



Το Πρόβλημα της Βραχυπρόθεσμης Πρόβλεψης Ζήτησης Η/Ε στην εποχή της Μηχανικής Μάθησης

*Αδαμάκος Απόστολος
Διευθυντής Κλάδου Πιστοποίησης Δεδομένων
ΔΕΗ/ΔΕΑ*

Οι Αγορές Η/Ε στην Ελλάδα σήμερα

- + Target Model
- + Είδη Αγορών
- + Χρονική Ακολουθία Αγορών

Βραχυπρόθεσμη Πρόβλεψη Ζήτησης

- + Ορισμός & Επιπτώσεις
- + Πεδίο Εφαρμογής
- + Δεδομένα
- + Διαθεσιμότητα Δεδομένων

Αλγόριθμοι Πρόβλεψης Ζήτησης

- + Κατηγορίες Αλγορίθμων
- + Τυπικές Καμπύλες ανά Τάση

ΞΕΚΙΝΩΝΤΑΣ ΜΕ....

ΔΕΗ

Οι Αγορές Η/Ε στην Ελλάδα σήμερα

- + Target Model
- + Είδη Αγορών
- + Χρονική Ακολουθία Αγορών

Βραχυπρόθεσμη Πρόβλεψη Ζήτησης

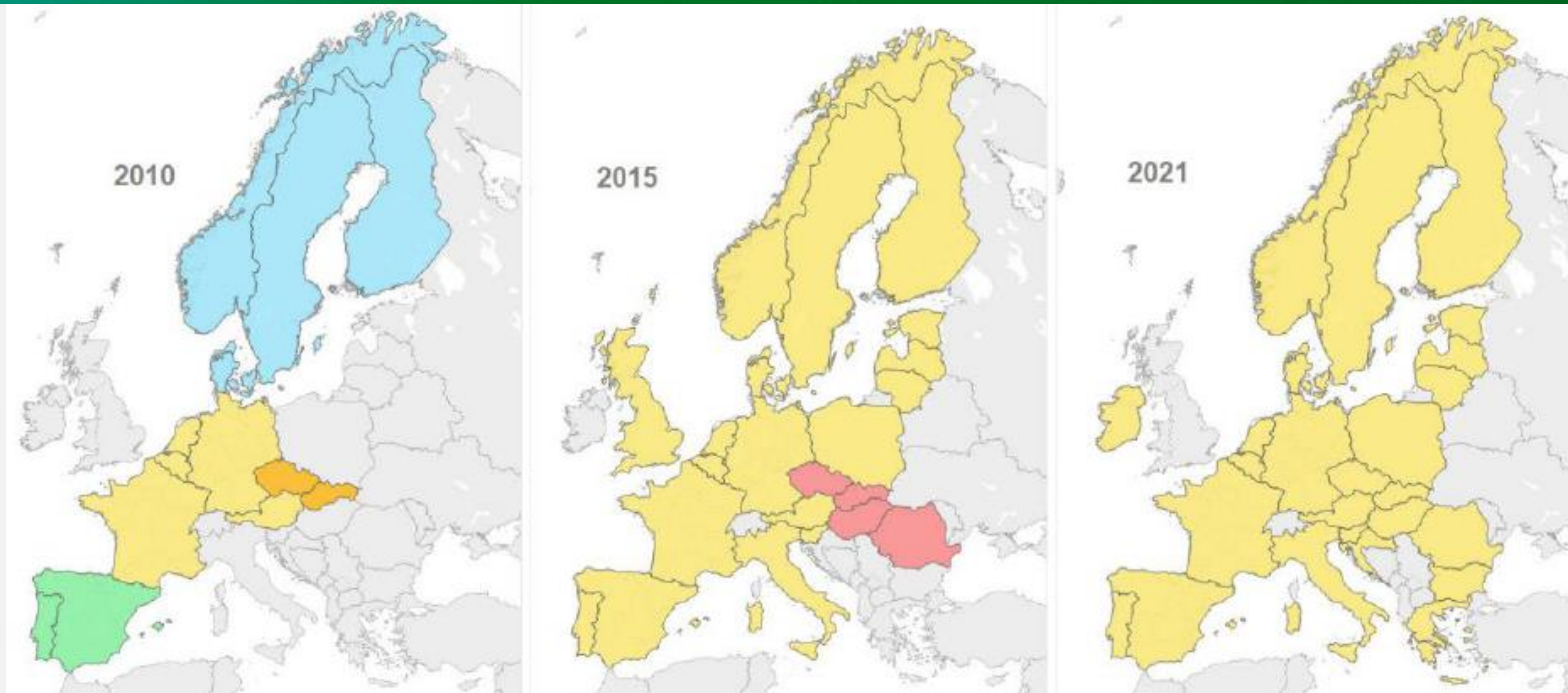
- + Ορισμός & Επιπτώσεις
- + Πεδίο Εφαρμογής
- + Δεδομένα
- + Διαθεσιμότητα Δεδομένων

Αλγόριθμοι Πρόβλεψης Ζήτησης

- + Κατηγορίες Αλγορίθμων
- + Τυπικές Καμπύλες ανά Τάση

Χρονική Εξέλιξη υιοθέτησης Μοντέλου Λειτουργίας Αγοράς Η/Ε (Target Model, *TM*)

ΔΕΗ



Κατηγορίες Αγορών Η/Ε & Μηχανισμών βάσει ΤΜΑΕΗ

Κατά τα τελευταία 30 χρόνια, οι χονδρικές αγορές Η/Ε έχουν αναπτυχθεί σε όλες τις χώρες της Ευρώπης, προκειμένου να εξυπηρετήσουν την ανταγωνιστική λειτουργία της παραγωγής Η/Ε και να προσφέρουν υπηρεσίες και προϊόντα σε λογικές τιμές στους Ευρωπαίους καταναλωτές.

f Μεσο-μακροπρόθεσμες προθεσμιακές αγορές (*forward markets*) & αγορές διμερών συμβάσεων (*bilateral OTC markets*)

f Ημερήσιες αγορές (*day-ahead markets*)

f Ενδο-ημερήσιες αγορές (*intra-day markets*)

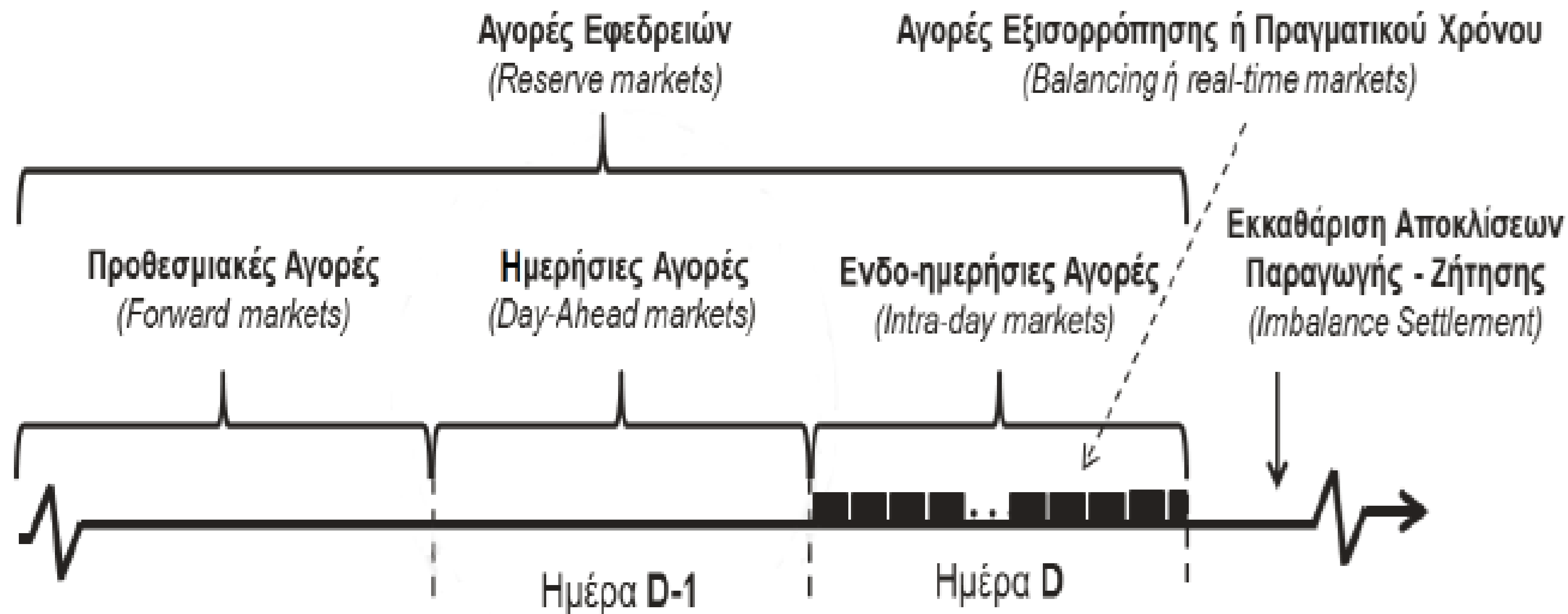
f Αγορές εφεδρειών (*reserve markets*)

f Αγορές εξισορρόπησης ενέργειας / πραγματικού χρόνου (*balancing / real time markets*)

f Μηχανισμοί εκκαθάρισης αποκλίσεων παραγωγής - ζήτησης (*imbalance settlement mechanisms*)

Χρονική Ακολουθία Αγορών Η/Ε & Μηχανισμών

ΔΕΗ



...συνεχίζοντας με...

ΔΕΗ

Οι Αγορές Η/Ε στην Ελλάδα σήμερα

- + Target Model
- + Είδη Αγορών
- + Χρονική Ακολουθία Αγορών

Βραχυπρόθεσμη Πρόβλεψη Ζήτησης

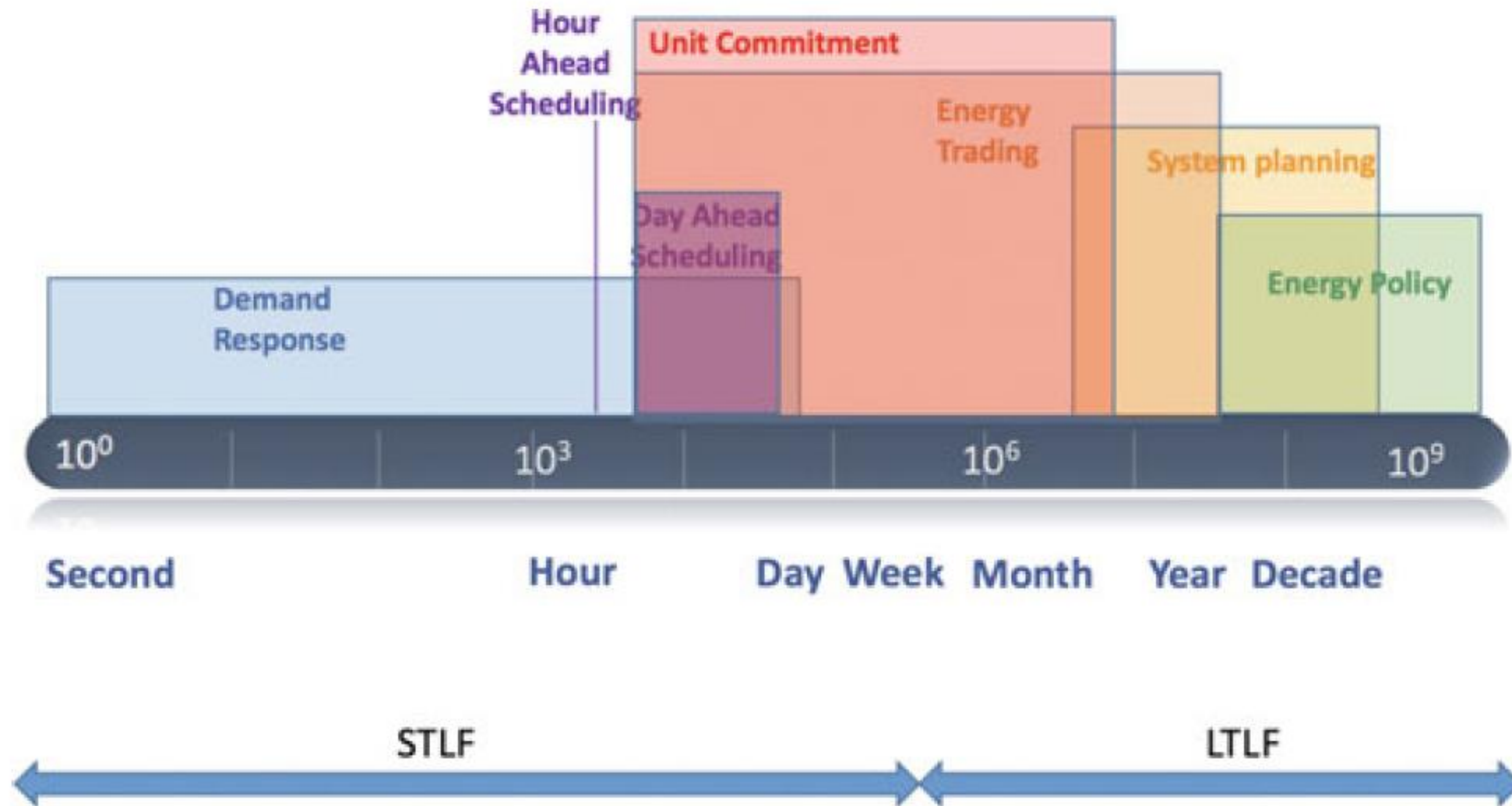
- + Ορισμός & Επιπτώσεις
- + Πεδίο Εφαρμογής
- + Δεδομένα
- + Διαθεσιμότητα Δεδομένων

Αλγόριθμοι Πρόβλεψης Ζήτησης

- + Κατηγορίες Αλγορίθμων
- + Τυπικές Καμπύλες ανά Τάση

Χρονικοί Ορίζοντες Πρόβλεψης Ζήτησης Η/Ε

ΔE_H



Τι είναι η Βραχυπρόθεσμη Πρόβλεψη Ζήτησης H/E

Η βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη ζήτησης H/E είναι μια λειτουργία των σύγχρονων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας.

Οι προβλέψεις των ωριαίων φορτίων **των επομένων 24 ωρών μέχρι και 7 ημερών** είναι απαραίτητες για την υποστήριξη λειτουργιών όπως η υδροθερμική συνεργασία, οι ανταλλαγές ενέργειας, η ένταξη μονάδων στο Σύστημα καθώς και ο έλεγχος της ασφάλειας του συστήματος.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση H/E είναι:

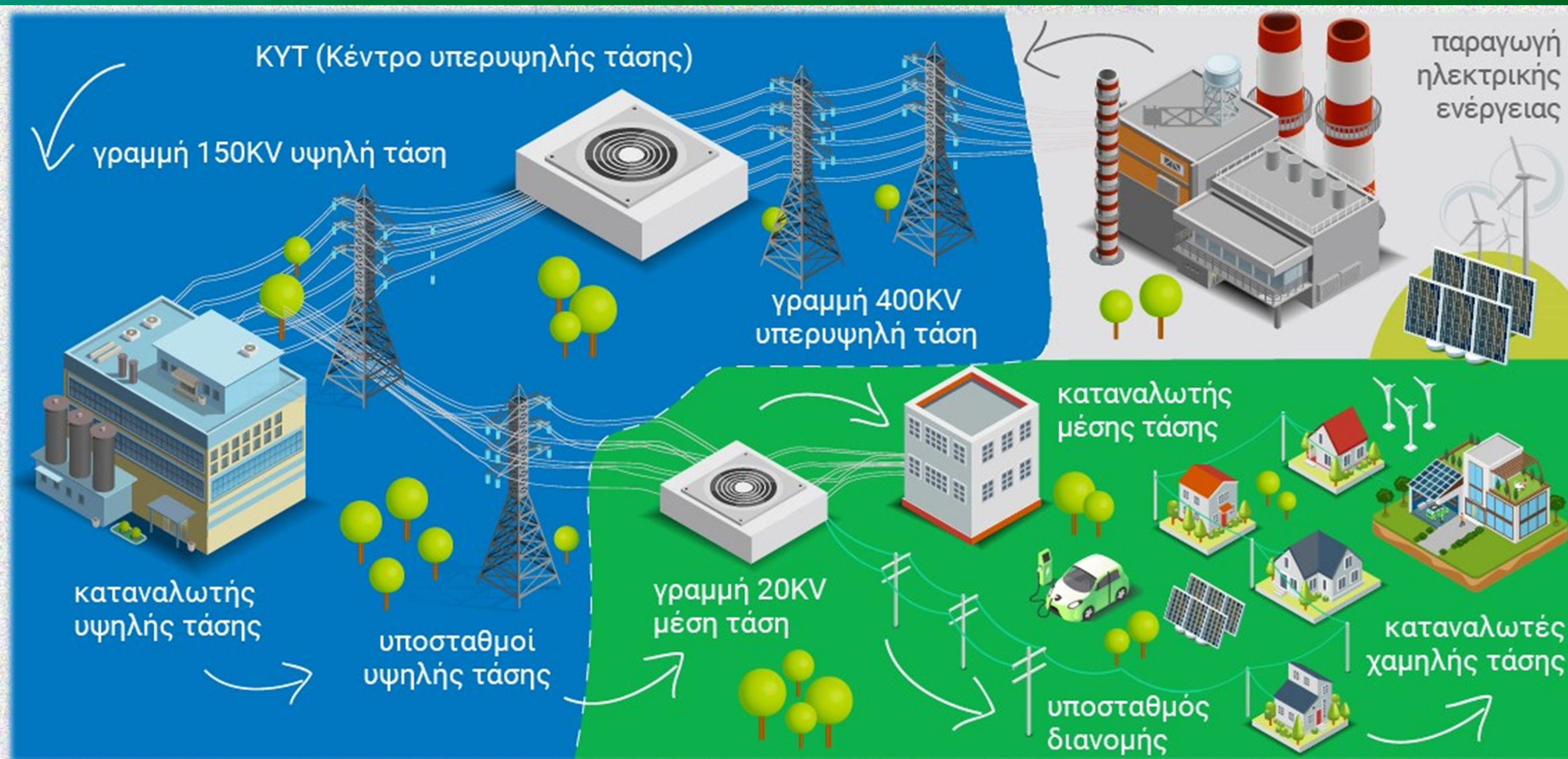


Επιπτώσεις Βραχυπρόθεσμης Πρόβλεψης Ζήτησης

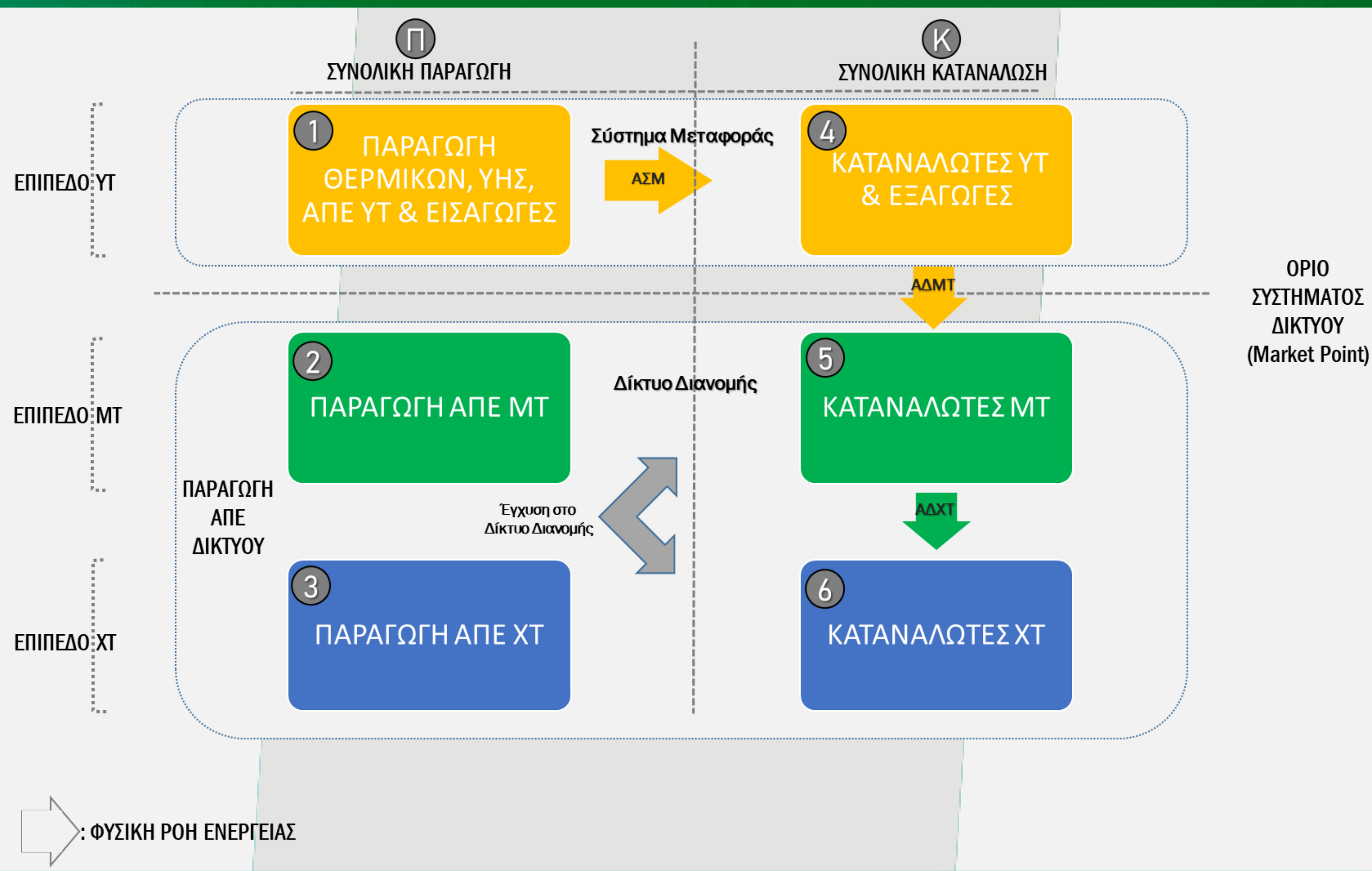
- f Η βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη φορτίου διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία του συστήματος και στον προσδιορισμό του επιπέδου ασφαλείας.
- f Η ατυχής πρόβλεψη φορτίου έχει δυσμενείς επιπτώσεις τόσο ως προς την ορθή αξιοποίηση των δυνατοτήτων του Συστήματος Μεταφοράς, όσο και ως προς την ευστάθεια του.
- f Η αστοχία της πρόβλεψης οδηγεί σε αλλοίωση των τιμών των Αγορών Η/Ε.
- f Αναλόγως της απόκλισης που παρουσιάζεται μεταξύ εκτιμηθείσας και πραγματικής ζήτησης, επιβάλλονται διοικητικά πρόστιμα από τον Διαχειριστή Μεταφοράς (ΑΔΜΗΕ), με στόχο την αποτροπή πρακτικών χειραγώγησης των τιμών των Αγορών Η/Ε.

Πεδίο Εφαρμογής της Πρόβλεψης Ζήτησης Η/Ε: Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς (ΔΣΜ)

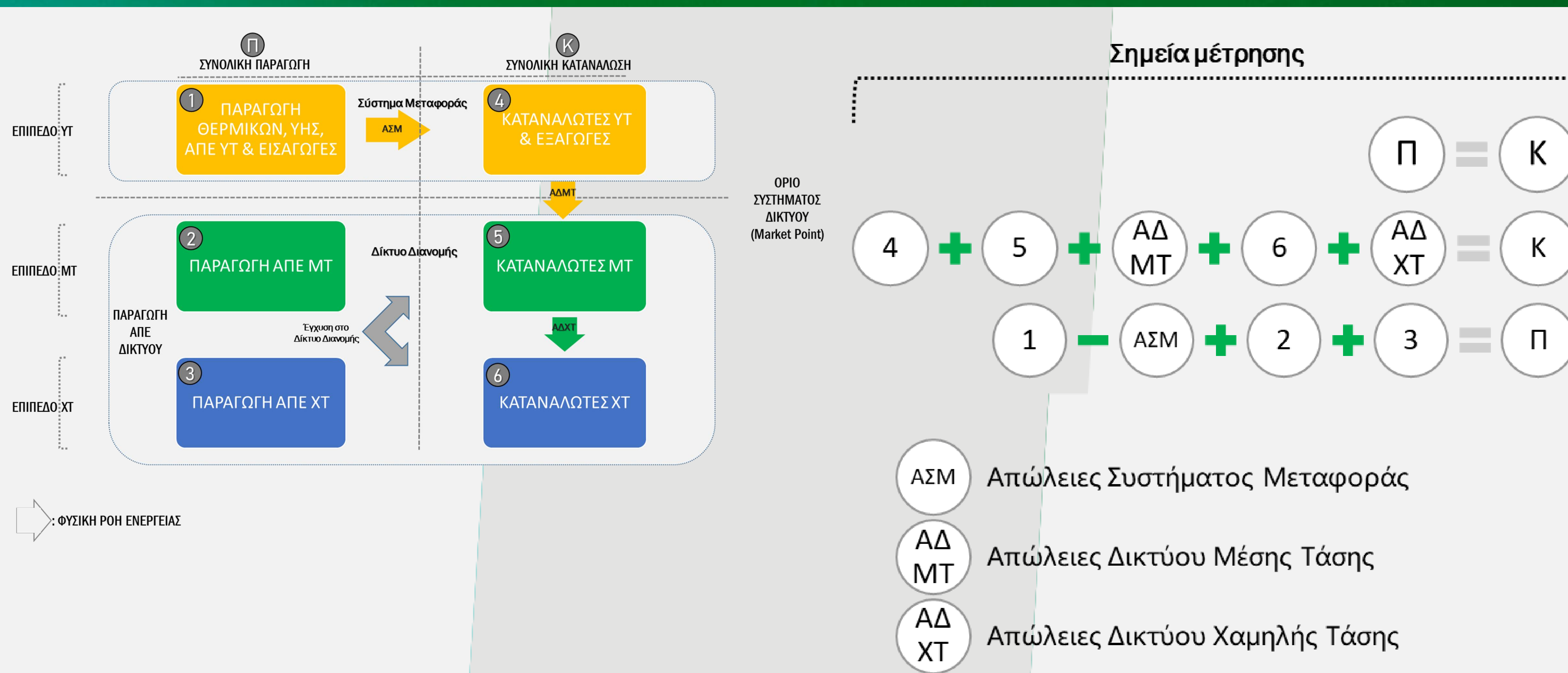
ΔΕΗ



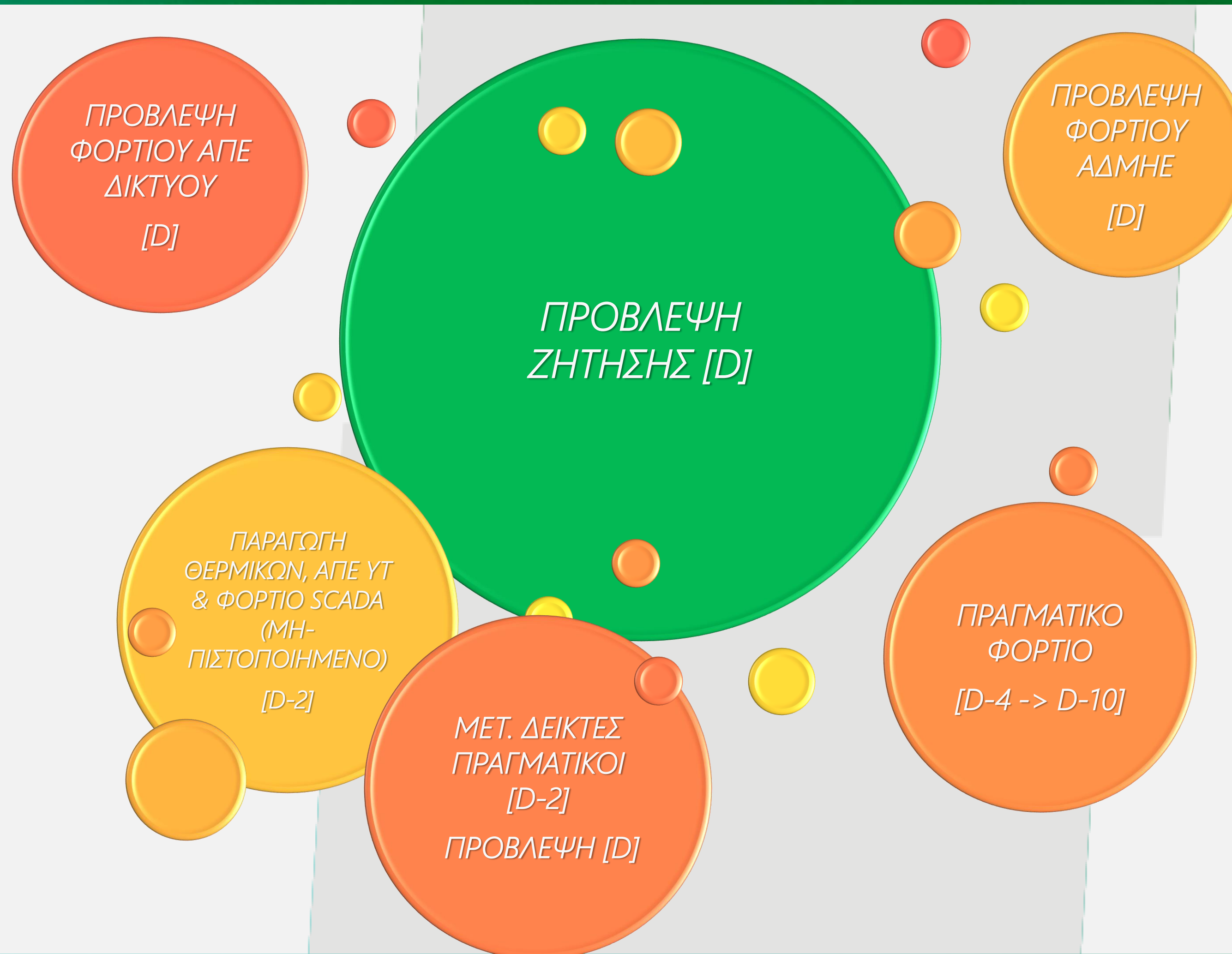
Ποιοτική Περιγραφή Ενεργειακών Δεδομένων για την Πρόβλεψη Ζήτησης Η/Ε



Βασικές Εξισώσεις Ενεργειακών Δεδομένων για την Πρόβλεψη Ζήτησης Η/Ε



Διαθέσιμα Δεδομένα για Πρόβλεψη Ζήτησης Η/Ε Δ_{EH} Ημέρας $[D]$ κατά την Ημέρα $[D-1]$



Μετεωρολογικοί
Δείκτες

- f Θερμοκρασία
- f Ηλιακή Ακτινοβολία
- f Ένταση Ανέμου
- f Υγρασία

...τελειώνοντας με

ΔΕΗ

Οι Αγορές Η/Ε στην Ελλάδα σήμερα

- + Target Model
- + Είδη Αγορών
- + Χρονική Ακολουθία Αγορών

Βραχυπρόθεσμη Πρόβλεψη Ζήτησης

- + Ορισμός & Επιπτώσεις
- + Πεδίο Εφαρμογής
- + Δεδομένα
- + Διαθεσιμότητα Δεδομένων

Αλγόριθμοι Πρόβλεψης Ζήτησης

- + Κατηγορίες Αλγορίθμων
- + Τυπικές Καμπύλες ανά Τάση

Αλγόριθμοι Πρόβλεψης Ζήτησης Η/Ε [1]

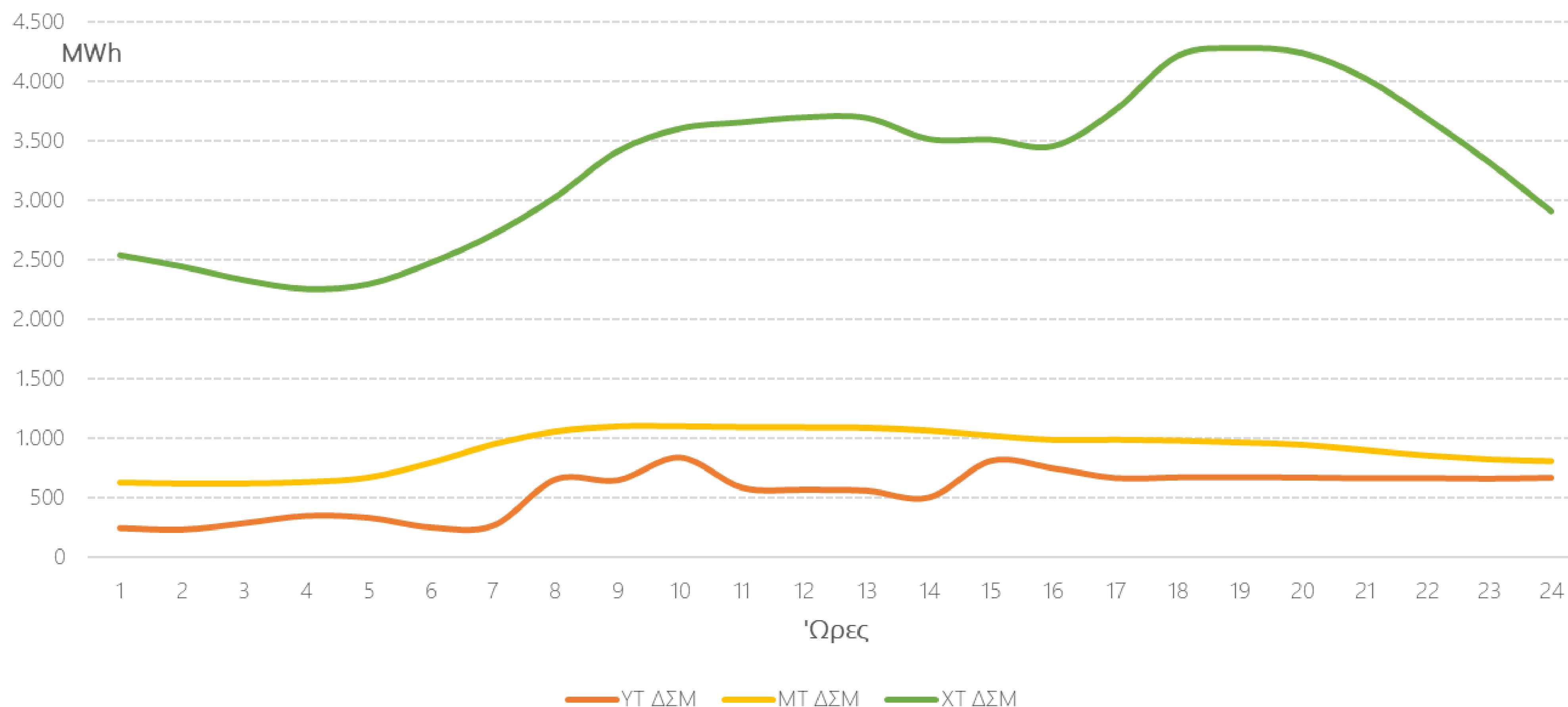
ΔΕΗ

- f* Πίσω από τους περισσότερους αλγόριθμους πρόβλεψης κρύβεται το γεγονός ότι μια μελλοντική ημέρα είναι πιθανό να μοιάζει πολύ με ημέρες στο παρελθόν ως προς τον καιρό, την εποχή, την ημέρα της εβδομάδας (**explicitly**) και την ζήτηση Η/Ε (**implicitly**).
- f* Χρησιμοποιούνται συνήθως τεχνικές υπολογισμού μέσου όρου ή παλινδρόμησης.
- f* Οι συγκεκριμένες τεχνικές λειτουργούν καλά **ΜΟΝΟ** όταν τα προφίλ ζήτησης είναι ομαλά (**YT/MT**). Σε αντίθετη περίπτωση (**XT**), η ακρίβεια των προβλέψεων μειώνεται σημαντικά.
- f* Απαιτούνται αλγόριθμοι που να αναπαράγουν κορυφές στις προβλέψεις αντίστοιχες με τις κορυφές των παρατηρούμενων προφίλ (**XT**).
- f* Δημοφιλή metrics που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις σφάλματος στις προβλέψεις ζήτησης είναι **mean absolute percentage error (MAPE)** & **mean absolute error (MAE)**.

Τυπικές Καμπύλες Ζήτησης Η/Ε ανά Τάση Σύνδεσης



Ζήτηση Η/Ε στο ΔΣΜ στις 02/01/2023



Αλγόριθμοι Πρόβλεψης Ζήτησης Η/Ε [2]

ΔΕΗ

f Multiple Linear Regression (MLR)

Οι τεχνικές γραμμικής παλινδρόμησης έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη πρόβλεψη ζήτησης. Είναι πολύ δημοφιλείς λόγω απλότητας και καλής απόδοσης.

f Time Series Based Algorithms

Οι βασικές παραδοχές στις κλασσικές τεχνικές MLR είναι ότι η εξαρτημένη μεταβλητή (y_t), επηρεάζεται από ανεξάρτητες μεταβλητές πρόβλεψης (x_t) και ότι τα σφάλματα είναι ανεξάρτητα, με σταθερό **var** και μηδενικό **mean**. Θεωρώντας τις μετρήσεις κατανάλωσης μέσω smart metering systems ως χρονοσειρές, εφαρμόζονται μέθοδοι χρονοσειρών όπως:

autoregressive (AR) models

exponential smoothing models

kernel density estimation (KDE) algorithms

Αλγόριθμοι Πρόβλεψης Ζήτησης Η/Ε [3]

ΔΕΗ

f Permutation Based Algorithms

Επειδή οι προηγούμενοι αλγόριθμοι χαρακτηρίζονται από smoothing properties, θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν μη ιδανικοί για την πρόβλεψη μεμονωμένων αιχμών. Σε τέτοιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται permutation-based αλγόριθμοι, όπως:

adjusted average forecast

permutation merge

adjusted k-nearest neighbors & extensions

f Machine Learning Based Algorithms

Το μεγάλο πλεονέκτημα των τεχνικών μηχανικής μάθησης είναι η ευελιξία τους και η ικανότητά τους να χειρίζονται πολύπλοκα και μη γραμμικά μοντέλα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αλγορίθμων μηχανικής μάθησης είναι:

artificial neural networks

multi-layer perceptron

support vector machines

long-short-term-memory

Ευχαριστούμε για το ενδιαφέρον σας.

A suitable open book to get you more interested
can be downloaded from here:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-28669-9_2



Υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ - ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου: Τ2ΕΔΚ-03048)

