

Διαδικτυακή διαχείριση δεδομένων και πελατών μέσω παροχής ενεργειακών και περιβαλλοντικών υπηρεσιών

Έξυπνο on-line σύστημα για εξοικονόμηση ενέργειας

του Βασίλη Γ. Νικολόπουλου*

Η σχεδίαση της βέλτιστης ενεργειακής πολιτικής, στο πλαίσιο της ελεύθερης παραγωγής και διάθεσης ενέργειας, εξελίσσεται σε ένα ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα, σήμερα 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 τη δημιουργία του πρώτου διαδικτυακού «έξυπνου» ενεργειακού συστήματος για την on-line ανάλυση φορτίων και λήψης αποφάσεων στρατηγικού ενεργειακού σχεδιασμού.



Ο κ. Βασίλης Γ. Νικολόπουλος.

Η κατοχυρωμένη (ΟΒΙ) υπηρεσία θα συνδυάσει δύο μεγάλες αγορές, την αγορά της Ενέργειας και το χώρο του IT. Ο ενεργειακός χώρος στην Ελλάδα θα παρουσιάσει μεγάλη ανάπτυξη τα επόμενα χρόνια, με τη χρησιμοποίηση των ΑΠΕ –Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας– και την απελευθέρωση της αγοράς για τη 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 τη δημιουργία νέων υπηρεσιών.

Έλεγχος της κατανάλωσης

Το άρθρο περιγράφει ένα καινοτόμο διαδικτυακό Ενεργειακό Πληροφοριακό Σύστημα Λήψης Αποφάσεων (Energy Management & Intelligent Reporting - EMIR), την απαιτούμενη αρχιτεκτονική με προηγμένες τεχνολογίες διαδικτύου και την καινοτομική αλγοριθμική βάση ενός πολυδιάστατου μοντέλου ελέγχου, επεξεργασίας, βέλτιστης διαχείρισης και απεικόνισης μιας οποιαδήποτε χρονοδυναμικής τράπεζας με ετερογενείς ενεργειακές μετρήσεις. Το εν λόγω

σύστημα και η μέθοδος που ακολουθείται έχουν στόχο την παροχή σύνθετων προσαρμοστικών web-ενεργειακών υπηρεσιών, added-value, σε επιλεγμένους πελάτες. Επίσης, επιτυγχάνεται ο έλεγχος και η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης (εξοικονόμηση ενέργειας) από πλευράς ενεργειακού καταναλωτή (χαμηλής ή μέσης τάσης), μέσω ενός συνεχούς ενεργειακού profiling και ενός αμφίδρομου ελέγχου της ενεργειακής συμπεριφοράς (energy behavioral control) του καταναλωτή. Τα διάφορα ενεργειακά στατιστικά προφίλ των καταναλωτών αποθηκεύονται, αναλύονται και χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό, με τη 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 (π.χ. ΑΠΕ), σε on-line ενεργειακό CRM, Energy location-based services (E-LBS) με ενσωματωμένο Google Map, σε έλεγχο ειδικευμένων οικονομικών δεικτών και KPIs για επενδυτές ΑΠΕ, καθώς

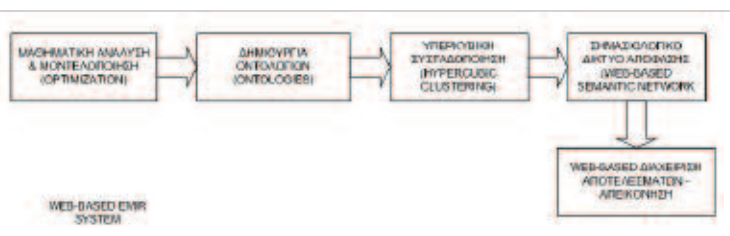
* Ο κ. Βασίλης Γ. Νικολόπουλος είναι Δρ Μηχανικός στο ΕΜΠ (Medialab, EMP) Innovative Services R&D manager, R&D and Energy IT Unit, Intellisolutions SA, founder of Intelen R7D Group.

και σε διάφορες added-value ενεργειακές υπηρεσίες σε πελάτες της νέας απελευθερωμένης Ενεργειακής Αγοράς. Επίσης, μπορούν να παραχθούν ενσωματωμένες περιβαλλοντολογικές υπηρεσίες, μέσω διαδικτύου, όπως διαχείριση και έλεγχος ρύπων, CO₂ monitoring, business impact του πρωτοκόλλου του Κιότο και λοιπές διαδικτυακές υπηρεσίες που σχετίζονται με CO₂ monitoring και management.

Το πλήρες σύστημα και η μέθοδος (αλγόριθμος emir-energyrank για ranking ενεργειακών πελατών και παροχή προσαρμοστικών ενεργειακών υπηρεσιών) κέρδισε το 2ο βραβείο στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Καινοτομίας της OTENET (Innovation 2006) και προστατεύεται ήδη από δύο επιτυχημένες αιτήσεις Διπλ. Ευρεσιτεχνίας του Ο.Β.Ι. για αποκλειστική εμπορική χρήση της υπηρεσίας και του συστήματος στην ελληνική αγορά. Η σημασία της Ενεργειακής Πληροφορίας και των μεταδεδομένων που τη 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 πλέον πολύ σημαντικό ρόλο, όπως κάποτε ο αλγόριθμος pagerank (L. Page), πάνω στον 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 προσε-

γίζουμε την ενεργειακή πληροφορία είναι πολύ διαφορετική και αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνουμε μια απόφαση, αλλά και αναλύουμε τους ενεργειακούς καταναλωτές. Η υπερκυβική πολυδιάστατη διαχείριση της ενεργειακής πληροφορίας αποτελεί μια από τις πολλές καινοτομίες του παρόντος συστήματος, η οποία οδηγεί την παροχή ειδικευμένων καταναλωμένων διαδικτυακών ενεργειακών υπηρεσιών, σε βάση LBS (Location-based Services), καθώς και αποτελεσματικό behavioral control ενεργειακών καταναλωτών, για παροχή εξατομικευμένων ενεργειακών και λοιπών υπηρεσιών. Οι συσχετίσεις που μπορούν να γίνουν, με βάση τα δυναμικά ενεργειακά προφίλ των καταναλωτών, αλλά και οι τεχνικές Data & Knowledge Fusion (Συγχώνευση γνώσης) που ακολουθούνται, οδηγούν σε πολύ αποτελεσματικές τεχνικές διαχείρισης και αποκρυπτογράφησης ενός σύνθετου ενεργειακού προφίλ. Ένα προφίλ μπορεί κάλλιστα να συσχετιστεί με διάφορες εξωγενείς σημασιολογικές οντότητες, οι οποίες μακροπρόθεσμα μπορούν να το επηρεάσουν (π.χ. θερμοκρασία, τρόπος ζωής, κλίμα, περιβάλλον, οικονομικά δεδομένα κ.ο.κ.).

Ο νέος τρόπος διαχείρισης της ενεργειακής πληροφορίας χρησιμοποιεί, ασφαλώς, προχωρημένα μαθηματικά μοντέλα, με αποτέλεσμα το πρόβλημα της διαχείρισης να μεταπηδάει στο μαθηματικό χώρο και εν συνεχεία να επιστρέφει στο λεκτικό-σημασιολογικό χώρο, για περιγραφή του αποτελέσματος και της αποτελεσματικής διαχείρισής του. Η νέα εποχή της συσχετισμένης και σημασιολογικής γνώσης χρειάζεται μία ενοποιημένη μαθηματική βάση για να επεξηγήσει τα πάντα και μία ενοποιημένη μαθηματική συνάρτηση που να περιγράφει ικανοποιητικά κάποια πληροφορία που αλειεύεται από οποιαδήποτε ετερογενή πηγή, 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 το λόγο αυτό η εξόρυξη και η συσταδοποίηση (clustering) έχουν κερδίσει έδαφος τα τελευταία χρόνια.



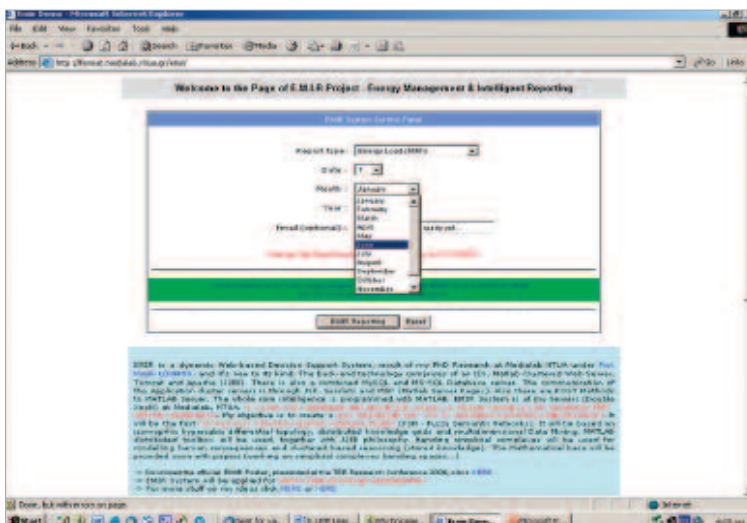
Σχήμα 1: Συνολική διαδικασία ανάλυσης ενεργειακής πληροφορίας.

Η μέθοδος και ο αλγόριθμος

Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος, το πρόβλημα περιγράφεται μαθηματικά με μια Αντικειμενική Συνάρτηση (Objective Function) και μαθηματικές μήτρες, οι οποίες, με βάση τα ενεργειακά αποτελέσματα που θα εξαχθούν από την ενεργειακή Βάση Δεδομένων και σύνθετων on-line αλγορίθμων, θα ελαχιστοποιούνται συνεχώς, μέσω internet και ειδικής ανάλυσης των ιδιοτιμών και των μοναδιαίων τιμών τους. Η όλη διαδικασία της ελαχιστοποίησης μπορεί να μας δώσει σημαντικές πληροφορίες για τη 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 τη συνεχή διαδικτυακή συλλογή μετρήσεων (GPRS, GSM, ADSL) και τη συνεχή συσταδοποίηση των αποτελεσμάτων για την εξαγωγή απόφασης. Βασική επιδίωξη του web-based συστήματος είναι η εύρεση και στοχαστική πρόβλεψη των ωρών ή ημερών, κατά τις οποίες θα υπάρχει κέρδος για τον προμηθευτή, κάτι που σημαίνει μικρό διαφορικό κόστος εισαγωγής και 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. Αποτέλεσμα των πιο πάνω παραδοχών και αναλύσεων είναι ο πλήρης έλεγχος μεγάλου 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.

Γραφική ανάλυση και εφαρμογές (ενέργεια, περιβάλλον ρύποι CO₂)

Οι δυνατότητες του συστήματος είναι ήδη πολύ εξελιγμένες, αλλά 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

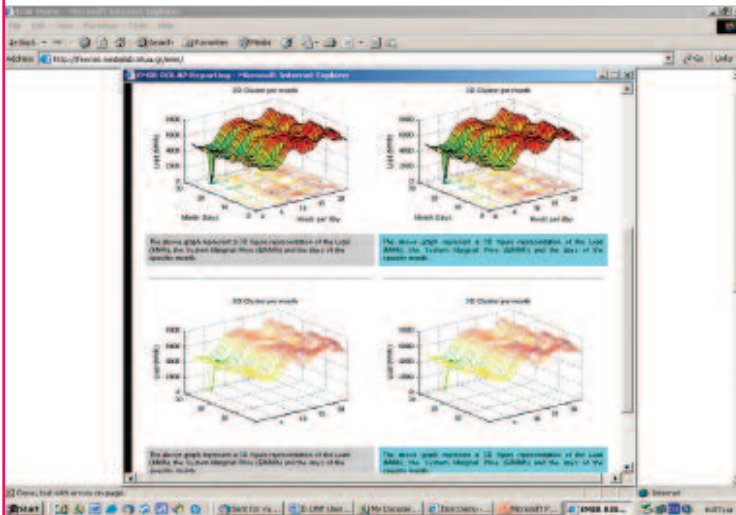


Σχήμα 2: Demo Portal που ήδη υπάρχει on-line.

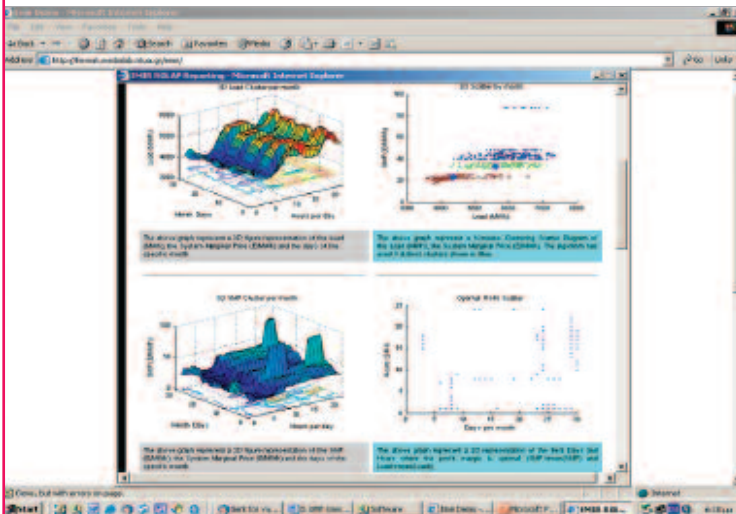


Σχήμα 3: Δείγμα περιγραφικών στατιστικών ενεργειακών καμπύλων από το σύστημα.

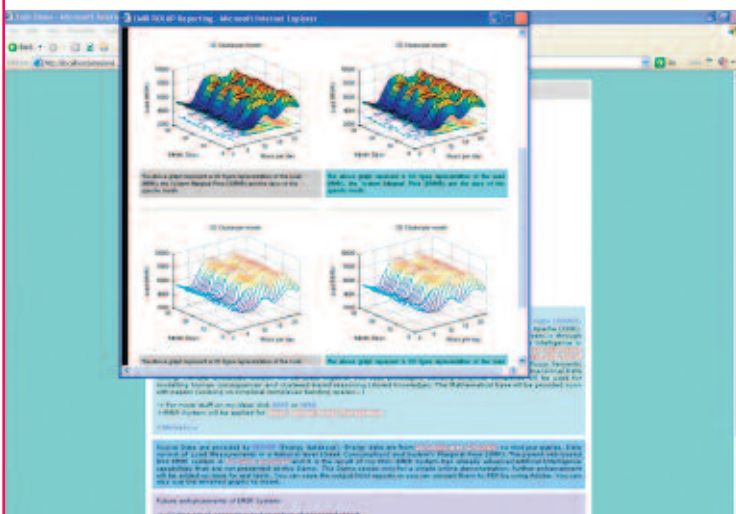
ενός κουμπιού να εμφανίζεται ένα πλήρες γραφικό report. Η ενεργειακή βάση δεδομένων για το demo αποτελείται από τις εθνικές μετρήσεις κατανάλωσης και οριακής τιμής συστήματος (SMP) οι οποίες είναι προσβάσιμες από τη ΔΕΣΜΗΕ. Οι μετρήσεις έχουν εισαχθεί σε ειδική βάση δεδομένων, από όπου, μέσω IR τεχνικών, ανακτώνται και υπόκεινται σε επεξεργασία από τον κεντρικό Application server. Το σύστημα μπορεί ακόμα να αποστέλλει τα γραφήματα αυτόματα, μέσω email, στο λογαριασμό του χρήστη. Επίσης, οι υπηρεσίες που διασυνδέονται είναι LBS (Location-based Services με Google maps), καθώς και διασύνδεση με οικονομοτεχνικά μοντέλα



Σχήμα 4: Δείγμα τρισδιάστατων ενεργειακών καμπύλων-report από το σύστημα.



Σχήμα 5: Δείγμα υπερκυβτικής συσταδοποίησης για εύρεση βέλτιστων συσχετίσεων ενέργειας και CO₂ ρύπων.



Σχήμα 6: OLAP Δείγμα πολυδιάστατων γραφημάτων κατανάλωσης ενέργειας ανά μήνα/ημέρα.

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 αναλύει, να παράγει γραφική απεικόνιση και να ελέγχει τη χρέωση σε πραγματικό χρόνο, για οποιοδήποτε τύπο (π.χ. εξοχικό, σπίτι στο χωριό κ.ο.κ.).

Ελαχιστοποίηση της ενέργειας

Η ελαχιστοποίηση ενέργειας θα γίνεται καθημερινά, εβδομαδιαία, μηνιαία ή ετήσια. Το επικερδές τμήμα 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 περισσότερο το κόστος ενέργειας και διευκολύνουν τη ζωή του (πώληση ειδικών ηλεκτρικών συσκευών βάση ενεργειακού προφίλ, αυτόματο billing, διαχείριση συσκευών/πολυκατοικίας κ.λπ.). Εμμέσως, με τη 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 έκπτωτική προσφορά), προκειμένου και να γλιτώσει κόστος, λόγω έκπτωσης, αλλά και να συμβάλει σε μία πιο ορθολογική συνολική κατανάλωση ενέργειας που μπορεί να απομονώσει επιτυχώς στιγμιαία black-outs και να διαχειριστεί καλύτερα υπερκαταναλώσεις σε θερινές περιόδους αιχμής.

Με βάση τις μετρούμενες ενεργειακές καμπύλες καταναλωτών, το σύστημα προβλέπει τιμολογιακές πολιτικές ανά μήνα ή χρόνο και καταρτίζει αυτόματα, μέσω Explorer, τον τελικό πίνακα κοστο-

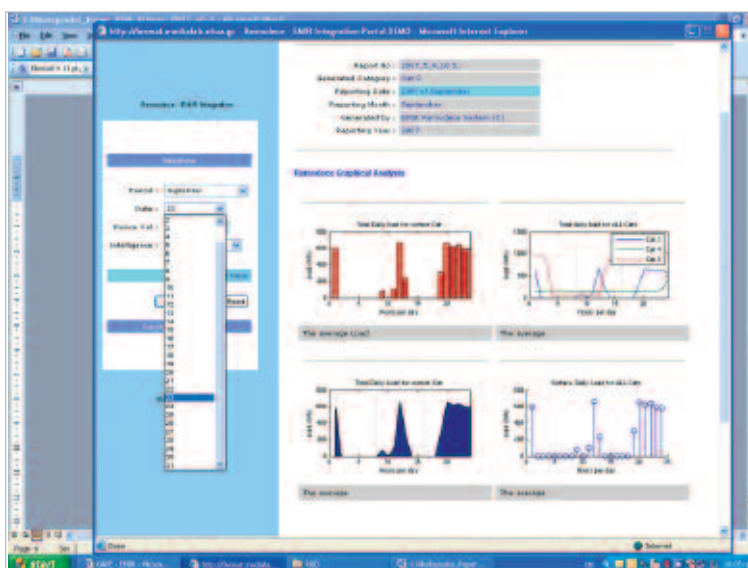
λόγησης μαζί με τις on-line γραφικές παραστάσεις και πολλά στατιστικά στοιχεία. Όπως γίνεται κατανοητό, η υπηρεσία θα προσφέρεται συγχρόνως και στους χρήστες-καταναλωτές και στους προμηθευτές-παραγωγούς, ή εξωτερικές εταιρείες, οι οποίοι, έχοντας πρόσβαση στα δεδομένα των πελατών τους, θα αναλύουν και θα καθορίζουν τις προσφορές τους και τις internet υπηρεσίες τους σε μία καθαρά προσωποποιημένη και εξατομικευμένη μέθοδο B2C.

Οφέλη

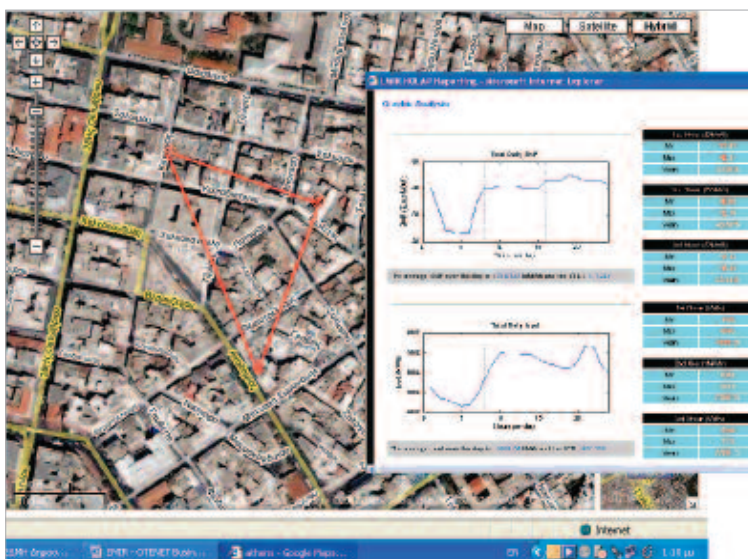
Άλλα οφέλη του συστήματος, σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων, είναι τα εξής:

- ♦ Ορθολογική και συστηματική παρακολούθηση, μέσω portal, όλων των ενεργειακών αποδόσεων ενός καταναλωτή, κτιρίου ή παραγωγικής μονάδας.
- ♦ Συνεχής εποπτεία και άμεση ενημέρωση για πιθανές μετρούμενες ενεργειακές βλάβες, υπερκαταναλώσεις, εκτίμηση των απορροφήσεων και των θερμικών διαρροών ενός κτιρίου 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.
- ♦ Διαχείριση και συσχέτιση ρύπων και CO₂, καθώς και αξιολόγηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε σχέση με την παραγωγή ρύπων. Παράλληλα μοντέλα διαχείρισης και εκτίμησης ρύπων με βάση τα ενεργειακά μεγέθη.

Σχετικά με τους δημόσιους οργανισμούς, τις μεγάλες επιχειρήσεις και τους παρα-



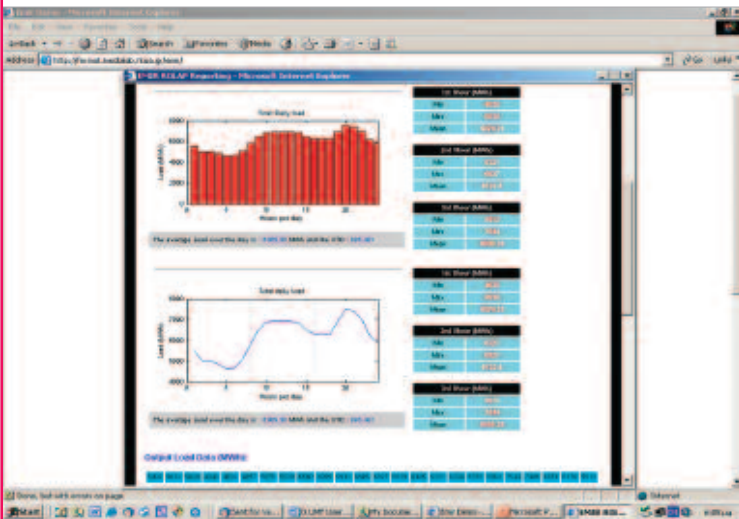
Σχήμα 7: Δείγμα πολυδιάστατων γραφημάτων από οικιακούς καταναλωτές και συσχετισμούς οικιακών προφίλ.



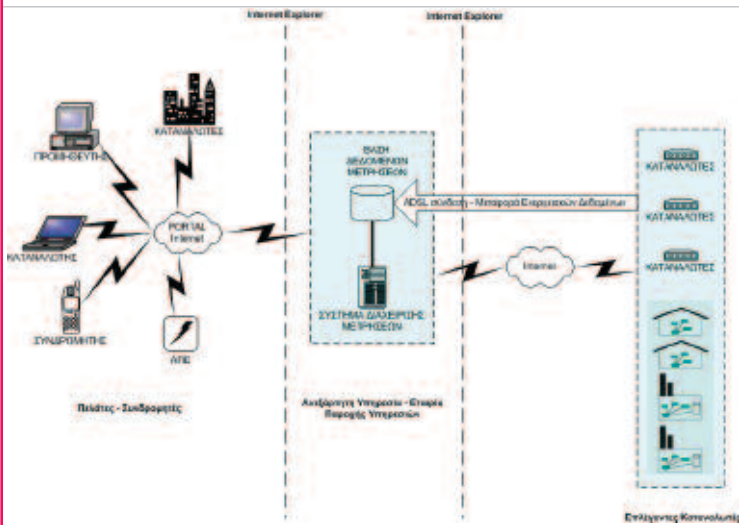
Σχήμα 8: EMIR ELBS - Αυτόματη εύρεση και ranking τριών ενεργοβόρων συσχετισμένων καταναλωτών στο κέντρο της Αθήνας, με αυτόματα ενεργειακά reports on-line μέσω internet, οι οποίοι παρουσιάζουν παρόμοιο συσχετισμένο περιοδικό ντετερμινιστικό peak μεταξύ 16:00 - 20:00 κάθε μέρα.

γωγούς 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, η 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 Ελλάδας, παρέ-



Σχήμα 9: Συσχετισμός προφίλ και στατιστικά αποτελέσματα κατανάλωσης ενέργειας on-line.



Σχήμα 10: Συνολικό διάγραμμα προσαρμοστικών ενεργειακών υπηρεσιών μέσω του καινοτομικού συστήματος EMIR.

χονται ενεργειακές υπηρεσίες με βάση τις τοποθεσίες των καταναλωτών, την κατανάλωσή τους και το στατιστικό-στοχαστικό προφίλ τους. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιεί τεχνικές data fusion (συγχώνευση ενεργειακών δεδομένων). Στη συνέχεια οι υπηρεσίες καταχωρίζονται και προσφέρονται στον καταναλωτή real-time, μέσω διαδικτύου.

Το παραπάνω πληροφοριακό σύστημα εστιάζεται στην ενεργειακή ευφυΐα, η οποία επιτελείται on-line με τη βοήθεια των σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων και τη χρησιμοποίηση του στρώματος internet ως μέσο πρόσβασης και αναζήτησης χαοτικής μεν, χρήσιμης δε ενεργειακής πληροφορίας. Η πλειοψηφία των ευρωπαϊκών κρατών έχουν ήδη κινηθεί προς αυτή την κατεύθυνση, την κατασκευή δηλαδή ενός Ολοκληρωμένου Ενεργειακού Πληροφοριακού Συστήματος, το οποίο θα είναι προσβάσιμο μέσω internet. Η νέα ενεργειακή πολιτική απαιτεί την πλήρη οργάνωση και το συντονισμό διαδικασιών, σε ένα σύστημα τύπου e-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.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ CONSORTIUM ΕΡΓΟΥ

INTELLISOLUTIONS AE

Βασίλειος Νικολόπουλος (Διπλωματούχος Μπχ., Υποψήφιος Δρ ΕΜΠ, R&D Manager)
 Πάνος Γιαελής (CEO)
 Παύλος Τζιόρκας (Technology Group Manager)

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΚΑΠΕ)

Δρ Γεώργιος Αγερίδης (Διευθυντής Ενεργειακής Αποδοτικότητας)
 Γεώργιος Πολυμενόπουλος (Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός, MSc, Τμήμα Κτιρίων & Εξοικονόμησης)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ - ΕΜΠ

Καθηγητής Βασίλειος Λούμος (Σχολή ΗΜΜΗΥ, Medialab)
 Γεώργιος Μπάρδης (Υποψήφιος Δρ ΕΜΠ)

INTELEN R&D GROUP

Βασίλειος Νικολόπουλος (Founder)
 Στέλιος Μερσινάς (IT Manager)
 Λουκάς Ντούνης (Technical - Infrastructure Manager)
 Κώστας Στάικος (Data-warehousing Manager)