεταξύ άλλων το ιστορικό παροχής ΦΑ, ιστορικά μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής και την εξειδικευμένη μετεωρολογική πρόγνωση WeatherXM για τη συγκεκριμένη περιοχή. Η πρόβλεψη παρέχεται σε ωριαία και ημερήσια βάση. Τα μετεωρολογικά δεδομένα παρέχονται ως ανεξάρτητο component από την υπηρεσία WeatherXM μέσω κατάλληλου web service (API).

Η λύση προσαρμόζεται στις ιδιαίτερες ανάγκες του εκάστοτε παρόχου ΦΑ. Τα μοντέλα πρόβλεψης αναπτύσσονται για τον κάθε πάροχο ξεχωριστά και παρέχονται μέσω της υπηρεσίας ForecastXM ως Software-as-a-Service (SaaS), το οποίο επιτρέπει την κλιμάκωση της υπηρεσίας σε αντιστοιχία με την κλιμάκωση των εκάστοτε απαιτήσεων. Παράλληλα, η SaaS προσέγγιση εμφανίζει μια σειρά από επιπρόσθετα πλεονεκτήματα, όπως:

- χαμηλότερο κόστος,
- μείωση χρόνου δημιουργίας πρωτοτύπων,
- εύκολη και γρήγορη υλοποίηση σεναρίων,
- σταθερή λειτουργία, ασφάλεια, συντήρηση από εξειδικευμένη εταιρεία,
- δυνατότητα άμεσης κλιμάκωσης ανάλογα με την κλιμάκωση του φόρτου εργασίας,
- απομακρυσμένη πρόσβαση,
- ενημερώσεις λογισμικού και πρόσθετα λειτουργικά χαρακτηριστικά χωρίς επιπλέον χρέωση κ.α.

Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του ForecastXM είναι τα ακόλουθα:

- άμεσα διαθέσιμη υπηρεσία σε όλη την Ελλάδα,
- βασίζεται στη δοκιμασμένη και αξιόπιστη υπηρεσία μετεωρολογικών δεδομένων WeatherXM,
- παρέχει μετεωρολογικές εξειδικευμένες παραμέτρους που δε διατίθενται από δωρεάν υπηρεσίες, όπως custom heating degree days, cooling degree days κ.α.,
- ολοκληρώνεται με τα πληροφοριακά συστήματα του πελάτη,



- παρέχει προσαρμοσμένες ειδοποιήσεις για το χρήστη,
- χρησιμοποιεί προσαρμοσμένο στις ανάγκες του πελάτη μοντέλο πρόβλεψης μέσω τεχνικών μηχανικής μάθησης, το οποίο διαρκώς αυτο-βελτιώνεται,
- ο πελάτης έχει πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα (και στα πρωτογενή) μέσα από εξαιρετικά φιλικό responsive web based περιβάλλον, στο οποίο η EXM προσθέτει λειτουργικότητα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του έργου.

Οφέλη που απολαμβάνει ο τελικός χρήστης από την εν λόγω υπηρεσία ειδικότερα είναι:

1. αυτοματοποίηση της διαδικασίας εκτίμησης δεσμευόμενης δυναμικότητας για την *Ημερήσια Δήλωση*, με προαιρετική δυνατότητα χειρωνακτικού ελέγχου - επιβεβαίωσης,
2. αποδέσμευση ανθρώπινων πόρων για τη διαχείριση χαρτοφυλακίων,
3. ελαχιστοποίηση των εξόδων σε πρόστιμα λόγω ανακριβούς πρόβλεψης στην *Ημερήσια Δήλωση*,
4. βελτιστοποίηση εκτίμησης ετήσιου φορτίου βάσης παροχής ΦΑ, σύμφωνα με το πελατολόγιο της εταιρείας, και μεγιστοποίηση κέρδους,
5. πολύτιμο εργαλείο διαχείρισης ρίσκου.

## Ικανότητα πρόγνωσης

Η κατανάλωση ΦΑ για οικιακή χρήση παρουσιάζει μεγάλη συσχέτιση με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην υπό εξέταση περιοχή και κυρίως με την ελάχιστη, μέγιστη και μέση θερμοκρασία (θέρμανση οικίας), την υγρασία, τους επικρατούντες ανέμους και αντίστοιχα κλιματικά δεδομένα του προηγούμενου διαστήματος. Αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει για τη λύση του συγκεκριμένου προβλήματος με μοντελοποίηση γραμμικής παλινδρόμησης με περιορισμένη, ωστόσο, επιτυχία, λόγω της μη γραμμικής φύσης του προβλήματος εκτίμησης κατανάλωσης/ζήτησης ΦΑ.

Το ForecastXM χρησιμοποιεί μοντέλα μηχανικής μάθησης για να κάνει την πιο αξιόπιστη πρόβλεψη ζήτησης ΦΑ για την επόμενη μέρα και για τις ακόλουθες, σε βάθος χρόνου 9 ημερών. Στόχος είναι η κατά το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση ζήτησης της επόμενης ημέρας, ώστε να ελαχιστοποιούνται ή να αποσοβούνται τα πρόστιμα για το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό ημερών του έτους. Με την πάροδο του χρόνου το μοντέλο βελτιώνεται διαρκώς “μαθαίνοντας” από τα σφάλματα του προηγούμενου διαστήματος.

Το μοντέλο μηχανικής μάθησης εκπαιδεύεται και εξειδικεύεται για τον εκάστοτε πελάτη.

## ForecastXM Demo

Ένα απλουστευμένο demo της υπηρεσίας έχει υλοποιηθεί πάνω σε δημοσίως προσβάσιμα δεδομένα παροχής ΦΑ στα ΣΕΔΔ<sup>1</sup> του ΔΕΣΦΑ (<http://www.desfa.gr>). Ενδεικτικά έχουν χρησιμοποιηθεί σύνολα δεδομένων παροχής ΦΑ από το ΣΕΔΔ Αθήνα. Για αυτό έχει κατασκευαστεί ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης, το οποίο έχει εκπαιδευτεί από τα δεδομένα κατανάλωσης των προηγούμενων ετών, τις μετεωρολογικές παραμέτρους καθώς και κάποιες επιπλέον εξειδικευμένες παραμέτρους. Για την εκπαίδευση έχουν χρησιμοποιηθεί δεδομένα έως 31/08/2017<sup>2</sup> και η επαλήθευση έχει γίνει με τα δεδομένα από τους μήνες Σεπτέμβριο 2017 έως και Σεπτέμβριο 2018.

<sup>1</sup> Σημεία Εξόδου Δικτύου Διανομής

<sup>2</sup> Η ημερομηνία έναρξης των δεδομένων ποικίλει ανάλογα με το υπό εξέταση ΣΕΔΔ. Η παλαιότερη είναι από Σεπτέμβριο 2008, για την Αθήνα, και η νεότερη από Αύγουστο 2014 για το Βόλο.

Το demo λειτουργεί ως ενεργός υπηρεσία σε πραγματικό χρόνο και ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί καθημερινά τις προβλέψεις επόμενης ημέρας (και την ακρίβεια) του μοντέλου.

Η υπηρεσία ForecastXM είναι προσβάσιμη μέσω του συνδέσμου: <https://forecastxm.com>

## Η εταιρία

Η Ex Machina Ιδρύθηκε το 2015 και το ίδιο έτος βραβεύτηκε με το πρώτο βραβείο για καινοτόμες λύσεις Internet of Things σε δύο διαγωνισμούς: το ΟΑΣΑ crowdhackathon και το διαγωνισμό The Digital Gate, του Διεθνούς Αερολιμένα Αθηνών και του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Τα ιδρυτικά μέλη της εταιρείας επιλέχθηκαν και συμμετείχαν σε εθνικά και διεθνή προγράμματα εκκόλαψης νεοφυών επιχειρήσεων τα τελευταία χρόνια αποκτώντας σημαντική γνώση και εμπειρία γύρω από την επιχειρηματικότητα.

Με στόχο την εξάλειψη της αβεβαιότητας για την πρόγνωση καιρού, η Ex Machina ξεκίνησε τη δραστηριότητά της στο χώρο της παροχής και επεξεργασίας μετεωρολογικών δεδομένων υλοποιώντας και διαθέτοντας την υπηρεσία WeatherXM. Στην πορεία, αξιοποιώντας την πολυετή εμπειρία σε τεχνολογίες Ίντερνετ των Πραγμάτων (Internet of Things), ασύρματους αισθητήρες και “έξυπνους” μετρητές (smart meters) με τη δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων Big Data, εξειδίκευσε τις υπηρεσίες της προς την κατεύθυνση του predictive analytics και συγκεκριμένα προς την ανάλυση και συσχέτιση μετεωρολογικών δεδομένων στο χώρο της ενέργειας, και συγκεκριμένα στην πρόβλεψη ζήτησης φυσικού αερίου, αυξημένης αξιοπιστίας και γεωγραφικής ακρίβειας.

Η επιτυχημένη πορεία της εταιρείας επιβεβαιώνεται από τις σημαντικές συνεργασίες που έχει συνάψει τα τελευταία χρόνια με σημαντικές εταιρείες όπως οι Microsoft Hellas, IBM Hellas, ΚΑΥΚΑΣ και DELPHIS group και με εξέχοντες πελάτες του ελληνικού χώρου, όπως ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών, η Εταιρία Παροχής Αερίου (Φυσικό Αέριο) Αττικής και ο ΑΔΜΗΕ.

# Βιβλιογραφία

- Akpinar, M., Adak, M. F., & Yumusak, N. (2016). Forecasting natural gas consumption with hybrid neural networks #8212; Artificial bee colony. In *2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)* (pp. 1–6).  
<https://doi.org/10.1109/IEPS.2016.7521852>
- Akpinar, Mustafa, Adak, M., Yumusak, N., Akpinar, M., Adak, M. F., & Yumusak, N. (2017). Day-Ahead Natural Gas Demand Forecasting Using Optimized ABC-Based Neural Network with Sliding Window Technique: The Case Study of Regional Basis in Turkey. *Energies*, *10*(6), 781. <https://doi.org/10.3390/en10060781>
- Čeperić, E., Žiković, S., & Čeperić, V. (2017). Short-term forecasting of natural gas prices using machine learning and feature selection algorithms. *Energy*, *140*, 893–900.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.026>
- Merkel, G. (2017). *Deep Neural Networks As Time Series Forecasters of Energy Demand* (MSc dissertation). Marquette University, Wisconsin. Retrieved from  
[https://epublications.marquette.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1436&context=theses\\_open](https://epublications.marquette.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1436&context=theses_open)