

ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ENERGY MANAGEMENT & INTELLIGENT REPORTING (E.M.I.R.)

Βασιλείου Νικολόπουλου *

Διπλ. Ηλ/γου Μπν. & Μπν. Η/Υ, Hons.Eng MSc DIC Maj.Ing(X99)

Υποψήφιου Δρ. Μπν. ΕΜΠ

Το παρόν τεχνικό άρθρο περιγράφει περιληπτικά ένα πρωτοποριακό Πληροφοριακό Σύστημα Βέλτιστης Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων (E.M.I.R.) με την χρήση προηγμένων υπηρεσιών Διαδικτύου (πλήρες ενεργειακό portal) 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 εξελεγμένου 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.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

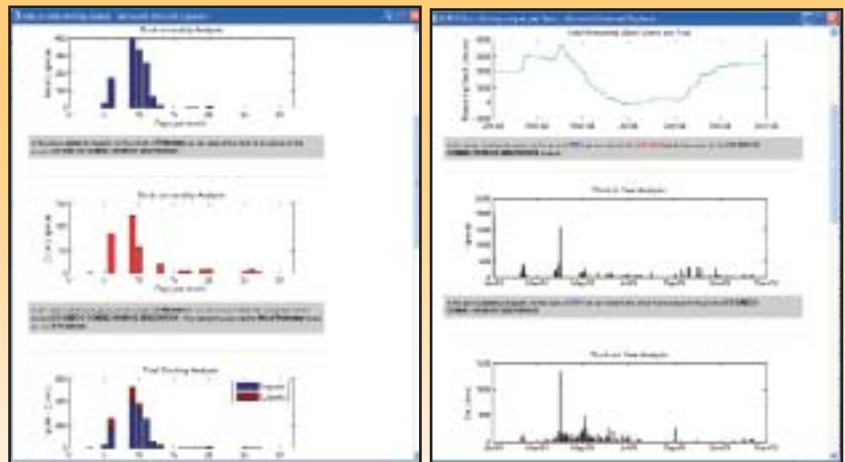
Ήδη στο πρόσφατο Πανελλήνιο Συνέδριο Μηχανολόγων - Ηλεκτρολόγων, που πραγματοποιήθηκε το Μάρτιο του 2005 με απόλυτη επιτυχία, υπήρξαν πολλές αναφορές και αναλύσεις για την πολυσυζητημένη και αναμενόμενη απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας. Δεδομένου ότι πολλές Ελληνικές ή συνδυασμοί Ελληνικών και Ξένων πολυεθνικών (πχ. EDF) επιχειρήσεων ετοιμάζονται να κερδίσουν μέτρα στην εκκίνηση για μία

ελεύθερη αγορά με πολλούς παραγωγούς και προμηθευτές και επιλέγοντες καταναλωτές. Ασφαλώς, για πάρα πολλούς λόγους το τοπίο είναι ακόμα πολύ θολό ως προς την απελευθέρωση και είναι σημαντικό να αναζητηθεί ένα ικανό και πειστικό οικονομοτεχνικό μοντέλο για ένα θεμιτό ανταγωνισμό μεταξύ παραγωγών και προμηθευτών προς επιλέγοντες πελάτες. Το παρόν άρθρο δεν ασχολείται πολύ με οικονομοτεχνικά και θέματα κοστολόγησης της νέας μελλοντικής

αγοράς (ζήτηση, ανελαστικότητα, προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας, θεωρία παιγνίων και μοντελοποίησης της επερχόμενης αγοράς κλπ) καθώς η παρακάτω μαθηματικο-πληροφοριακή ανάλυση και σχεδίαση βασίστηκε στην μαθηματική ανάλυση κοστολόγησης του κ. Ε. Λεκατσά (συνέδριο ΠΣΔΜΗ, Δελτίο 379 [4]), η οποία παρουσιάζει και αναλύει διεξοδικά όλα τα σύνθετα σημεία υπολογισμού και κοστολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας στην ελεύθερη αγορά.

ΣΥΣΤΗΜΑ E.M.I.R.

Η παρούσα λοιπόν συμπυκνωμένη τεχνική πρόταση περιγράφει ένα πρωτοποριακό πληροφοριακό σύστημα (E.M.I.R. - Energy Management & Intelligent Reporting) και την απαιτούμενη αρχιτεκτονική ενός μοντέλου δυναμικού ελέγχου, επεξεργασίας, βέλτιστης διαχείρισης και απεικόνισης μίας οποιαδήποτε χρονικής-δυναμικής Βάσης Δεδομένων με ενεργειακές μετρήσεις. Με μία πρωτοποριακή μέθοδο, βασισμένη σε σύνθετη τεχνολογία Web (portal - web services - web based Information System, matlab clustered web server), του Internet και ενός πολύ απλού user-friendly interface, 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, τα οποία αποκτώνται αυτόματα με προχωρημένες τεχνικές εξόρυξης και ομαδοποίησης. Με τη χρήση πολύ δυνατού εξειδικευμένου λογισμικού ακολουθούνται ειδικές τεχνικές ανάλυσης, εκτίμησης και απεικόνισης των ενεργειακών μετρήσεων, με αποτέλεσμα την εξαγωγή πολυδιάστατης γνώσης και πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων, μελλοντικών εκτιμήσεων, 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 επί-



Σχ. 1 Παράδειγμα on-line data base reporting (ROLAP) από test-demo στο portal του συστήματος

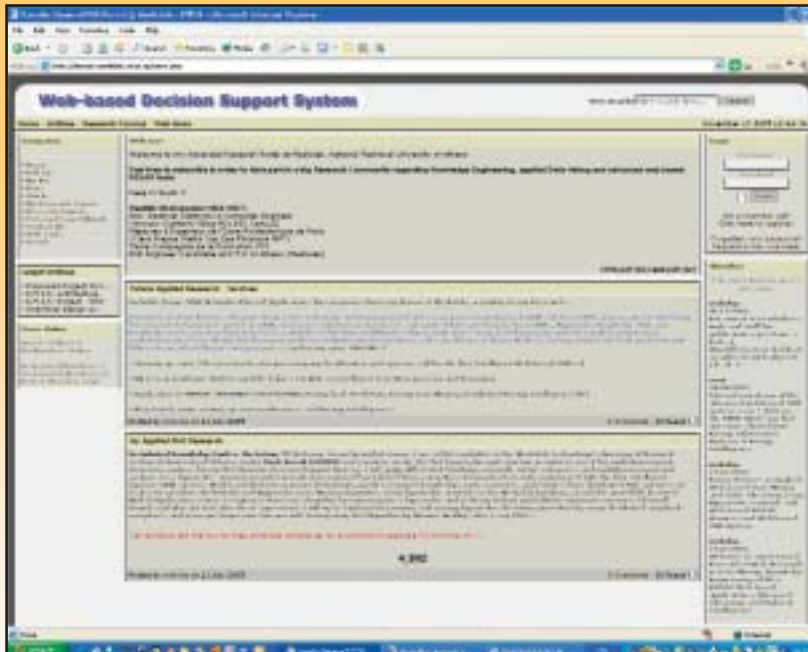
πεδο συντήρησής της και το πιο σημαντικό ότι όλα γίνονται πολύ απλά και εύκολα μέσω Internet. Το πιο σημαντικό και δυνατό σημείο είναι η on-line -μέσω internet-δυναμική βελτιστοποίηση (constrained optimization, CGM, Gradient method, Newton etc.) κάποιων σημαντικών αντικειμενικών ολοκληρο-διαφορικών εξισώσεων (ΒΚΦ, Εξίσωση Ενεργειακής Ισορροπίας, Εξίσωση Οικονομικής Ισορροπίας, Εξίσωση Δοσοληψιών, Οριακή Τιμή Συστήματος SMP, Ε.Λεκατσάς 2000 TEE) έτσι ώστε σε πραγματικό χρόνο μέσω ενός web-portal να προτείνεται η βέλτιστη οικονομική λύση, να παρουσιάζονται γραφικές παραστάσεις σημαντικών μεγεθών, σε συνδυασμό με τις εκάστοτε ενεργειακές τιμές και με την εκάστοτε ενεργειακή μετρητική βάση (data mining, decision trees για ενεργειακές προβλέψεις) [1], βλ. Σχήμα 1.

ΤΑ 2 ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

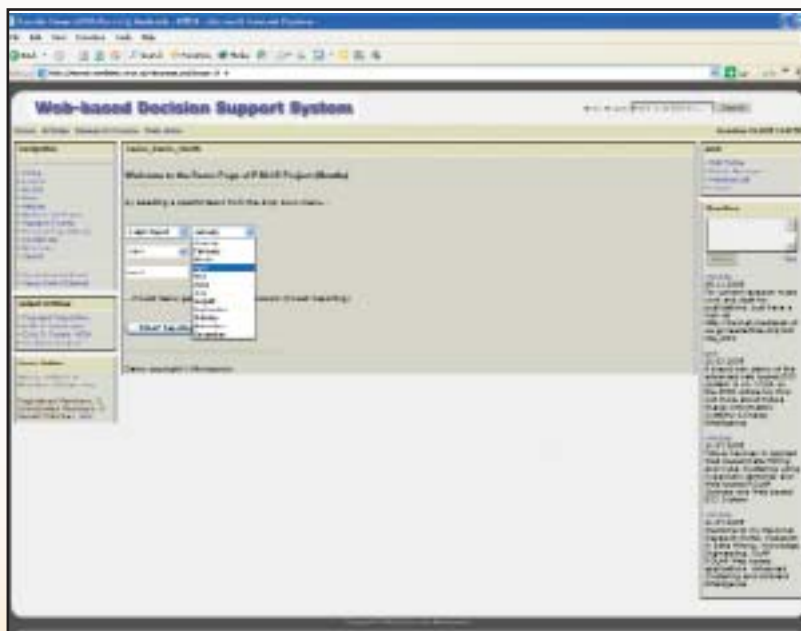
Το παραπάνω πληροφοριακό σύστημα εστιάζεται στην τεχνολογία της πληροφορικής και της έξυπνης επεξεργασίας ενεργειακών δεδομένων, τα οποία με την βοήθεια των εκάστοτε Ενεργειακών Μηχανικών αποκρυπτογραφούνται και αξιολογούνται. Η υπάρχουσα τεχνολογία της Γαλλικής RTE [3], βοήθησε πολύ στον σχεδιασμό του συστήματος το οποίο χωρίζεται σε 2 υποσυστήματα : 1) το off-line σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί ένα οποιοσδήποτε χρήστης και μέσω τεχνικών ROLAP αναλύει και παράγει δυναμικά διαγράμματα on the fly, εισάγοντας απλά έναν κωδικό και ένα

password και το 2) on-line batch σύστημα το οποίο ανά τακτά χρονικά διαστήματα (ανά 1,2,4,7 ή 10 ώρες ή ρυθμιζόμενο) ελέγχει μόνο του την μετρητική βάση δεδομένων (SQL based query, ODBC, JDBC, batch grouped queries) και με την βοήθεια των web services (WSDL, SOAP) 'αλιεύει' δεδομένα από το Διαδίκτυο και από ειδικευμένους ιστότοπους δομημένου γνωστικού ενεργειακού περιεχομένου (XML, WSDL), αναλύει και επεξεργάζεται τα σύνθετα δεδομένα (Data Mining) και εν συνεχεία παράγει HTML, Excel based reports οι οποίες αποθηκεύονται για μετέπειτα συμβουλή ή και στέλνονται αυτόματα μέσω email στους υπευθύνους. Έτσι σύνθετοι αλγόριθμοι λήψης αποφάσεων (Fuzzy logic, hypercubic grid nets, clustering, decision trees, mining [2]) ενεργούν πάνω στα δεδομένα στον σύνθετο web-based application server και παράγονται reports, HTML, ASP web pages και email alarms τα οποία ενημερώνουν άμεσα τους ενδιαφερόμενους (ξαφνική αλλαγή τιμών, πρόβλεψη ad-hoc peaks, αλλαγή συντελεστών, 3-ωρες προβλέψεις, τακτική περιοδική βελτιστοποίηση Εξισώσεων Ισορροπίας σύμφωνα με νέα δεδομένα, αναπροσαρμογή εξισώσεων κόστους, προβλέψεις κλπ).

Η επικοινωνία μεταξύ των δομημένων στοιχείων γίνεται με την XML η οποία αποτελεί πια έναν πολύ αποτελεσματικό τρόπο περιγραφής και ενσωμάτωσης δομημένης πληροφορίας. Τα διάφορα ενεργειακά δεδομένα τα οποία αποκτώνται είτε μέσω



Σχ. 2 Παράδειγμα από το demo portal που υπάρχει



Σχ. 3 Παραγωγή σύνθετων ROLAP reports (data mining, decision system) με απλά web-menus

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. Επίσης δημιουργούνται έτοιμα web-files (html, asp) για την μετέπειτα παρουσίαση των εκάστοτε αναφορών, όπου υπάρχουν έτοιμες γραφικές παραστάσεις (bar, pie, line, scatter diagrams 2D, 3D). Τα δεδομένα μπορούν

ανά πάσα στιγμή να είναι προσβάσιμα σε εγκεκριμένους χρήστες σε XML μορφή ή σε WSDL μορφή ή σε απλά HTML reports, τα οποία μετασχηματίζονται εύκολα σε pdf format. Όλα τα παραπάνω γίνονται αποκλειστικά μέσω Internet και ενός απλού browser.

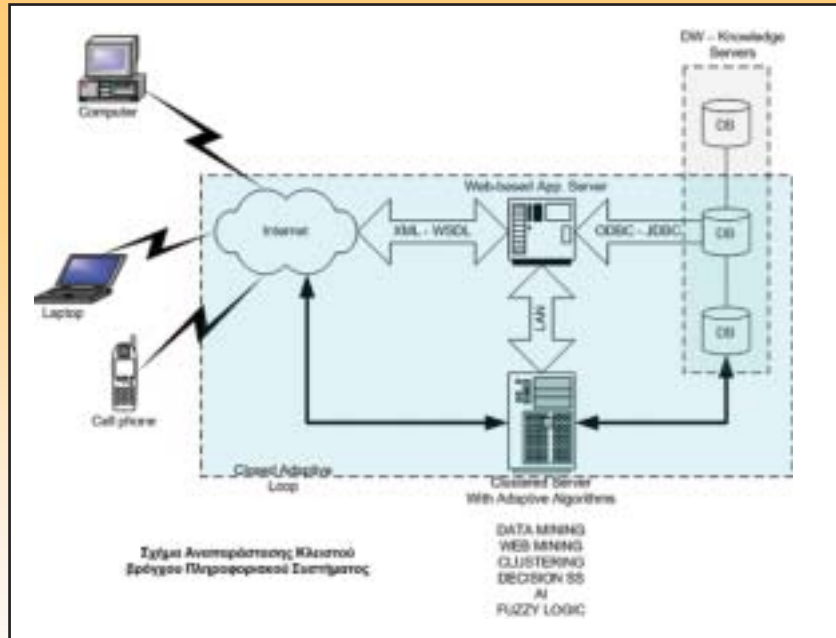
Η συμμετοχή των δύο υποσυστημάτων είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς ένα real-time decision support system, εκτελώντας batch χρονολογικές-περιοδικές διαδικασίες και ένα δεύτερο υποσύστημα real-time το οποίο εξυπηρετεί τους εκάστοτε χρήστες μέσω απλών drop down menus, δημιουργούν ένα πολύ ισχυρό web-based πληροφοριακό σύστημα το οποίο έχει ένα πολύ ισχυρό back-end application server layer το οποίο αποτελείται από πολλούς servers. Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη και εξέλιξη διαφόρων πλαισίων ανάπτυξης λογισμικού για Client-Server εφαρμογές οδήγησε δύο πολύ μεγάλες εταιρίες σε έναν ανεπίσημο πόλεμο με φόντο τις εφαρμοσμένες-έξυπνες δικτυακές υπηρεσίες και πολυστρωματικών (n-tier) δικτυακών πληροφοριακών συστημάτων με τη χρήση δυναμικών portals. Η γνωστή μας Microsoft με την ενοποιημένη πλατφόρμα .NET και έναν νέο SQL Server 2005 πραγματικά πολύ βελτιωμένο και η SUN, χρόνια πιστή στο γνωστό προϊόν της (Java) με την αρχιτεκτονική J2EE και την υποστήριξη της Oracle παλεύουν να κατακτήσουν σημαντικό market share από την νέα μελλοντική φιλοσοφία συστημάτων : **web-based Information Systems**. Το Internet πια, λειτουργεί σαν ένα αμφίδρομο, ενδιάμεσο στρώμα γεμάτο πληροφορία, η οποία είναι πραγματικά τεράστια μεταξύ των εκατομμύρια χρηστών ανά τον κόσμο (σχ.4).

Το Internet λοιπόν έχει έναν διπλό ρόλο σε αυτή τη νέα προσέγγιση προσθέτοντας ένα επιπλέον στρώμα (tier) καταλήγοντας σε **μία νέα αρχιτεκτονική 4-tier για τα web-based IS**: 1) είναι πια το μέσο (User interface) για την πρόσβαση σε αυτά τα συστήματα δίνοντας μια τρομερή ευκολία στον οποιονδήποτε από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου να έχει πρόσβαση όταν και όποτε θέλει σε on-line προχωρημένες υπηρεσίες (Energy Information Systems) και 2) λειτουργεί σαν ιδεατό τεράστιο γνωσιακό δίκτυο αναζήτησης και μετα-

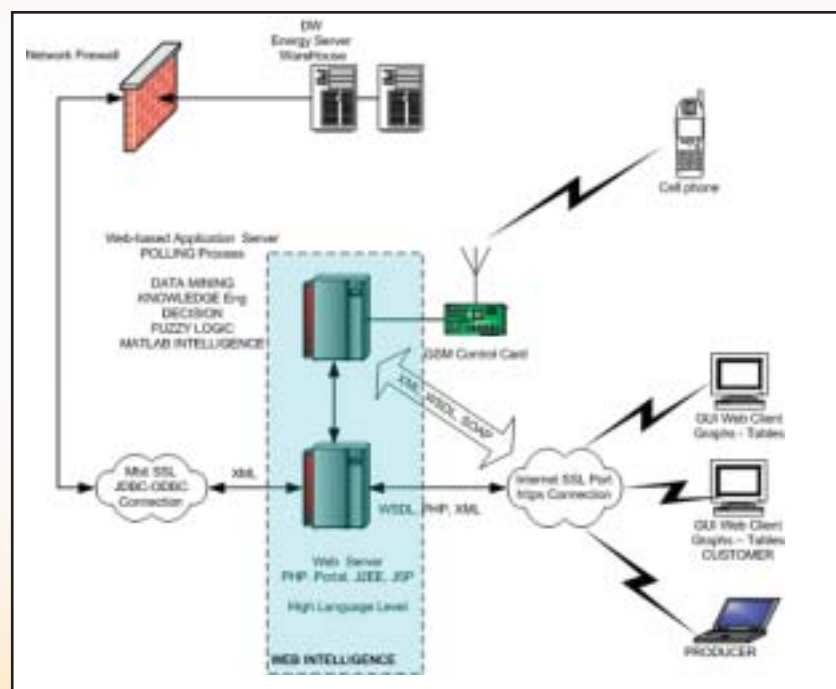
φοράς αναγκαίας δομημένης πληροφορίας από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου χωρίς μισθωμένες γραμμές, χωρίς MAN και WAN δίκτυα και πολλές φορές χωρίς καν την χρησιμοποίηση βάσεων δεδομένων, απλά μέσω των νέων Web services (WSDL μορφή πληροφορίας, SOAP messages etc). Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε, τεχνικές data mining στον εξελιγμένο application server (πχ. Matlab Web server), προσφέρουν την αναγκαία υπολογιστική ευφυΐα (Statistical patterns, association rules, clustering, decision trees) η οποία είναι αναγκαία σε σύνθετα πληροφοριακά συστήματα. Το εν λόγω σύστημα θα μπορεί να παραμετροποιείται πολύ εύκολα, ακολουθώντας τους κανόνες της ελεύθερης αγοράς. Επίσης, με την προσθήκη τεχνικών CMS (Content Management Systems) και προσωποποίησης e-services (personnalisation) θα μπορεί να υπάρξει και ηλεκτρονική διακίνηση και management εγγράφων, μέσω του ηλεκτρονικού portal. Αυτό βέβαια είναι δευτερεύον ως προς την παρούσα προσέγγιση του άρθρου, η οποία επικεντρώνεται στην υπολογιστική ευφυΐα και την web ανάλυση και λιγότερο σε θέματα CMS, διαπαφών χρήστη και γενικώς σε θέματα portal management.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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 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 e-energy.** Επίσης, η απαιτούμενη υπολογιστική ευφυΐα και πολυπλοκότητα θα παραμείνει 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



Σχ. 4 Web-based Πληροφοριακό σύστημα, η βάση της σημερινής IS φιλοσοφίας



Σχ. 5 Συνολική αρχιτεκτονική EMIR συστήματος

μπορεί με απλά menus και κουμπιά μέσω ενός Internet browser να παράγει σύνθετα reports και στατιστικούς πίνακες. Η επερχόμενη σημασιολογική μεταμόρφωση του παγκόσμιου ιστού (Semantic Web) και το Grid Computing θα λειτουργήσει ακόμα πιο θετικά

σε πιο έξυπνες και linguistic-based τεχνικές αναζήτησης (RDF etc) και καταμερισμού υπολογιστικής ισχύος, όσον αφορά ενεργειακά δεδομένα στο Internet. Και το παραπάνω σύστημα κινείται ήδη προς αυτές τις κατευθύνσεις (semantic distributed grids, fuzzy..)

SELECTED REFERENCES

- [1] E.M.I.R. Project (Energy Management & Intelligent Reporting) :
Πληροφορίες : <http://fermat.medialab.ntua.gr> &
<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>

* Short CV :

Ο Βασίλης Νικολόπουλος γεννήθηκε το 1975 στην Αθήνα και αποφοίτησε από την Γαλλική Λεόντειο Σχολή. Είναι διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχ. & Μηχ. Η/Υ αποκτώντας 4ετές Σκοτσέζικο Honours BEng, Ηλεκτρολόγου Μηχανικού του Πανεπιστημίου Dundee (2000), ερχόμενος 1ος σε 3 τμήματα της σχολής Μηχανικής, κατακτώντας το IEE prize 2000, πολλά βραβεία ακαδημαϊκής απόδοσης στα 4 χρόνια και υποτροφίες για μεταπτυχιακά στο Cambridge και το MIT. Το 2001 λαμβάνει MSc και Diploma σε Control systems από το Imperial College του Λονδίνου, Certificates σε Marketing & Management από το LSE και μετά από την γαλλική Classe Préparatoire εισάγεται στην Ecole Polytechnique στο Παρίσι από όπου αποκτά τις ειδικεύσεις Μηχανικού (Majeures de l'EP) σε Εφαρμοσμένα Μαθηματικά και Πληροφορική (2002). Είναι υποψήφιος διδάκτωρ στο εργαστήριο Τεχνολογίας Πολυμέσων, της σχολής HMMHY του ΕΜΠ. Η διατριβή του εντάσσεται στο γνωστικό αντικείμενο των Συστημάτων Αποφάσεων (Decision Sciences) με θέμα Ευφυή Συστήματα Βέλτιστης Διαχείρισης Πόρων. Επίσης είναι σύμβουλος Μηχανικός σε θέματα Η/Μ Μελετών, Αυτοματισμών, BMS, PLC, Intelligent Networks και σύμβουλος σε βελτιστοποίηση και Προσομοίωση δικτύων πωλήσεων, Πληροφοριακά Συστήματα, Business Intelligence. Είναι μέλος του ΤΕΕ, ΙΕΕ, ΙΕΕΕ, BCS, InstMC, IFAC, SEE, Γαλλική Μαθηματική Ένωση, του ΣΕΠΕ και του Ελληνο-Γαλλικού Οικονομικού και Βιομηχανικού Επιμελητηρίου.