

Πληροφοριακό Σύστημα Βέλτιστης Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων

Energy Management and Intelligent Reporting - (E.M.I.R.)

Βασιλείου Νικολόπουλου

Υποψήφιου Δρ. Μηχ. ΕΜΠ

Εργαστήριο Τεχνολογίας Πολυμέσων

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ

Τηλ/Fax : 2107722538

vnikolop@medialab.ntua.gr

Βασιλείου Λούμου

Καθηγητή ΕΜΠ

Εργαστήριο Τεχνολογίας Πολυμέσων

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ

Τηλ/Fax : 2107722538

loumos@cs.ntua.gr

Εισαγωγή

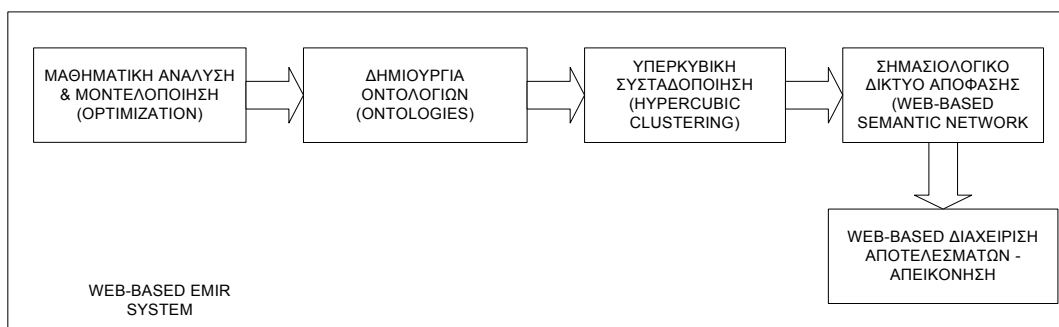
Το παρόν ερευνητικό άρθρο περιγράφει περιληπτικά ένα πρωτοποριακό **Πληροφοριακό Σύστημα Βέλτιστης Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων (E.M.I.R.)** με την χρήση προηγμένων υπηρεσιών Διαδικτύου (πλήρες ενεργειακό portal στο <http://fermat.medialab.ntua.gr/emir>) και τεχνολογιών πολυμέσων, το οποίο βρίσκεται ήδη σε προχωρημένο σχεδιασμό και ανάπτυξη στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Πολυμέσων της σχολής ΗΜΜΗΥ του ΕΜΠ, σε επίπεδο διδακτορικής διατριβής. Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας σε συνδυασμό με την απότομη αύξηση της τιμής των καυσίμων αποτελούν ένα βασικό παράγοντα αποσταθεροποίηση για τις ενεργοβόρες ελληνικές επιχειρήσεις. Η σχεδίαση της βέλτιστης ενεργειακής πολιτικής, στα πλαίσια της ελεύθερης παραγωγής και διάθεσης ενέργειας, εξελίσσεται σε ένα ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα για τις επιχειρήσεις.

Σκοπός του εξελιγμένου πληροφοριακού συστήματος είναι να διαχειρίζεται, να αναλύει, να προβλέπει και να βελτιστοποιεί ενεργειακά φορτία και διαδικασίες ενεργειακής κοστολόγησης, μέσω τηλεμετρούμενης βάσης δεδομένων και σύνθετων καινοτόμων τεχνικών και αλγορίθμων διαχείρισης και αναπαράστασης γνώσης (advanced knowledge engineering, υπερκυβικό clustering), εξόρυξης (data mining) και πολυδιάστατης στατιστικής ανάλυσης και απεικόνισης βάσεων γνώσεων (web-based OLAP). Οι υπηρεσίες του συστήματος θα είναι πλήρως προσπελάσιμες μέσω του Διαδικτύου (advanced web services) και οι αυτοματοποιημένες απεικονίσεις θα γίνονται μέσω on-line web-based γραφικών αναφορών. Το σύστημα και η μέθοδος προστατεύονται ήδη από δύο Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας (O.B.I.).

Μέθοδος Προσέγγισης

Η μέθοδος που ακολουθείται συνδυάζει μία πρώτη οντολογική και σημασιολογική προσέγγιση του συστήματος παραγωγής και κοστολόγησης της ενέργειας και εν συνεχεία μέσω της δημιουργίας ενός σημασιολογικού δικτύου και σημασιολογικής Βάσης Δεδομένων, η ενεργειακή πληροφορία συσταδοποιείται, αναλύεται και παρουσιάζεται στον χρήστη μέσω στατιστικών γραφημάτων και

πινάκων. Το πρώτο βήμα που ακολουθείται 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 εξάγεται γνώση.



Σχ. 1 Συνολική διαδικασία ανάλυσης και σημασιολογικής επεξεργασίας ενεργειακής πληροφορίας

Μαθηματικό Μοντέλο & Γραφήματα

Το αρχικό μοντέλο βασίστηκε στην μαθηματική ανάλυση κοστολόγησης του κ. *E. Λεκατσά* [4]) η οποία παρουσιάζει και αναλύει διεξοδικά όλα τα σύνθετα σημεία υπολογισμού και κοστολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας στην ελεύθερη αγορά. Το μαθηματικό μοντέλο αναλύθηκε σε βάθος και με βάση τις περιγραφικές ολοκληρο-διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν τις διαδικασίες, ενεργειακές ιεραρχικές οντολογίες εξήχθησαν. Το σύστημα έχει ως στόχο την on-line ελαχιστοποίηση του μεταβλητού κόστους Παραγωγής (μέσω της θεωρίας της βελτιστοποίησης και Εξόρυξης δεδομένων) καθώς και την μεγιστοποίηση των κερδών της Επιχείρησης ή του Προμηθευτή. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος θα πρέπει το πρόβλημα να περιγραφεί μαθηματικά με μια Αντικειμενική Συνάρτηση (Objective Function) η οποία με βάση των ενεργειακών αποτελεσμάτων που θα εξάγονται από την ενεργειακή Βάση Δεδομένων και σύνθετων on-line αλγορίθμων, θα ελαχιστοποιείται συνεχώς. 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 βέλτιστα από το σύστημα EMIR, με βάση την συνεχή διαδικτυακή εξόρυξη μετρήσεων και την συνεχή συσταδοποίηση των αποτελεσμάτων για εξαγωγή απόφασης. Βασική επιδίωξη του web-based DSS συστήματος είναι η εύρεση και στοχαστική πρόβλεψη των ωρών ή ημερών όπου θα υπάρχει κέρδος για τον Προμηθευτή, που σημαίνει μικρό Διαφορικό κόστος παραγωγής.. Ως συνέπεια, υψηλή Οριακή τιμή Συστήματος συγκριτικά με την τιμή μεταβλητή τιμή Συμβολαίου και χαμηλό Διαφορικό κόστος Παραγωγής - Προμήθειας θα αποφέρει στον Προμηθευτή κέρδη από την

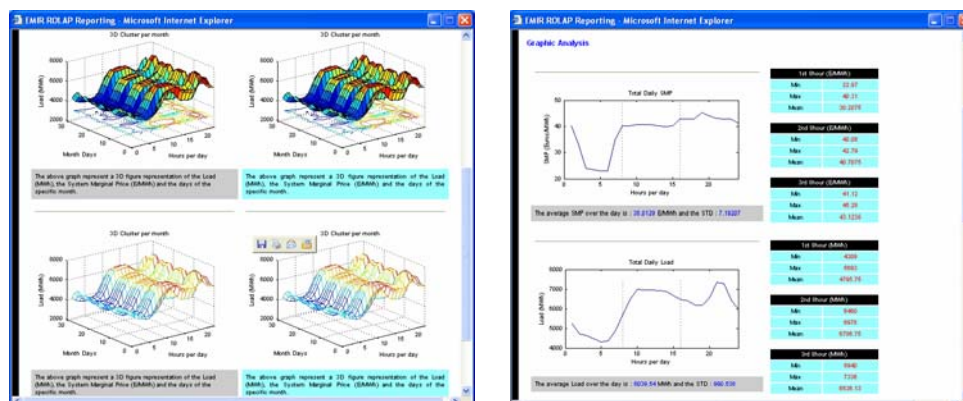
πώληση της περίσσειας θετικής ενέργειας στο σύστημα. Η παραπάνω παραδοχή αποδεικνύεται και μαθηματικά από την παρακάτω εξίσωση Ενεργειακής Ισορροπίας (Λεκατσάς):

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

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 $e_r(x)_{X_i}$ (εξαρτώμενη από διανυσματικές κλιματολογικές και λοιπές τυχαίες μεταβλητές).

Μέσω της μεταβαλλόμενης μήτρας W και της στοχαστικής εκτίμησης φορτίου $\overline{e_r(x)_{X_i}}$ μπορούμε να επέμβουμε στην ελεγχόμενη ελαχιστοποίηση. Το σύστημα EMIR, 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 παραγωγής του εκάστοτε Παραγωγού - 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 EMIR. Η οντολογική προσέγγιση είναι μείζονος σημασίας [1], [2], καθώς αποτελεί το μέσο από όπου θα εξαχθεί η απόφαση. Οι διάφορες οντότητες σχεδιάστηκαν ιεραρχικά και εν συνεχεία διασυνδέθηκαν μεταξύ τους για να δημιουργήσουν ένα ενεργειακό σημασιολογικό δίκτυο. Οι σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων του σημασιολογικού δικτύου βαθμολογούνται με ασαφή βάρη (fuzzy weights) έτσι ώστε να υπάρχει σημασιολογική σχέση μεταξύ τους (πχ. παράγει ακριβή ενέργεια με φτηνά υλικά). Η παραπάνω προσέγγιση [1], [2], [7] σε συνδυασμό με αλγόριθμους υπερκυβικού clustering, εξάγει συγκριτική απόφαση για το αποτέλεσμα. Μέσω δυναμικών αλγορίθμων, βασισμένων στο Matlab, οι διάφορες τοπολογικές αποστάσεις (normed distances) μετριοούνται από κεντροειδή με βάση διάφορες οντολογικές ιδιότητες (attributes). Με αυτό το τρόπο μπορούν να εισαχθούν όσες ιδιότητες θεωρούνται σημαντικές για την εξόρυξη γνώσης και συμπεράσματος (πχ. λεπτομέρειες συμβολαίων, διμερείς συμφωνίες μεταξύ Παραγωγού - Λειτουργού Συστήματος κλπ). Η μέτρηση λοιπόν κάποιων νορμών, οι οποίες βασίζονται σε ένα ισομορφικό μετρικό χώρο (που αποτελείται από πολλά vertices σε δομή simplicial complex, [7]) δίνουν μία οπτική αλλά και μαθηματική μέτρηση του πόσο απέχει η εκάστοτε μέτρηση μου από γειτονικές οντότητες (Σημασιολογική απόσταση) [1], [2], [7]. Διασυνδέοντας λοιπόν όλες τις αποστάσεις, με ειδικό μαθηματικό αλγόριθμο και ειδική παράλληλη επεξεργασία (σε παράλληλο δίκτυο με βάση το Matlab και J2EE αρχιτεκτονική) έχουμε 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, μεταβλητή τιμολογιακή πολιτική, κοκ).



Σχ. 2 Τρισδιάστατα Στατιστικά Γραφήματα τιμές SMP και αποτελέσματα συσταδοποίησης (clustering)

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 χαοτικής μεν, χρήσιμης δε ενεργειακής πληροφορίας. Η νέα ενεργειακή πολιτική απαιτεί την πλήρη οργάνωση και 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.

REFERENCES

- [1] **E.M.I.R. Project (Energy Management & Intelligent Reporting)** :
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, promotion X99, 2002
- [3] 'Responsable d'équilibre - Règles et contractualisation', RTE, France
- [4] 'Οικονομική Ανάλυση Ηλεκτρικών Συστημάτων', Ε.Λεκατσά, κεφ.4 Εκδ. TEE 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 for ELSEVIER Decision Support Systems Journal, V.Nikolopoulos, V.Loumos