

Το άρθρο περιγράφει ένα καινοτόμο διαδικτυακό Ενεργειακό Πληροφοριακό Σύστημα Λήψης Αποφάσεων (EMIR), την απαιτούμενη αρχιτεκτονική με προηγμένες τεχνολογίες διαδικτύου και την καινοτομική αλγοριθμική βάση ενός πολυδιάστατου μοντέλου ελέγχου, επεξεργασίας, βέλτιστης διαχείρισης και απεικόνισης μίας οποιαδήποτε χρονοδυναμικής τράπεζας με ετερογενής ενεργειακές μετρήσεις. Το εν λόγω σύστημα και η μέθοδος που ακολουθείται έχει ως στόχο την on-line ελαχιστοποίηση του μεταβλητού κόστους προμήθειας ενέργειας, μέσω της θεωρίας της υπερκυβικής βελτιστοποίησης καθώς και την μεγιστοποίηση των κερδών της επιχείρησης ή του εκάστοτε προμηθευτή με βάση τον συνδυασμό και παροχή σύνθετων web-ενεργειακών υπηρεσιών added-value σε επιλεγμένους πελάτες. Επίσης επιτυγχάνεται και ο έλεγχος και η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης (εξοικονόμηση ενέργειας) από πλευράς ενεργειακού καταναλωτή (χαμηλής ή μέσης τάσης), μέσω συνεχούς ενεργειακού profiling και αμφίδρομου ελέγχου της ενεργειακής συμπεριφοράς (energy behavioral control) του καταναλωτή.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Νέο καινοτόμο e-energy σύστημα

Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος το πρόβλημα περιγράφεται με μια σύνθετη αντικειμενική συνάρτηση η οποία βάσει των ενεργειακών αποτελεσμάτων που θα εξάγονται από την ενεργειακή βάση δεδομένων και σύνθετων on-line αλγορίθμων, θα ελαχιστοποιείται συνεχώς και θα προσαρμόζεται σε νέες συνθήκες. Τα διάφορα ενεργειακά στατιστικά προφίλ των καταναλωτών αποθηκεύονται, συσασδοποιούνται με βάση μία διαφορική τοπολογία ισομορφικού υπερκύβου και χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό, με την βοήθεια ενός Internet Portal, όπου όλοι οι παίκτες έχουν πρόσβαση (υπό συνθήκες) και συμμετέχουν σε μία διαδικασία ενεργειακής οικονομικής δοσοληψίας, υπό όρους. Το σύστημα και η μέθοδος οδηγούν σε ένα αμφίδρομο portal με ενσωματωμένη ενεργειακή μηχανή αναζήτησης και διαχείρισης ενεργειακών πόρων (πχ. ΑΠΕ), on-line ενεργειακό CRM, Energy location-based services (E-LBS) με ενσωματωμένο Google Map, έλεγχο ειδικευμένων οικονομικών δεικτών και KPIs για επενδυτές ΑΠΕ καθώς και σε διάφορες added-value ενεργειακές υπηρεσίες σε πελάτες της νέας απελευθερωμένης Ενεργειακής Αγοράς. Το πλήρες σύστημα και η μέθοδος (αλγόριθμος emir-energyrank για ranking και behavioral control ενεργειακών πελατών) κέρδισε το 2^ο βραβείο στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Καινοτομίας της ΟΤΕΝΕΤ (Innovation 2006) και προστατεύεται ήδη από δύο επιτυχημένες αιτήσεις Διπλ.

Ευρεσιτεχνίας του Ο.Β.Ι. για αποκλειστική χρήση στην Ελληνική αγορά. Η μέθοδος θα παρουσιαστεί στο επερχόμενο Πανελλήνιο Συνέδριο του Π.Σ.Δ.Μ.Η. 2007 στην Αθήνα. Η σχεδίαση της βέλτιστης ενεργειακής πολιτικής, στα πλαίσια της ελεύθερης παραγωγής και διάθεσης ενέργειας, εξελίσσεται σε ένα ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα την σύγχρονη εποχή, ειδικά μετά την ανάπτυξη και χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Τη λύση μπορεί να δώσει το σύστημα και η μέθοδος που παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο με σκοπό την δημιουργία του πρώτου διαδικτυακού «έξυπνου» ενεργειακού συστήματος για την on-line ανάλυση φορτίων και λήψης αποφάσεων στρατηγικού ενεργειακού σχεδιασμού. Η κατοχυρωμένη (ΟΒΙ) υπηρεσία θα συνδυάσει δύο μεγάλες αγορές, την αγορά της Ενέργειας και τον χώρο του IT. Ο ενεργειακός χώρος στην Ελλάδα θα παρουσιάσει μεγάλη ανάπτυξη τα επόμενα χρόνια με την χρησιμοποίηση των ΑΠΕ -Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας- και την απελευθέρωση της αγοράς για την χαμηλή τάση και τους οικιακούς καταναλωτές. Η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας -κόστους- και των νεόφερτων «ενεργειακών υπηρεσιών» θα αποκτήσει ιδιαίτερη βαρύτητα και θα αποτελέσει σημείο αναφοράς για την δημιουργία νέων υπηρεσιών. Κάποιες γενικές διαπιστώσεις για την Αγορά μπορούν να είναι οι εξής:

Βασίλειος Γ. Νικολόπουλος

Υποψήφιος Δρ. Μηχ. ΕΜΠ

(Medialab NTUA)

Senior Σύμβουλος - Μηχανικός

(Intellisolutions SA)

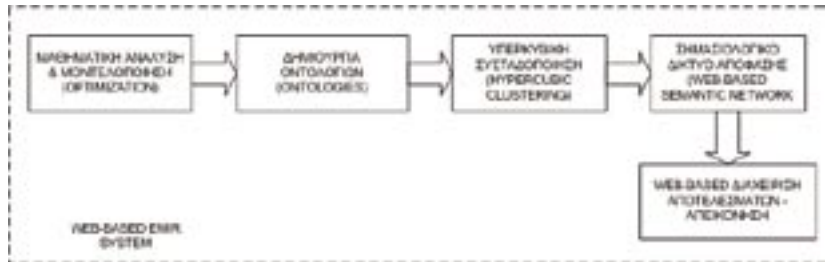
vnikolop@medialab.ntua.gr

<http://www.medialab.ntua.gr/vnikolop>

- Υπάρχει εντυπωσιακό ενδιαφέρον και ανθρώπινο δυναμικό στην Ελλάδα, το οποίο αντιμετωπίζει με σοβαρότητα τα ενεργειακά θέματα γενικότερα και την εξοικονόμηση ενέργειας ειδικότερα
- Θα υπάρξει αλματώδης αύξηση επενδύσεων σε ΑΠΕ στα επόμενα χρόνια
- Η Ελλάδα υστερεί σε ότι αφορά τα προγράμματα εξοικονόμησης και Διαχείρισης ενέργειας καθώς και σχεδιασμού Ενεργειακών Πληροφοριακών Συστημάτων.
- Η εξοικονόμηση και διαχείριση ενέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά μας, η οποία ως έχει σήμερα δεν βοηθάει. Ίσως γιατί ο Έλληνας πολίτης δεν ενημερώνεται επαρκώς σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και δεν του δίνονται τα απαραίτητα ερεθίσματα και ευκολίες

Ενεργειακή πληροφορία και γνώση

Η έννοια της πληροφορίας έχει αποκτήσει μεγάλη σημασία στην σημερινή ψηφιακή εποχή. Η καλή πληροφορία από μόνη της είναι μία κενή έννοια, η οποία αν μείνει ανεκμετάλλευτη δεν εξυπηρετεί κανέναν και τίποτα. Η πληροφορία γίνεται όμως εξαιρετικά ενδιαφέροντα, εάν μέσω μιας κατάλληλης επεξεργασίας εξάγουμε από αυτή πολύτιμα και συνδυαστική γνώση, η οποία σε συνδυασμό με κάποιο ή κάποια μαθηματικά ή εννοιολογικά μοντέλα και κανόνες, δημιουργεί το φαινόμενο του συμπερασμού και της λογικής λήψης απόφασης (decision reasoning). Η λήψη απόφασης βασισμένη σε κάποια πληροφορία, είναι κάτι αρκετά πολύπλοκο, αν πρόκειται μάλιστα για λήψη βέλτιστης απόφασης. Και αυτό γιατί οι περισσότερες τεχνικές που ακολουθούνται σήμερα προσπαθούν να προσεγγίσουν την ανθρώπινη λογική ή κάποιο μέρος της (πχ. ανθρωπίνος εγκέφαλος και νευρώνες) και να εξομοιώσουν την διαδικασία του ανθρώπινου συμπερασμού (πχ. νευρωνικά δίκτυα, ασαφής λογική κοκ). Έτσι, η σημασία της **Ενεργειακής Πληροφορίας** και των μεταδεδομένων που την συνοδεύουν μπορεί να αποκτήσει πολύ μεγάλη αξία. Οι νέες τεχνικές διαχείρισης και μοντελοποίησης της γνώσης, σε συνδυασμό με μία σωστή σημασιολογική προσέγγιση μπορούν να δημιουργήσουν ένα πολύ αποτελεσματικό Ενεργειακό Σύστημα Λήψης Αποφάσεων (Energy Decision Support System) που θα προσφέρει πρωτοποριακές υπηρεσίες σε διαδικτυακούς χρήστες. Ο τρόπος που αναλύουμε και διαχειριζόμαστε την ενεργειακή πληροφορία παίζει πια πολύ σημαντικό ρόλο, όπως κάποτε ο αλγόριθμος pagerank (L. Page), πάνω στον



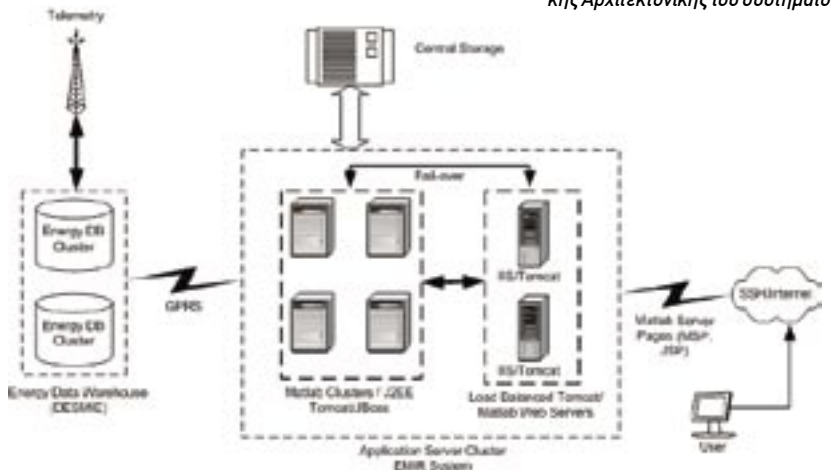
Σχ. 1. Συνολική διαδικασία ανάλυσης ενεργειακής πληροφορίας

οποίο στηρίχθηκε όλη η αυτοκρατορία του Google. Απλά, η βασική ιδέα ήταν όχι μια καινούργια μηχανή αναζήτησης, **αλλά ένας διαφορετικός τρόπος προσέγγισης και διαχείρισης της πληροφορίας**. Η μέθοδος λοιπόν που προσεγγίζουμε την ενεργειακή πληροφορία είναι πολύ διαφορετική και αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνουμε απόφαση αλλά και αναλύουμε ενεργειακούς καταναλωτές. Η υπερκυβική διαχείριση της ενεργειακής πληροφορίας αποτελεί μία από τις πολλές καινοτομίες του παρόντος συστήματος, η οποία οδηγεί την παροχή ειδικευμένων καταμεμημένων διαδικτυακών ενεργειακών υπηρεσιών, σε βάση LBS (Location-based Services), καθώς και αποτελεσματικό behavioral control ενεργειακών καταναλωτών, για παροχή εξατομικευμένων ενεργειακών και λοιπών υπηρεσιών.

Ενεργειακή πληροφορία και σημασιολογία

Η νέα εποχή της γνώσης θέλει μια ενοποιημένη μαθηματική βάση για να επεξηγήσει τα πάντα, μία ενοποιημένη μαθηματική συνάρτηση που να περιγράφει ικανοποιητικά κάποια πληροφορία που αλιεύεται από οποιαδήποτε ετερογενή πηγή,

Σχ. 2. Σχηματικό διάγραμμα συνολικής Αρχιτεκτονικής του συστήματος





Σχ. 3. Demo Portal που ήδη υπάρχει on-line



Σχ. 4. Δείγμα περιγραφικών στατιστικών ενεργειακών καμπύλων από το σύστημα

είτε με ενσύρματο (internet, web services) είτε με ασύρματο τρόπο (wireless intelligent LAN). Το ανθρώπινο μυαλό στην παραγωγή γνώσης και απόφασης δουλεύει και συγκριτικά και για αυτό το λόγο εξόρυξη και συσταδοποίηση (clustering) έχει κερδίσει πολύ τα τελευταία χρόνια.

Το πρώτο βήμα λοιπόν για μία σωστή μαθηματική και εννοιολογική προσέγγιση του συστήματος EMIR, είναι η εξαγωγή και σχεδιασμός οντολογιών που θα περιγράφουν ιδανικά ένα σύστημα παραγωγής ή προμήθειας ενέργειας, σύμφωνα με τους νέους κανόνες της ελεύθερης αγοράς. Εν συνεχεία, αυτές οι ενεργειακές οντολογίες θα διασυνδεθούν μεταξύ τους για την παραγωγή ενός σύνθετου σημασιολογικού δικτύου, όπου βάση κάποιων προχωρημένων αλγορίθμων, θα επεξεργάζεται η ενεργειακή πληροφορία και θα εξαχθεί γνώση (σχήμα 1).

Μαθηματικό μοντέλο και αλγόριθμος

Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος το πρόβλημα περιγράφεται μαθηματικά με μια Αντικειμενική Συνάρτηση (Objective Function) η οποία με βάση τα ενεργειακά αποτελέσματα που θα εξαχθούν από την ενεργειακή Βάση Δεδομένων και σύνθετων on-line αλγορίθμων, θα ελαχιστοποιείται συνεχώς, μέσω Internet. Η όλη διαδικασία της ελαχιστοποίησης μπορεί να μας δώσει σημαντικές πληροφορίες για την διαδικασία προμήθειας ενέργειας και βέλτιστων ενεργειακών δοσοληψιών, οι οποίες εξαρτώνται χρονικά από τις εκάστοτε ενεργειακές μετρήσεις. Η δυναμικότητα του συστήματος αντιμετωπίζεται από το σύστημα, με βάση την συνεχή διαδικτυακή συλλογή μετρήσεων (GPRS, GSM, ADSL) και τη συνεχή συσταδοποίηση των αποτελεσμάτων για εξαγωγή απόφασης (Hypercubic Data Mining). Βασική επιδίωξη του web-based συστήματος είναι η εύρεση και στοχαστική πρόβλεψη των ωρών ή ημερών όπου θα υπάρχει κέρδος για τον προμηθευτή, που σημαίνει μικρό διαφορικό κόστος εισαγωγής και η δυνατότητα μεταβλητής τιμολογιακής πολιτικής προς τον καταναλωτή (προσφορές, εκπτώσεις, added-value ενεργειακές υπηρεσίες) που θα διεξάγεται δυναμικά από το σύστημα, με βάση το μεταβλητό ενεργειακό του προφίλ.

Ως συνέπεια, η μεταβλητή τιμή της Οριακής Τιμής Συστήματος (ΟΤΣ) συγκριτικά με την μεταβλητή τιμή ενός συμβολαίου και το μεταβλητό διαφορικό κόστος παραγωγής ή προμήθειας θα αποφέρει στον προμηθευτή διαφορικά κέρδη από την πώληση της περίσσειας θετικής ενέργειας στο σύστημα ή στο στοχευμένο ενεργοβόρο καταναλωτή ο οποίος εκείνη την συσχετισμένη χρονική στιγμή θα έχει σημαντικό και κερδοφόρο peak.

Η παραπάνω παραδοχή αποδεικνύεται και μαθηματικά από την παρακάτω εξίσωση Ενεργειακής Ισορροπίας:

$$\sum_{j=1}^n (Q_j - L_{\Delta} - L_E) * SMP + \sum_{j=1}^n (Q_i^a - L_i^a) * SMP = 0 \quad (1)$$

Όπου $\left[Q_i \propto \sum_{n=1}^k W_n^k \right] \propto e_r$ που σημαίνει ότι το φορτίο είναι άμεσα εξαρτώμενο και ανάλογο της πολυδιάστατης Μήτρας W που αντιπροσωπεύει τις ειδικές τιμές και συμφωνίες (n) του συμβολαίου προμήθειας ενέργειας (k) καταναλωτών και επίσης η συνολική σχέση είναι ανάλογη της ζήτησης φορτίου που αντιπροσωπεύεται από την στοχαστική συνάρτηση $e_r(x)_{x,1}$, εξαρτώμενη από διάφορες κλιματολογικές και λοιπές τυχαίες μεταβλητές. Τα ανύσματα L_{Δ} και L_E μοντελοποιούνται

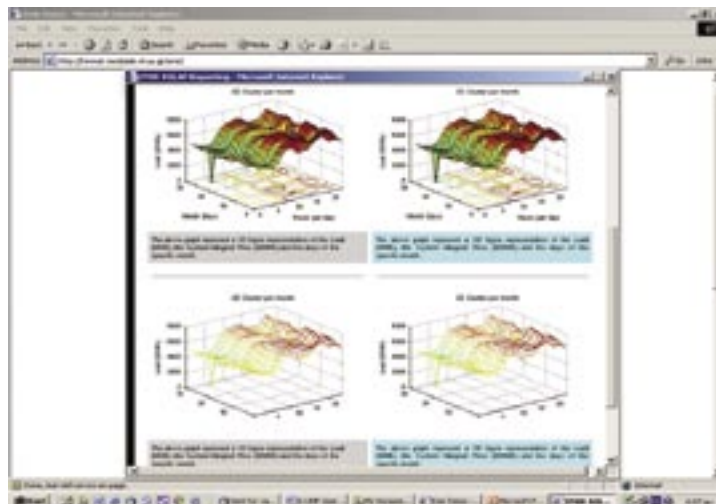
παρακάτω από την εξίσωση (2) και αντιπροσωπεύουν την καταναλισκόμενη ενέργεια (από καταναλωτές) και το Q_i αντιπροσωπεύει την παραγομένη ή εισαγόμενη ενέργεια από την προμηθευτή. Το SMP είναι η οριακή τιμή συστήματος (ΟΤΣ). Ένα τυπικό πολυμεταβλητό ενεργειακό διάνυσμα φορτίου περιγράφεται από την εξίσωση:

$$L_D = \mu_m^L + \sum_{i=1}^j w_d^{Li} v_m^{Li} \quad (2).$$

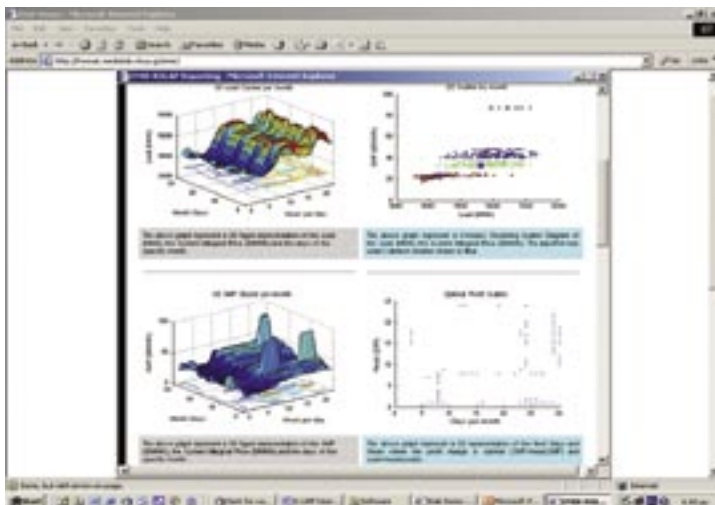
Το διάνυσμα πρωτεύοντων μεταβλητών μ_m και τα συσχετισμένα βάρη w_d ενσωματώνονται έτσι ώστε να υπάρξει η βέλτιστη προσέγγιση ενός συνολικού ενεργειακού διανύσματος φορτίου. Το μ_m συμβολίζει τα ημερήσια ενεργειακά διανύσματα. Ένα μηνιαίο μονοδιάστατο διάνυσμα $[24 \times 1]$ χρησιμοποιείται για να περιγράψει την συμπεριφορά φορτίου, μετασχηματίζοντας την παραπάνω εξίσωση σε: $L_D = \mu_m^L + w_d^L v_m^L$, όπου οι μεταβλητές μ_m και v_m είναι ντετερμινιστικά διανύσματα και το w_d μία ημερήσια стоχαστική διαδικασία. Η προσέγγιση λοιπόν και η πρόβλεψη φορτίων, θα ενσωματωθεί στην αρχική εξίσωση Ενεργειακής Ισορροπίας (1). Έτσι η διαφορά $Q_i - L_i$ είναι πολύ σημαντική καθώς περιγράφει το «κέρδος» του προμηθευτή, είτε προς το σύστημα (ΟΤΣ) είτε προς τους επιλέγοντες πελάτες του, μέσω της μήτρας συμβολαίων Wh . Η διαφορά κέρδους υπολογίζεται και προβλέπεται από την υπερκυβική συσταδοποίηση των ενεργειακών προφίλ των καταναλωτών. Οι ενεργειακές καμπύλες συσταδοποιούνται γύρω από τα απαραίτητα κεντροειδή, ανάλογα με το ποσοστό προμήθειας της ενέργειας. Αυτή η προσέγγιση επιταχύνει πάρα πολύ τις αλγοριθμικές διαδικασίες και ενσωματώνει τα κεντροειδή μέσα στο σημασιολογικό διάγραμμα του σχ. 1. Έτσι, ο προμηθευτής μπορεί, ψάχνοντας μία μεγάλη χρονικά μεταβαλλόμενη ενεργειακή βάση, να βρει συσχετισμούς ενεργοβόρων καταναλωτών και την περιοδικότητά τους. Αυτόματα, το σύστημα αναπροσαρμόζει την αντικειμενική συνάρτηση και καθορίζει τις βέλτιστες τιμές συμβολαίων Wh , από όπου και οι καταναλωτές θα εξοικονομήσουν ενέργεια αλλά και ο προμηθευτής θα έχει συγκεντρωτικό κέρδος για μικρό χρονικό διάστημα (peak prediction - correlation). Συνεπώς, μέσω της μεταβαλλόμενης μήτρας W και της στοχαστικής εκτίμησης φορτίου $e_r(x)$ μπορούμε να επέλθουμε στην ελεγχόμενη ελαχιστοποίηση. Το σύστημα, με back-end processes και διαδικασίες εξόρυξης, αναλύει τα μετρούμενα ενεργειακά δεδομένα και υπολογίζει τα θετικά ισοζύγια ενέργειας, με βάση τους πελάτες και τα κόστη εισαγωγής του εκάστοτε προμηθευτή. Εν

συνεχεία, με την μέθοδο της συσταδοποίησης (clustering) και επιλέγοντας συγκεκριμένο κεντροειδές (centroid) βρίσκει και περιγράφει γραφικά τις βέλτιστες ημέρες και ώρες, όπου ο προμηθευτής αναμένεται να έχει κέρδος. Βέβαια, όλα τα παραπάνω είναι **δυναμικά και προσαρμόζονται στην εκάστοτε αγορά και τους κανόνες συνδιαλλαγής**. Η βάση του συστήματος απόφασης, είναι οι οντολογίες, οι οποίες συνδυαζόμενες δημιουργούν ένα ενεργειακό σημασιολογικό δίκτυο, το οποίο αποτελεί την βάση γνώσης του συστήματος.

Η μέτρηση των νορμών βασίζονται σε ένα ισομορφικό μετρικό χώρο, που αποτελείται από πολλά vertices σε δομή simplicial complex. Αυτό δίνει μία οπτική αλλά και μαθηματική εικόνα του πόσο απέχει η εκάστοτε μέτρηση από γειτονικές οντότητες. Διαισυνδένοντας λοιπόν όλες τις αποστάσεις, με ειδικό μαθηματικό αλγόριθμο και ειδική παράλληλη επεξεργασία, έχουμε πολυδιάστατη γνώση αλλά και οπτικά ένα γεωμετρικό - τοπολογικό locus που μας δείχνει το πως "κινείται" η μέτρηση σε σχέση με τα κεντροειδή που έχουμε θέσει αρχικά ως βέλτιστες τιμές (πχ. εκτιμώμενο κέρδος, ιδανικό SMP, βέλτιστη τιμή συμβολαίου, κοκ). Η παραπάνω εξομοίωση έγινε μέσα σε ένα ιδεατό υπερκυβικό πλέγμα, όπου κάθε κορυφή αντιστοιχεί σε ένα κεντροειδές (centroid). Η μέτρηση των νορμών έγινε χρησιμοποιώντας τον στοχαστικό αλγόριθμο δρομολόγησης του Valiant με την χρήση πρακτόρων-agents (10 virtual κύκλοι CPU για δρομολόγηση 64ρων centroids σε παράλληλο σύστημα clustered Matlab / J2EE και υπολογισμού 5-διάστατης Ευκλείδειας Νόρμας). Το αποτέλεσμα των πιο πάνω παραδοχών και αναλύσεων, είναι ο πλήρης έλεγχος μεγάλου



Σχ. 5. Δείγμα 3-διάστατων ενεργειακών καμπύλων-report από το σύστημα



Σχ. 6. Δείγμα υπερκυβικής συσταδοποίησης για εύρεση βέλτιστων συσχετίσεων για SMP

αριθμού ενεργειακών καταναλωτών και η ασφαλής επιλογή ειδικών energy target groups για παροχή πληθώρας added-value ενεργειακών υπηρεσιών και ανάπτυξης marketing και ενεργειακών πωλήσεων, όλα μέσω ειδικού web-portal. Ο παραπάνω αλγόριθμος που χρησιμοποιείται στο σύστημα, πραγματοποιείται on-line με βάση το internet και η γενική προσέγγιση έχουν ήδη κατοχυρωθεί σε αίτηση διπλ. Ευρεσιτεχνίας (EnergyRank) και διασυνδέονται άμεσα με την ανάπτυξη ενεργειακών CRM συστημάτων με ενσωματωμένο personalized energy campaign management.

Αρχιτεκτονική συστήματος και περιγραφή

Με τη χρήση πολύ δυνατού εξειδικευμένου λογισμικού (Matlab Application Server) ακολουθούνται ειδικές τεχνικές ανάλυσης, εκτίμησης και απεικόνισης των ενεργειακών μετρήσεων, με αποτέλεσμα την εξαγωγή πολυδιάστατης γνώσης και πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων, μελλοντικών εκτιμή-

Σχ. 7. EMIR ELBS - αυτόματη εύρεση και ranking τριών ενεργοθόρων συσχετισμένων καταναλωτών στο κέντρο της Αθήνας, με αυτόματα ενεργειακά reports on-line μέσω Internet, οι οποίοι παρουσιάζουν παρόμοιο συσχετισμένα περιοδικό τετρηνιστικό peak μεταξύ 16:00 - 20:00 κάθε μέρα



σεων, ενεργειακών προτύπων αλλά και στατιστικών γραφημάτων και πινάκων, τα οποία συνθέτουν πολύ αποτελεσματικά και εύκολα πλήρη on-line web reports. Η υπηρεσία είναι εξαιρετικά απλοϊκή για τον απλό χρήστη που δεν χρειάζεται να είναι καν γνώστης για να δημιουργήσει τα reports, αφού καθοδηγείται από απλά web drop menus μέσω απλού Internet Explorer. Η υπηρεσία προσφέρεται μέσω Web και Internet με αποτέλεσμα η πρόσβαση στην μετρητική βάση, η στατιστική της ανάλυση και η δημιουργία ενός on-line report να γίνεται από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου πολύ εύκολα και απλά. Η παραπάνω διαδικασία παρέχει σε μια εταιρία ξεκάθαρη εικόνα για όλες τις ενεργειακές μετρήσεις που μπορεί να έχει, της δίνει τη δυνατότητα να καταγράψει, να ελέγξει και να προβλέψει όλες τις συσχετιζόμενες παραμέτρους με την ενεργειακή κατανάλωση, να διαχειριστεί και να καθοδηγήσει με αποτελεσματικότητα τους Μηχανικούς της, να βελτιστοποιήσει το επίπεδο συντήρησής της και το πιο σημαντικό ότι όλα γίνονται πολύ απλά και εύκολα μέσω Internet. Η επικοινωνία μεταξύ των δομημένων στοιχείων γίνεται με την XML η οποία αποτελεί πια έναν πολύ αποτελεσματικό τρόπο περιγραφής και ενσωμάτωσης ημι-δομημένης πληροφορίας. Τα διάφορα ενεργειακά δεδομένα τα οποία αποκτώνται είτε μέσω δομημένης βάσης (SQL queries), είτε μέσω σημασιολογικών IR τεχνικών από το Internet (HITS, Page Rank σε συνδυασμό με OWL, RDF) αναλύονται και μοντελοποιούνται στον βασικό web-based application server (MSP, JSP, m-files, servlets) και εν συνεχεία τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα με την βοήθεια XSLT μετασχηματισμών (σχήμα 2). Τα δεδομένα μπορούν ανά πάσα στιγμή να είναι προσβάσιμα σε εγκεκριμένους χρήστες σε XML μορφή ή σε απλά HTML reports, τα οποία μετασχηματίζονται εύκολα σε pdf format. Όλα τα παραπάνω γίνονται αποκλειστικά μέσω Internet και ενός απλού browser. Η καρδιά της ευφυΐας και του αλγορίθμου είναι το Matlab και ο Matlab Server, όπου λειτουργώντας ως middleware ανάμεσα στην βάση και τον J2EE-based server (Apache) υπολογίζει κάθε φορά το επιθυμητό output.

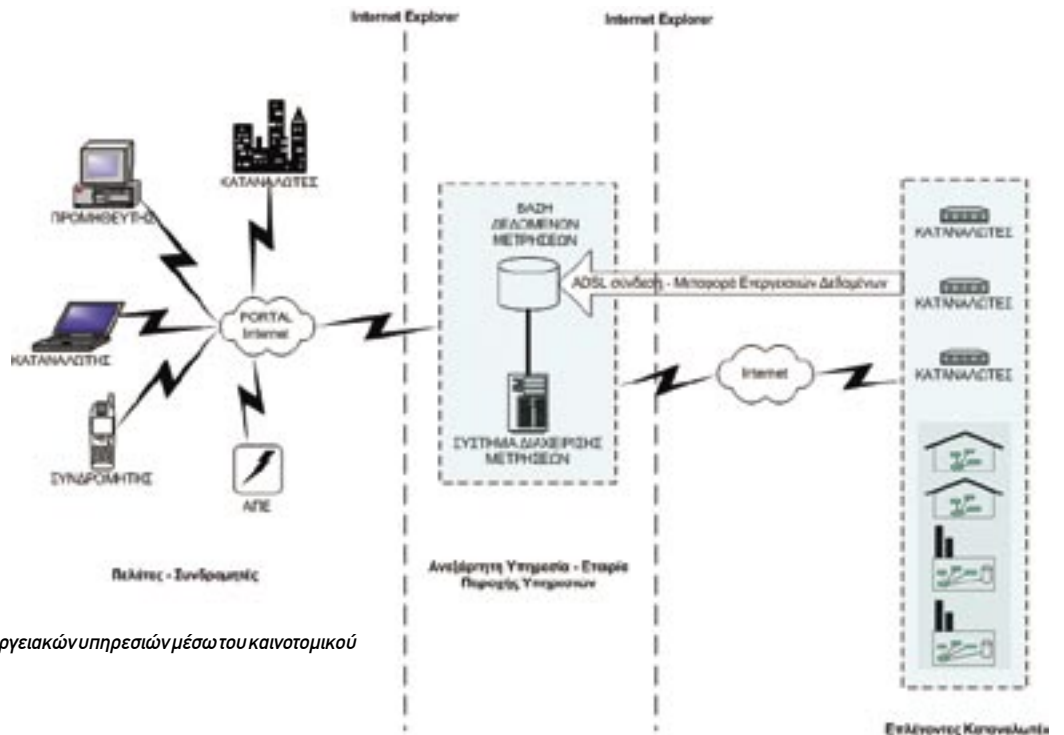
Γραφική ανάλυση ενεργειακών δεδομένων και εφαρμογές

Το παρόν σύστημα βρίσκεται ήδη on-line (<http://fermat.medialab.ntua.gr/emir>) και μπορεί κάποιος να «τρέξει» κάποια πολύ απλά demos για να δει τις δυνατότητές του. Οι δυνατότητες του συστήματος είναι ήδη πολύ εξελιγμένες και οι οποίες δεν παρουσιάζονται ακόμα στο Internet. Ο χρήστης,

μέσω απλών χρηστικών μενού, μπορεί να επιλέξει μήνα, μέρα, έτος και είδος ανάλυσης (Clustering, 2-dimensional, SMP Statistics etc) και με το πάτημα ενός κουμπιού εμφανίζεται ένα πλήρες γραφικό report (σχήμα 3). Η ενεργειακή βάση δεδομένων για το demo, αποτελείται από τις Εθνικές μετρήσεις κατανάλωσης και Οριακής Τιμής συστήματος (SMP) η οποία είναι προσβάσιμη από την ΔΕΣΜΗΕ. Οι μετρήσεις έχουν εισαχθεί σε ειδική βάση Δεδομένων, από όπου μέσω IR τεχνικών ανακτώνται και επεξεργάζονται από τον κεντρικό Application server. Το σύστημα μπορεί ακόμα να αποστείλει αυτόματα μέσω email, τα γραφήματα στον λογαριασμό του χρήστη.

Επίσης, οι υπηρεσίες που διασυνδέονται είναι LBS (location-based Services με Google maps) **καθώς και διασύνδεση με οικονομοτεχνικά μοντέλα αξιολόγησης επενδύσεων για ΑΠΕ** (μέτρηση ενεργειακών δεδομένων και δεικτών απόδοσης KPIs και υπολογισμός ROI και συνεχούς βιωσιμότητας μιας επένδυσης ΑΠΕ).

Ο χρήστης γίνεται δέκτης ενεργειακών υπηρεσιών, οι οποίες πηγάζουν από την προηγούμενη ανάλυση που αναφέρθηκε. Μέσω ειδικού κωδικού και ειδικευμένου portal, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στα ενεργειακά του δεδομένα, να τα αναλύσει, να παράγει γραφική απεικόνιση και να ελέγχει την χρέωση σε πραγματικό χρόνο, για οποιοδήποτε τόπο (πχ. Εξοχικό, σπίτι στο χωριό κοκ). Η ελαχιστοποίηση ενέργειας θα γίνεται καθημερινά, εβδομαδιαία, μηνιαία ή ετήσια. Το τμήμα που φέρνει κέρδος είναι η διαδικασία της μεταβαλλόμενης τιμολογιακής πολιτικής που θα εφαρμόζεται στον καταναλωτή, καθώς και των προσφορών εκπτώσεων αλλά και added-value υπηρεσιών που σχετίζονται με την υπηρεσία (energy services marketing). Ο καταναλωτής εξοικονομεί ενέργεια και πληρώνει φθηνότερα το ρεύμα που καταναλώνει, ενώ γίνεται δέκτης υπηρεσιών που μειώνουν ακόμα το κόστος ενέργειας και διευκολύνουν την ζωή του (πώληση ειδικών ηλεκτρικών συσκευών βάση ενεργειακού προφίλ, αυτόματο billing, διαχείριση συσκευών/πολυκατοικίας κλπ). Εμμέσως, με την χρήση on-line προσφορών (μέσω email ή portal), ο καταναλωτής ωθείται να καταναλώσει περισσότερο ρεύμα σε συγκεκριμένα time slots (χρονικές περιόδους/ημέρα όπου υπάρχει ειδική εκπωτική προσφορά) έτσι ώστε και να γλιτώσει κόστος λόγω έκπτωσης αλλά και να συμβάλει σε μία πιο ορθολογική συνολική κατανάλωση ενέργειας που μπορεί να απομονώσει επιτυχώς στιγμή αία blackouts και να διαχειριστεί καλύτερα υπερκαταναλώσεις σε θερινές περιόδους αιχμής. Με βάση τις μετρούμενες ενεργειακές καμπύλες καταναλωτών, το σύστημα προβλέπει τιμολογια-



Σχ. 8. Συνολικό διάγραμμα Ενεργειακών υπηρεσιών μέσω του καινοτομικού συστήματος EMIR

κές πολιτικές ανά μήνα ή χρόνο και καταρτίζει αυτόματα μέσω Explorer τον τελικό Πίνακα κοστολόγησης μαζί με τις on-line Γραφικές Παραστάσεις και πολλά στατιστικά στοιχεία (σχήμα 4). Όπως γίνεται κατανοητό, η υπηρεσία θα προσφέρεται παράλληλα και στους χρήστες-καταναλωτές αλλά και στους προμηθευτές-παραγωγούς ή εξωτερικές εταιρίες, οι οποίοι έχοντας πρόσβαση στα δεδομένα των πελατών τους, θα αναλύουν και καθορίζουν τις προσφορές τους και τις Internet υπηρεσίες τους σε μία καθαρά προσωποποιημένη και εξατομικευμένη μέθοδο B2C.

Η βασική ανάγκη που καλύπτει η υπηρεσία, είναι εκείνη της φθηνής αγοράς και βέλτιστης διαχείρισης Ενέργειας και Ηλεκτρικού ρεύματος και ο συνδυασμός του ενεργειακού προφίλ ενός καταναλωτή με την παροχή ειδικευμένων διαδικτυακών υπηρεσιών από εταιρίες (πωλήσεις προϊόντων, συμβούλους, marketing) με στόχο την ελαχιστοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης και βελτίωσης της ποιότητας ζωής. Το ίδιο ισχύει και για Δημόσιους Οργανισμούς και Εργοστάσια ή ΑΠΕ, τα οποία δαπανούν πολλά λεφτά σε διαχείριση και εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Άλλα οφέλη της υπηρεσίας σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων είναι:

- Ορθολογική και συστηματική παρακολούθηση, μέσω portal, όλων των ενεργειακών αποδόσεων ενός καταναλωτή ή κτιρίου ή Παραγωγικής Μονάδας
- Συνεχής εποπτεία και άμεση ενημέρωση για πιθανές μετρούμενες ενεργειακές βλάβες, υπερκαταναλώσεις, εκτίμηση των απορροφήσεων και των θερμικών διαρροών ενός κτιρίου

ου ή εργοστασίου


- Δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων για λήψη ορθής απόφασης και εκτίμηση κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και μελλοντικές προβλέψεις βάση κλιματολογικών συνθηκών εκτός κτιρίου (συσχέτιση εξωτερικής θερμοκρασίας και κόστους θέρμανσης)
- Real-time επεξεργασία ενεργειακών δεδομένων και δημιουργία-αποθήκευση ενεργειακών προφίλ κτιρίων τα οποία θα συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας (Εθνική Βάση Ενεργειακών Ταυτοτήτων)
- Δυνατότητες στατιστικών αρχείων για αξιολόγηση ενεργειακής κατανάλωσης και πρόβλεψης υψηλών φορτίων και κόστους κατανάλωσης ενέργειας

Σχετικά με Δημόσιους Οργανισμούς, μεγάλες Επιχειρήσεις και Παραγωγούς ΑΠΕ, ο εκάστοτε υπεύθυνος Μηχανικός μπορεί να διαχειριστεί, να προβλέψει, να απεικονίσει γραφικά on-line και να επεξεργαστεί αποτελεσματικά τα δεδομένα των μετρήσεων μιας ενεργειακής βάσης.

Τέλος, διαλειτουργικότητα της μεθόδου, επιτρέπει και την παροχή **Energy LBS (Energy Location-based Services - ELBS)**, όπου τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασυνδέονται με έτοιμους integrated Google maps της Ελλάδος, και με βάση χωρική πληροφορία, παρέχονται ενεργειακές υπηρεσίες με βάση τις τοποθεσίες των καταναλωτών, την κατανάλωσή τους και το στατιστικό-στοχαστικό προφίλ τους (σχήμα 7). Η συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιεί τεχνικές data fusion (συγχώνευση ενεργειακών δεδομένων). Οι υπηρεσίες εν συνεχεία καταχωρούνται και προσφέρονται

στον καταναλωτή real-time μέσω διαδικτύου.

Συμπεράσματα

Το παραπάνω πληροφοριακό σύστημα εστιάζεται στην ενεργειακή ευφυΐα, η οποία επιτελείται on-line με την βοήθεια των σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων και την χρησιμοποίηση του στρώματος Internet ως μέσο πρόσβασης και ως μέσο αναζήτησης χασοτικής μεν, χρήσιμης δε ενεργειακής πληροφορίας. Η πλειοψηφία των Ευρωπαϊκών κρατών έχουν ήδη κινηθεί προς αυτήν την κατεύθυνση, την κατασκευή δηλαδή ενός Ολοκληρωμένου Ενεργειακού Πληροφοριακού Συστήματος, το οποίο θα είναι προσβάσιμο μέσω του Internet. **Η νέα ενεργειακή πολιτική απαιτεί την πλήρη οργάνωση και συντονισμό διαδικασιών, σε ένα σύστημα τύπου energy.** Επίσης, η απαιτούμενη υπολογιστική ευφυΐα και πολυπλοκότητα θα παραμένει κρυφή (transparent business logic) στον τελικό χρήστη, με αποτέλεσμα να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος, διότι ο απλός χρήστης χωρίς ειδικευμένες γνώσεις διαχείρισης πληροφορίας και εξόρυξης θα μπορεί με απλά menus και κουμπιά μέσω ενός Internet browser να παράγει σύνθετα reports και στατιστικούς πίνακες. 

Αναφορές

- [1] E.M.I.R. System and Method (Patented) INTEL ENR&D Group - <http://www.intelengr.com>
Πληροφορίες: <http://fermat.medialab.ntua.gr/emir> & <http://www.medialab.ntua.gr/vnikolop>
- [2] *Analyse et Simulation des méthodes de routage dans la topologie d'hypercube*, Vassilis Nikolopoulos, mémoire, Ecole Polytechnique, promo X99, 2002
- [3] *Responsable d'équilibre - Règles et contractualisation*, RTE, France
- [4] *Οικονομική Ανάλυση Ηλεκτρικών Συστημάτων*, Ε. Λεκατσά, κεφ. 4 Εκδ. ΤΕΕ 2000
- [5] *Current State of Balance Management in Europe*, ESTO report, Dec. 2003
- [6] *Code of Commerce*, MAVIR website <http://www.mavir.hu>
- [7] *A web-based Energy Decision Support System for dynamic knowledge energy management and automatic intelligent reporting (EMIR)* paper under preparation, V. Nikolopoulos, 2007
- [8] OTENET Innovation Contest 2006 - <http://www.innovation2006.gr/gr/>