

ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE BUCUREȘTI
Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică

Cod Proiect: PN-II-RU-TE-2009-1 (332)

Nr. Contract: 44/03.08.2010

SINTEZA RAPORTULUI DE CERCETARE

**SOLUȚII INFORMATICE PENTRU ASISTAREA PROCESULUI DECIZIONAL ÎN
MEDIILE INCERTE ȘI CU EVOLUȚII PUȚIN PREDICTIBILE ÎN VEDEREA
INTEGRĂRII ÎN REȚELE DE TIP GRID**

Obiective:

O 1. Realizarea funcționalităților prototipului de sistem suport pentru asistarea procesului decizional (I)

1.1. Realizarea subsistemului de predicție a energiei produse din surse eoliene și dimensionarea corespunzătoare a rezervelor energetice din sistem

1.2. Realizarea unei rețele de tip GRID pentru accesul în timp util la datele provenite din centralele eoliene și realizarea metadatelor

1.3 Realizarea interfeței și a machetelor de prezentare a datelor la nivelul unitarilor locale prin aplicarea tehnologiilor și metodelor de analiza utilizate în realizarea sistemelor suport de decizie

O 2. Realizarea funcționalităților prototipului de sistem suport pentru asistarea procesului decizional (II)

2.1. Realizarea modelelor și a funcționalităților pentru analiza datelor la nivelul dispecerului național

2.2. Realizarea interfeței și a machetelor de analiza a datelor la nivelul dispecerului național

Beneficiar:

Ministerul Educației, Cercetării, Tineretului
și Sportului

Și

Consiliul Național al Cercetării Științifice
din Învățământul Superior

Autori:

Lect. Univ. Dr. BÂRA Adela,
Director proiect
Ing. Dr. OPREA Simona Vasilica
Membru
Asist. Univ. Dr. BOTHA Iuliana
Membru
Lect. Univ. Dr. VELICANU Anda
Membru

BUCUREȘTI
2012

Cuprins

| | |
|---|----|
| INTRODUCERE | 3 |
| Partea 1. Realizarea funcționalităților prototipului de sistem suport pentru asistarea procesului decizional (I)..... | 3 |
| 1.1. Realizarea subsistemului de predicție a energiei produse din surse eoliene și dimensionarea corespunzătoare a rezervelor energetice din sistem | 3 |
| 1.1.1. Componenta de predicție a evoluției factorilor meteorologici | 5 |
| 1.1.2. Componenta de predicție a energiei eoliene..... | 5 |
| 1.1.3. Componenta de modelare și simulare a funcționării centralelor eoliene | 6 |
| 1.2. Realizarea unei rețele de tip GRID pentru accesul în timp util la datele provenite din centralele eoliene și realizarea metadatelor | 7 |
| 1.3 Realizarea interfeței și a machetelor de prezentare a datelor la nivelul unităților locale prin aplicarea tehnologiilor și metodelor de analiză utilizate în realizarea sistemelor suport de decizie..... | 8 |
| 1.3.1. Realizarea interfeței pentru gestiunea activităților operaționale | 8 |
| 1.3.2. Realizarea rapoartelor analitice la nivelul centralelor locale..... | 8 |
| Partea 2. Realizarea funcționalităților prototipului de sistem suport pentru asistarea procesului decizional (II)..... | 10 |
| 2.1. Realizarea modelelor și a funcționalităților pentru analiza datelor la nivelul dispecerului național | 10 |
| 2.1.1. Realizarea modelului de integrare a datelor și implementarea funcționalităților operaționale | 10 |
| 2.1.2. Realizarea depozitului de date..... | 11 |
| 2.2. Realizarea interfeței și a machetelor de analiză a datelor la nivelul dispecerului național | 14 |
| 2.2.1. Realizarea interfețelor pentru monitorizarea activităților curente la nivel central | 14 |
| 2.2.2. Realizarea rapoartelor analitice la nivel central | 17 |
| CONCLUZII | 19 |
| BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ | 21 |

INTRODUCERE

Raportul aferent fazei 2012 prezintă rezultatele obținute în cadrul etapei “*Realizarea funcționalităților prototipului de sistem suport pentru asistarea procesului decizional*”, prin îndeplinirea activităților prevăzute în cadrul obiectivelor sale: realizarea subsistemului de predicție a energiei produse din surse eoliene și dimensionarea corespunzătoare a rezervelor energetice din sistem; realizarea unei rețele de tip GRID pentru accesul în timp util la datele provenite din centralele eoliene și realizarea metadatelor; realizarea interfeței și a machetelor de prezentare a datelor la nivelul unităților locale prin aplicarea tehnologiilor și metodelor de analiză utilizate în realizarea sistemelor suport de decizie; realizarea modelelor și a funcționalităților pentru analiza datelor la nivelul dispecerului național; realizarea interfeței și a machetelor de analiză a datelor la nivelul dispecerului național.

Partea 1. Realizarea funcționalităților prototipului de sistem suport pentru asistarea procesului decizional (I)

1.1. Realizarea subsistemului de predicție a energiei produse din surse eoliene și dimensionarea corespunzătoare a rezervelor energetice din sistem

Realizarea subsistemului de predicție a energiei eoliene produse în centralele instalate pe teritoriul României reprezintă principala cerință pentru fluxurile decizionale privind dimensionarea corectă a resurselor energetice atât la nivel local cât mai ales la nivel central (al dispecerului și Operatorului Național de Transport).

Pornind de la modelul conceptual elaborat în faza anterioară (2011) în care am analizat datele meteo și producția eoliană provenite dintr-o singură stație, am elaborat în această fază un model complex de analiză statistică, dar și bazată pe tehnici de data mining a caracteristicilor de producție a centralelor eoliene (CEE), a factorilor meteorologici și a celor geografici care influențează producția eoliană.

Modelul are la bază următoarele elemente:

- Observații meteorologice înregistrate în 10 stații existente în perimetrul parcurilor eoliene;

- Înregistrări privind producția realizată la interval de o oră în decurs de un an în 29 de puncte de măsurare reprezentând 18 parcuri eoliene.

Pentru analiza datelor am utilizat atât metode statistice prin care să determinăm gradul de corelație a funcționării centralelor și gradul de încărcare a stațiilor de racord, cât și tehnici de data mining pentru a determina atributele relevante pentru construirea unui model de predicție, pentru clasificarea și clusterizarea centralelor și pentru predicția producției într-un anumit grup/centrală.

Subsistemul de predicție a energiei produse din sursele eoliene este compus din 3 module principale: modulul de achiziție date, modul de predicție și simulare, modulul de transmitere și prelucrare date (figura 1.1).

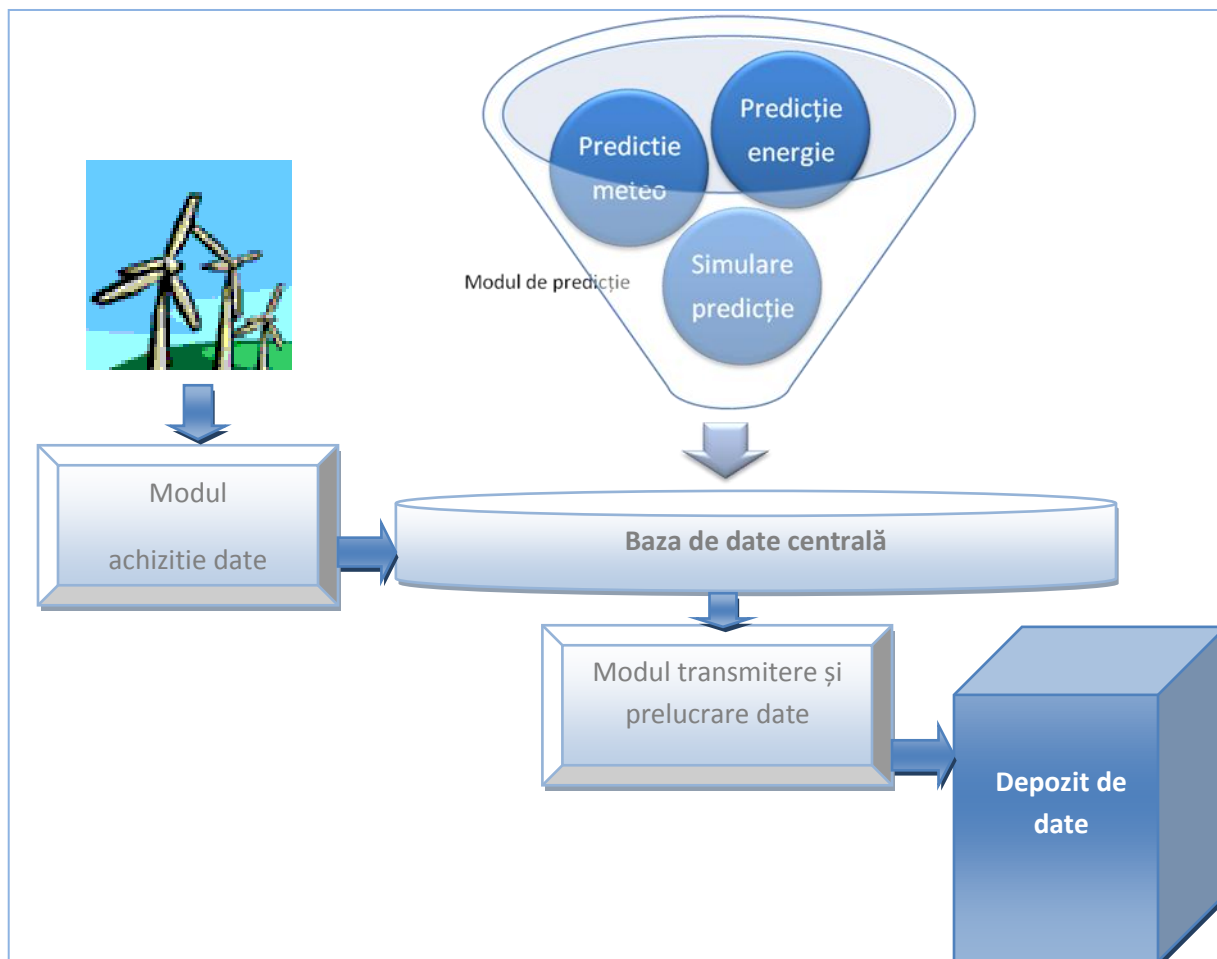


Figura 1.1. Componentele subsistemului de predicție

Modulul de achiziție date preia înregistrările meteo și cele referitoare la producția realizată de la diverse aparate de măsură și le integrează într-o bază de date centrală. Modelul de integrare a datelor a fost realizat și descris pe larg în etapa 2011.

Modulul de predicție și simulare este format din trei componente – o componentă pentru predicția evoluției meteo, o componentă pentru predicția energiei produse și o componentă de modelare și simulare a modului de funcționare a centralelor energetice eoliene. Aceste componente vor fi prezentate pe larg în subcapitolul curent.

Modulul de transmitere și prelucrare date permite integrarea obiectelor bazei de date referitoare la predicție cu depozitul de date centralizat pentru realizarea unor analize dinamice și complexe la nivelul sistemului suport pentru decizii.

1.1.1. Componenta de predicție a evoluției factorilor meteorologici

Am realizat un model de predicție pe baza unui set de înregistrări realizate în 10 locații în perioada 1 ianuarie 1979 – 31 decembrie 2011 (aproximativ 12054 de înregistrări în fiecare locație) și se bazează pe următorii parametri meteorologici: TX – Temperatura maximă a zilei (°C); TN – Temperatura minimă a zilei (°C); TG – Temperatura medie a zilei (°C); SS – Numărul de ore de radiație solară semnificativă (ore); RX – Valoarea maximă a precipitațiilor în interval de o oră (mm); RR – Valoarea curentă a precipitațiilor (mm); PP – Presiunea atmosferică (hPa); FX – Viteza maximă a vântului la rafală (m/s); FG – Viteza vântului (m/s); SD – Grosimea stratului de zăpadă (cm); CC – Numărul de ore de acoperire cu nori (ore).

Construirea modelului a presupus utilizarea algoritmilor de data mining pentru a surprinde corelația dintre factorii meteorologici și pentru a încerca să estimăm viteza vântului pe baza celorlalți parametri. Am utilizat algoritmii Attribute Importance, Naive Bayse, regresia logistică, arbori de decizie, rezultatele fiind bune, cu o acuratețe de peste 70%.

1.1.2. Componenta de predicție a energiei eoliene

În faza 2011 am identificat principalii factori meteorologici de care trebuie să se țină seama la amplasarea parcurilor eoliene și a turbinelor din cadrul acestora. Acești factori sunt: viteza și direcția vântului; presiunea atmosferică, temperatura, umiditatea, orografia solului și condițiile de relief; condițiile de mediu.

Pentru faza curentă modelul realizat în etapa 2011 și care a înregistrat o acuratețe de aproximativ 85%, este re-testat pe un nou set de date stocate în baza de date centrală astfel încât funcționalitatea de predicție a prototipului să fie validată și integrată în sistemul suport pentru decizie. Astfel, înregistrările au fost colectate în perioada 14 noiembrie 2011, ora 23 – 4 septembrie 2012, ora 11 din stații prin intermediul unor formulare de transmitere date (vor fi prezentate în capitolele următoare) și stocate în baza de date centrală a sistemului informatic. Pentru predicție am utilizat aceleași atribute ca în modelul realizat în faza anterioară și anume: S1 - Viteza vântului la înălțimea de 52 m; S2 – Viteza vântului la înălțimea de 50 m; S3 – Viteza vântului la înălțimea de 30 m; D1 și D2 – componentele vectoriale ale direcției vântului; H1 – umiditatea aerului; T1 – temperatura; B1 – presiunea atmosferică; R1 – volumul de precipitații; E - energia produsă. Am utilizat un atribut suplimentar E_PRAG pentru gruparea valorilor atributului E pe intervale în funcție de variația vitezei vântului cu 0,5 m/s și de variația energiei produse (atributul E). Aceste praguri sunt definite în conformitate cu caracteristica de putere a unui grup generator eolian (GGE).

Pentru atributul E_PRAG am aplicat algoritmul Attribute Importance pentru stabilirea ierarhiei de atribute importante, cele mai semnificative atribute pentru model fiind: viteza vântului, direcția, temperatura, umiditatea și volumul de precipitații.

Aceste atribute au fi utilizate în implementarea modelului de predicție folosind regresia, abaterile obținute fiind situate în intervalul ± 20 kW ceea ce înseamnă că pentru o valoare actuală de 1000 kW rezultă o prognoză situată între 980 kW și 1020 kW, marja de eroare fiind foarte mică.

În concluzie, s-a realizat un model de prognoză a energiei electrice produse din CEE, care poate fi aplicat cu succes în realizarea prototipului.

1.1.3. Componenta de modelare și simulare a funcționării centralelor eoliene

Componenta de modelare și simulare a funcționării centralelor eoliene (CEE) are ca obiectiv stabilirea unui model de funcționare simultană a centralelor prin determinarea corelațiilor existente între caracteristicile diferitelor CEE.

Datele analizate conțin informații legate de producția înregistrată orar în 19 locații din 15 parcuri eoliene (în unele parcuri există mai multe puncte de măsură). Pentru început am calculat

coeficientul de corelație dintre stații cu amplasare geografică apropiată. Din analize se observă existența unor corelații privind funcționarea centralelor eoliene situate în apropiere sau care prezintă caracteristici geografice asemănătoare. Din acest motiv am considerat util să aplicăm algoritmi de data mining pentru construirea unui model privind modul de funcționare a unei centrale în funcție de celelalte. Am considerat ca atribut țintă o anumită centrală care a prezentat valori pe toată perioada de măsurare. Datele referitoare la funcționarea orară a centralelor au fost stocate într-o tabelă (PRODUCTIE_EOL) având un total de 7058 de înregistrări. Pe acest volum de înregistrări am aplicat algoritmi de data mining: algoritmul Attribute Importance pentru stabilirea celor mai importante atribute; algoritmi de clasificare: arbori de decizie, regresia logistică și SVM, acuratețea celor din urmă fiind peste 80%, cu excepția situațiilor când producția este între 20-40% din puterea instalată când acuratețea este procentul de predicții corecte este de aproximativ 30%. Am construit și un model de regresie în două variante: regresia liniară și SVM, rezultatele fiind apropiate, acuratețea fiind de aproximativ 60% .

În concluzie se poate utiliza un model de predicție a producției înregistrate într-o anumită unitate atât separat, cu o acuratețe de aproximativ 70%, dar mai ales în combinație cu modelul de predicție bazat pe datele meteorologice. Pentru simulări complete se pot utiliza ambele modele prin care se poate estima cât mai precis producția realizată într-o anumită centrală.

1.2. Realizarea unei rețele de tip GRID pentru accesul în timp util la datele provenite din centralele eoliene și realizarea metadatelor

Sursele de date utilizate pentru analize operative privind producția de energie eoliană provin în principal din sistemul SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Modulele acestui sistem preiau informații din stațiile electrice și le transmit la Dispecerul Energetic care realizează monitorizarea sistemului electroenergetic și poate telecomanda echipamentele de comutație din stații. Sistemul permite colectarea informațiilor în timp real, acestea putând fi utilizate pentru încărcarea lor într-o bază de date centralizată de unde să poată fi utilizate pentru analize și predicții ulterioare. Problema integrării datelor în vederea realizării sistemului decizional apar însă la modul de colectare a informațiilor privind producția de energie eoliană și la regimurile de funcționare ale generatoarelor eoliene. Aceste informații nu sunt transmise în timp real, astfel încât nu se poate face o estimare corectă a producției și o alocare eficientă de rezerve în cadrul sistemului. Aceste informații provin din surse eterogene (fișiere de tip text și

excel, e-mail, transmițeri telefonice) fiind necesară o prelucrare manuală și o centralizare a tuturor datelor într-un tabel de unde să poată fi utilizate pentru analize și calcule. În consecință am propus o soluție de integrare a datelor prin care să se poată analiza informațiile referitoare la CEE printr-o bază de date centrală din care să se extragă datele relevante. Ulterior, aceste date vor fi încărcate într-un depozit de date care să permită realizarea unor analize multidimensionale.

1.3 Realizarea interfeței și a machetelor de prezentare a datelor la nivelul unităților locale prin aplicarea tehnologiilor și metodelor de analiza utilizate în realizarea sistemelor suport de decizie

1.3.1. Realizarea interfeței pentru gestiunea activităților operaționale

Am realizat subsistemul de achiziție a datelor utilizând schemele XSD astfel încât operatorii centralelor eoliene pot introduce datele prin două variante: online sau prin import de fișiere sursă.

Am realizat rapoarte detaliate privind consumul și producția corelate pe fiecare stație, precum și tabele pivot pentru puterea instalată în fiecare turbină în funcție de producător. Acestea permit stabilirea rentabilității turbinelor și o eventuală corelație între investitori și buna funcționare a acestora.

Rapoartele detaliate pot ajuta în procesul decizional, fiind un bun instrument pentru gestiunea interactivă a centralelor, turbinelor și proceselor asociate lor.

1.3.2. Realizarea rapoartelor analitice la nivelul centralelor locale

Utilizatorii implicați în luarea deciziilor în cadrul centralele locale au nevoie de o serie de rapoarte sintetice de analiză a activităților pe termen mediu și scurt pentru a monitoriza evoluția consumului și producției pe plan local.

Pentru a satisface aceste cerințe am realizat un data mart virtual direct pe baza de date relațională care conține un set de tabele de bază și tabele virtuale ce permit analiza dinamică a consumului, producției și a evoluției condițiilor meteo pe plan local. De asemenea sunt integrate în acest set de tabele și datele referitoare la predicțiile de energie și de vânt. Fiecare centrală va avea acces la propriile date astfel încât să se respecte confidențialitatea datelor și volumul de date analizate să fie cât mai mic.

Pentru construirea obiectelor din data mart am utilizat Oracle BI Discoverer Administrator datorită facilităților de analiză oferite și a ușurinței în utilizare. Primul pas în realizarea depozitului virtual de tip data mart este selectarea surselor de date și crearea unui container de obiecte de tip Folder în care vor fi stocate definițiile elementelor din data mart. Pentru fiecare centrală va fi creat un astfel de container. Obiectele din data mart sunt de tipul dimensiuni și fapte, schema fiind de tip stea sau fulg de nea. Pentru obiectele de tip dimensiuni am proiectat și ierarhii de tip dată și ierarhii pentru analiză astfel încât la realizarea rapoartelor analitice să poată fi realizată navigarea de tip drill-down și roll-up.

Rapoartele sunt realizate în Oracle BI Discoverer și permit decidenților din centralele eoliene să analizeze atât sintetic cât și detaliat modul de funcționare a centralelor. În cadrul raportului am prezentat câteva dintre rapoartele realizate.

De exemplu, în figura următoare este prezentat un raport care permite utilizatorilor să analizeze tabelar și grafic producția orară în decursul unei zile selectate de aceștia ca parametru.

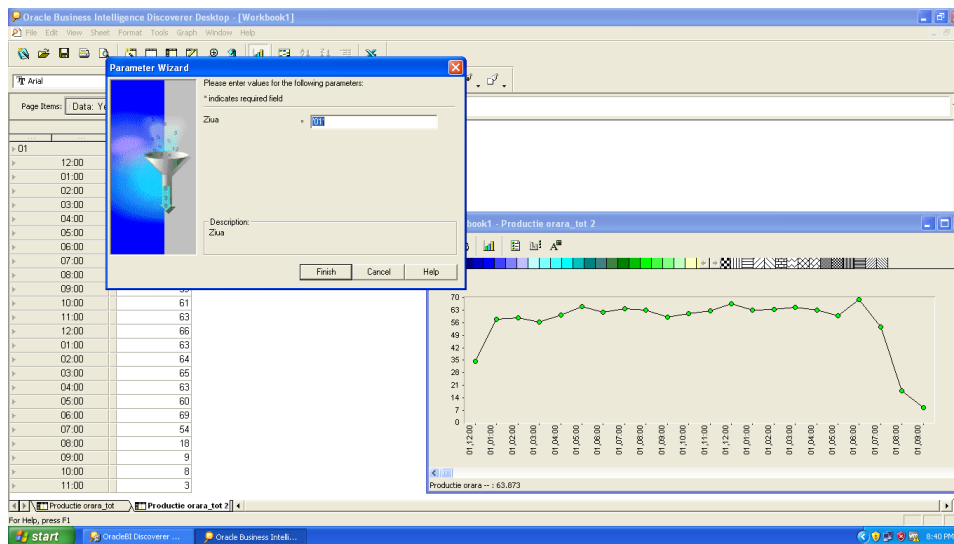


Figura 1.2 – Raport de analiză a producției orare

Rapoartele realizate permit urmărirea gradului de încărcare a centralei, adică procentul producției realizate din totalul puterii instalate la o anumită dată. Acest grad de încărcare este deosebit de util atât din punct de vedere operativ cât și din punct de vedere financiar. Am creat și o serie de rapoarte pentru analiza condițiilor meteo și a urmării comparative a producției realizate cu predicțiile obținute prin modelele construite anterior

Partea 2. Realizarea funcționalităților prototipului de sistem suport pentru asistarea procesului decizional (II)

2.1. Realizarea modelelor și a funcționalităților pentru analiza datelor la nivelul dispecerului național

Activitățile desfășurate în această etapă au vizat realizarea modelului de integrare a datelor provenite din sursele de date existente în centralele locale, implementarea funcționalităților operaționale, precum și realizarea depozitului de date.

2.1.1. Realizarea modelului de integrare a datelor și implementarea funcționalităților operaționale

Etapile urmărite în realizarea sistemului informatic au fost: specificarea cerințelor sistemului, analiza acestora, proiectarea bazei de date și implementarea ei, cu posibilități ulterioare de întreținere și dezvoltări suplimentare.

În cadrul acestor etape am realizat diagramele cazurilor de utilizare, diagramele de clase, diagramele de pachete, diagramele de stare, diagramele de interacțiune, de componente și de desfășurare. Pe baza acestora am proiectat baza de date având în vedere și o serie de elemente spațiale privind localizarea centralelor, a stațiilor de racord și a turbinelor. Implementarea bazei de date a presupus implementarea tabelelor într-un SGBDR și elaborarea programelor pentru manipularea acestora în vederea realizării funcționalităților sistemului în ansamblul său.

Am propus un algoritm pentru modelarea funcționării centralelor eoliene. În urma analizei factorilor de influență, am sintetizat într-un tabel caracteristicile acestora, funcția lor obiectiv, parametrii de intrare, natura parametrilor precum și criteriile la baza cărora stau. Valoarea optimă a vitezei vântului presupune determinarea unor parametri, dar între anumite valori, de obicei, prestabilite de producătorii turbinelor. Astfel o viteză prea mică a vântului nu face rentabilă pornirea turbinelor, iar o viteză prea mare poate conduce la dislocarea turbinei. În general, o turbină poate funcționa atunci când viteza vântului ia valori între 2 și 30 m/s. Când viteza vântului este în afara acestui interval turbinele sunt oprite automat.

Pe baza acestor calcule am determinat criteriile prin care se poate aprecia performanța unei centrale eoliene, respectiv criteriile pentru aflarea zonei optime de amplasare a unui parc

eolian. Am realizat un pachet PLSQL care implementează algoritmul. Acest pachet este transformat într-un serviciu Web ce poate fi apelat prin Jdeveloper. Testarea serviciului Web pentru calcularea performanței centralei 1 se poate observa în figura 2.1.

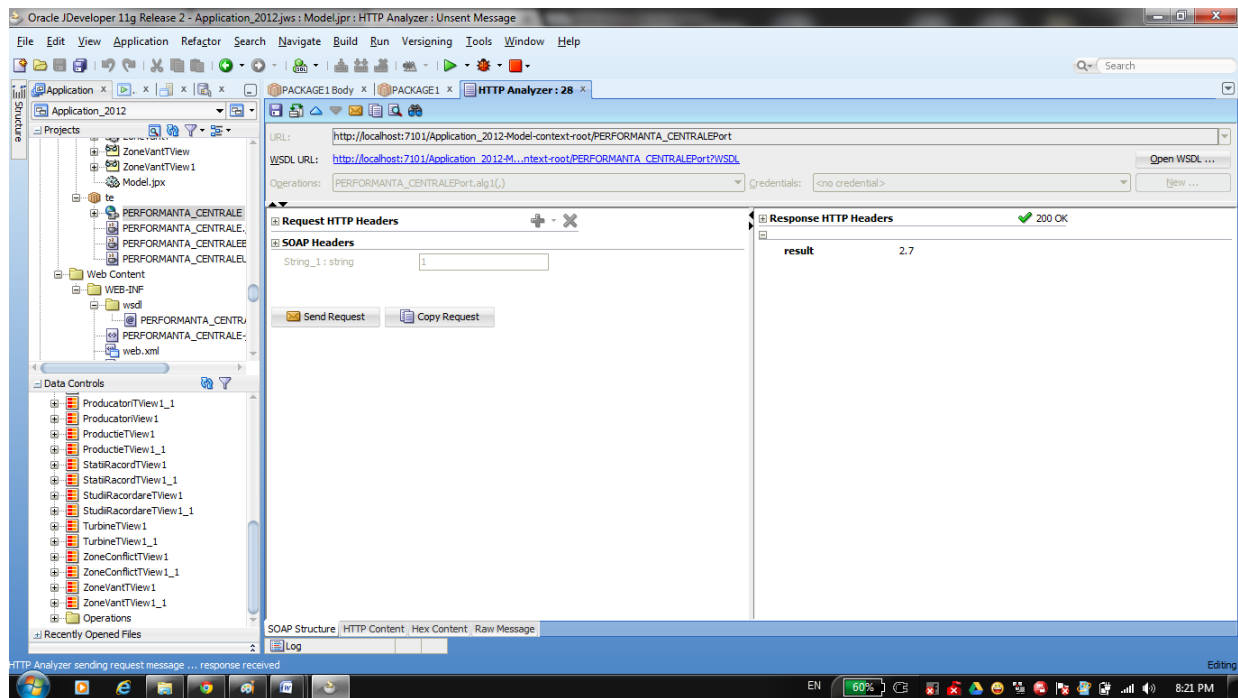


Figura 2.1 – Serviciul Web pentru calcularea performanței unei centrale

Se obține o performanță de 2.7 din 5, ceea ce înseamnă că centrala are o performanță acceptabilă.

2.1.2. Realizarea depozitului de date

Depozitul de date construit în această etapă se bazează pe o soluție multidimensională de organizare a datelor de tip MOLAP (multidimensional OLAP) care va permite agregarea metricilor și stocarea și procesarea separată a cuburilor de către serverul de baze de date.

Pentru implementarea modelului am optat pentru mediul de dezvoltare Oracle Warehouse Builder 11g și am parcurs următoarele etape: realizarea modulului sursă, realizarea modulului destinație, realizarea mapărilor, validarea și crearea obiectelor.

Dimensiunile realizate sunt:

Dimensiunea DIM_CENTRALA conține atributele referitoare la turbinele și stațiile de racord ale centralelor eoliene. Nivelurile ierarhice din dimensiunea DIM_CENTRALA sunt L_STATIE -> L_CENTRALA -> L_TURBINA

Dimensiunea DIM_PRODUCATOR va conține atributele referitoare la producătorii de turbine eoliene. Nivelurile ierarhice din dimensiunea DIM_PRODUCATOR sunt L_ZONA-> L_PRODUCATOR.

Dimensiunea DIM_LOCATIE conține atributele referitoare la regiuni și locații geografice. Nivelurile ierarhice din dimensiunea DIM_LOCATIE sunt L_REGIUNE-> L_JUDET -> L_LOCALITATE.

Dimensiunea DIM_EMITENTI conține atributele referitoare la principalele organizații emitente de studii, avize și contracte de racordare. Nivelurile ierarhice din dimensiunea DIM_EMITENT sunt L_ZONA-> L_EMITENT.

Dimensiunea DIM_INVESTITOR conține atributele prin care se caracterizează investitorii ce au aplicat pentru avizele de racordare și care în urma contractării sunt proprietarii centralelor eoliene în funcțiune. Nivelurile ierarhice din dimensiunea DIM_INVESTITOR sunt L_ZONA-> L_INVESTITOR.

Proiectarea cuburilor – sunt tabelele centrale care conțin atribute de tip măsuri (metrici) și chei externe către tabelele dimensiuni. Cuburile conțin de obicei date numerice care pot fi însumate și analizate în funcție de nivelurile existente în dimensiuni.

Cuburile realizate sunt:

Cubul CUB_STUDII_CONTRACTE (figura 2.2.) conține măsurile referitoare la activitatea de avizare.

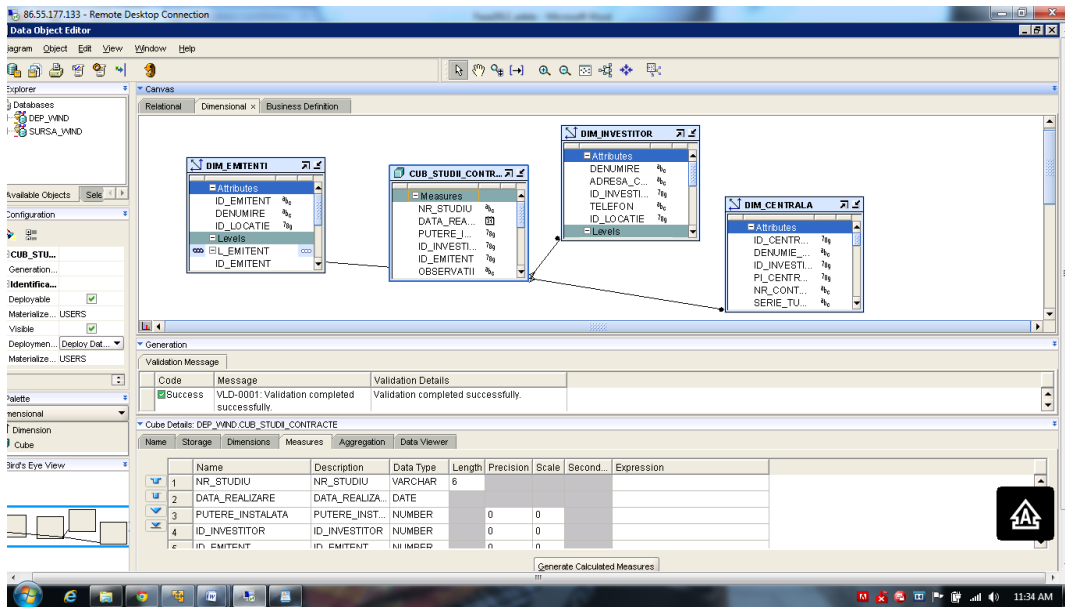


Figura 2.2. – Realizarea cubului CUB_STUDII_CONTRACTE

Cubul CUB_CONSUM conține măsurile referitoare la consumul înregistrat în stațiile de record în funcție de locațiile geografice.

Cubul CUB_DATE_METEO conține metrice referitoare la măsurătorile înregistrate de anemometrele instalate în centralele eoliene.

Cubul CUB_PRODUCTIE conține metricile referitoare la energia produsă de către centralele eoliene.

Realizarea mapărilor dintre sursele de date și cuburi – am realizat mapările între tabelele virtuale prezentate anterior și cuburile proiectate.

Realizarea schemei depozitului de date se face prin joncțiunea tabelor de fapte cu dimensiunile pe baza atributelor comune. Schema depozitului este de tip fulg de nea deoarece există joncțiuni și între dimensiuni (figura 2.3). La dimensiunile identificate în etapa 1 se adaugă și dimensiunea timp.

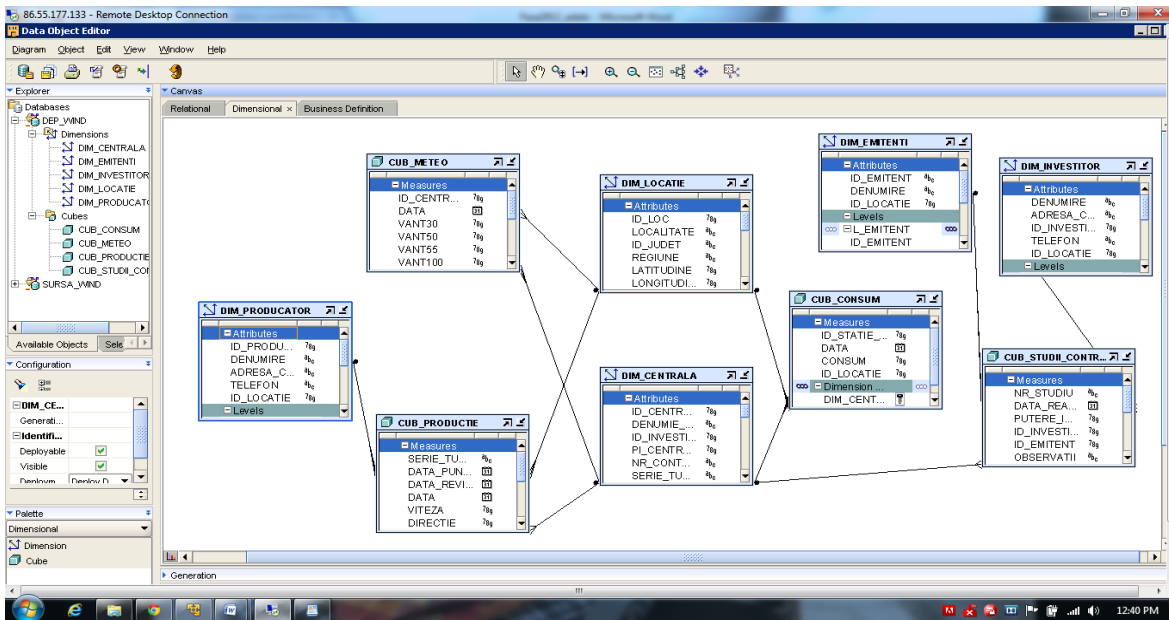


Figura 2.3 - Schema de tip fulg de nea a depozitului de date

Obiectele depozitului de date sunt validate și create în baza de date centrală astfel încât să poată fi utilizate în analize dinamice. Toate obiectele depozitului de date sunt create în baza de date, pentru fiecare obiect existând un set de proceduri și funcții PL/SQL specifice pentru crearea atributelor, a nivelurilor ierarhice în cazul dimensiunilor, a măsurilor și a legăturilor cu dimensiunile în cazul cuburilor.

2.2. Realizarea interfeței și a machetelor de analiza a datelor la nivelul dispecerului național

În această etapă am construit aplicația de monitorizare și analiză la nivel central destinată utilizatorilor din cadrul Operatorului Național de Transport și de Sistem (OTS) implicați în luarea deciziilor privind resursele eoliene de energie. Această aplicație are două componente majore – o componentă formată dintr-un set de interfețe pentru monitorizarea activităților curente și o componentă formată dintr-un set de rapoarte analitice destinate analizei evoluției producției de energie eoliană pe diferite perioade de timp și în diferite regiuni.

2.2.1. Realizarea interfețelor pentru monitorizarea activităților curente la nivel central

Realizarea interfețelor de vizualizare și analiză a datelor de către operatorii dispecerului național s-a realizat utilizându-se mediul de dezvoltare Oracle JDeveloper 11g, care acoperă întregul ciclu de viață al unei aplicații informatice, oferind facilități de modelare, programare, testare, optimizare și utilizare. Astfel, am ales realizarea unei aplicații de tipul *Fusion Web*

Application. Acest tip de aplicație îmbină posibilitatea utilizării tehnologiilor Java Server Pages, Java Server Faces și XML în șabloane de proiecte care utilizează componente specifice, precum: ADF Faces, ADF Task Flow, ADF Business Components.

Interfața cu utilizatorul am realizat-o prin intermediul paginilor JSF (pagini JSP cu funcționalități sporite datorate tehnologiei Java Server Faces), navigarea între acestea fiind specificată prin documente XML.

În urma organizării funcțiilor aplicației în pagini Web și a stabilirii modului de navigare între acestea, am trecut la proiectarea efectivă a fiecărei pagini, scheletul acestora fiind generat automat. Urmând pașii prin care suntem ghidați în crearea unei pagini Web de tip JSF (utilizând asistentul tip *wizard Create JSF Page*), am creat scheletul paginii, pe care apoi am completat-o cu obiecte specifice (meniuri, tabele, butoane etc.).

Odată preluate și validate datele, acestea pot fi prezentate în diferite formate factorilor de decizie. Astfel, în secțiunea de aplicație dedicată celor care au rol decizional, investitorii și utilizatorii OTS, aceștia pot vizualiza *rapoarte, tablouri de bord, tabele pivot sau hărți interactive* ale parcurilor de centrale eoliene.

În ceea ce privește obținerea de rapoarte utile procesului decizional, acestea sunt prezentate într-o gamă variată, începând de la situații centralizatoare la nivelul stațiilor de racordare, până la rapoarte interactive, care implementează funcționalități OLAP sau prezintă dinamic starea și valoarea anumitor indicatori.

De exemplu, situația studiilor și avizelor corelate cu contractele de racordare este indicată în figura 2.4 printr-o machetă care implementează relația dintre studiile de racordare acceptate, avizele acordate și contractele aferente încheiate.

| Studii-avize-contracte de racordare | | | |
|-------------------------------------|---------------|--------------|----------------------------|
| Studii Racordare | | | |
| NrStudiu | DataRealizare | Putere | Observatii |
| S11 | 14.04.2008 | 90 | statia 400/110 kV Tariv |
| S12 | 14.04.2008 | 255 | statia 400/110 kV Tariv |
| S13 | 14.04.2008 | 255 | statia 400/110 kV Tariv |
| S14 | 20.01.2010 | 147 | racordare in statia 110 |
| S15 | 04.06.2010 | 168 | racord prin statie noua |
| Avize Racordare | | | |
| NrAviz | DataEmitere | DataExpirare | StareAviz |
| 535 | 18.01.2011 | 18.07.2011 | VALABIL - in curs de react |
| Contracte Racordare | | | |
| NrContract C100 | | | |
| DataContract 14.04.2008 | | | |
| Export in Excel | | | |

Figura 2.4 – Situația studiilor și avizelor corelate cu contractele de racordare

Am utilizat și reprezentări geografice a datelor, de exemplu în figura 2.5 am prezentat vizual pe hartă consumul energetic aferent fiecărei stații de racordare. La selectarea zonei geografice și mai apoi a stației marcate este evidențiată valoarea indicatorului cercetat.

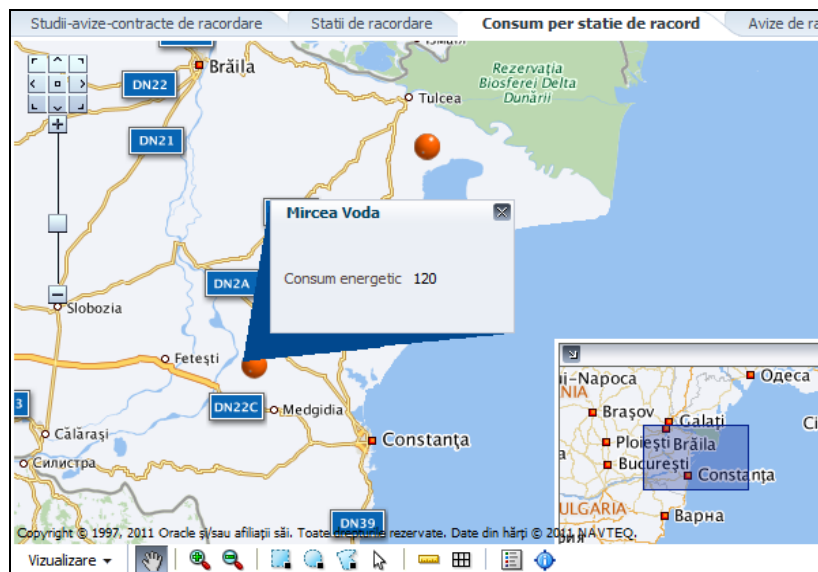


Figura 2.5 – Vizualizarea consumului de energie la nivelul stațiilor de racord

De asemenea, sunt marcate pe hartă și informațiile despre starea avizelor de racordare, care sunt necesare la nivelul dispecerului național, în vederea planificării de sesiuni de reavizare la nivel de stație de racord (figura 2.6).

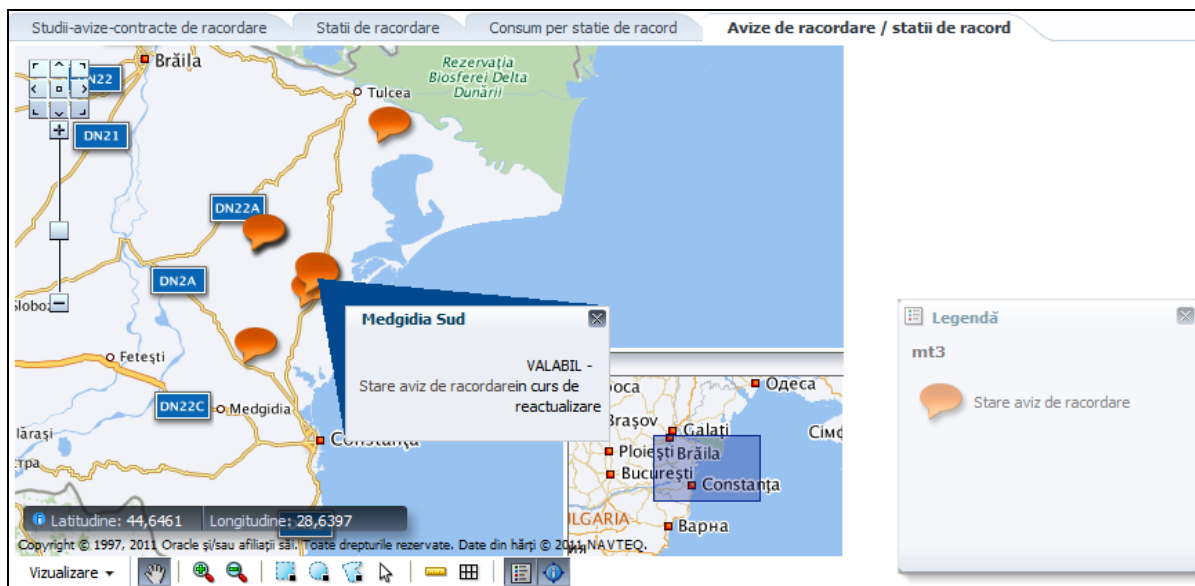


Figura 2.6 – Vizualizarea stării avizelor la nivelul stațiilor de racord

Pentru factorii de decizie am realizat o serie de rapoarte analitice care vor fi prezentate în subcapitolele următoare.

2.2.2. Realizarea rapoartelor analitice la nivel central

Pe baza depozitului de date realizat am construit o serie de rapoarte analitice destinate utilizatorilor implicați în luarea deciziilor pe plan național pentru analiza funcționării centralelor energetice eoliene racordate în sistem.

Pentru construirea rapoartelor am utilizat mediul de dezvoltare Oracle Business Intelligence Discoverer care oferă facilități pentru analiza multidimensională a datelor și elemente de vizualizare a acestora pe baza schemelor depozitului de date virtual și prin realizarea de rapoarte și grafice flexibile și ușor de modificat de către utilizator.

În această etapă, prin realizarea unor rapoarte utile factorilor de decizie din cadrul OTS, se validează funcționalitățile depozitului de date și se pot stabili noi cerințe și facilități ce urmează a fi implementate în faza următoare.

Am construit mai multe seturi de rapoarte în funcție de tipul de activitate urmărit în analiză:

- Rapoarte pentru analiza studiilor de racordare și avizelor aflate în lucru și a contractelor în derulare;

- Rapoarte pentru analiza producției pe diferite perioade de timp și în diferite regiuni;
- Rapoarte pentru analiza consumului pe diferite perioade de timp și în diferite puncte de măsură;
- Rapoarte pentru analiza modului de funcționare a centralelor la nivel național pe diferite perioade de timp;
- Rapoarte pentru analiza evoluției condițiilor meteo și a predicțiilor de energie la nivel național.

Pentru exemplificare am prezentat în cadrul raportului câte un raport din fiecare set, aplicația de analiză fiind disponibilă pentru testare și verificare.

În figura 2.7. am prezentat un raport ce permite factorilor de decizie să analizeze producția realizată din surse eoliene în diferite locații, pe diferite perioade de timp. Producția poate fi analizată și în corelație cu factorii meteo pentru a observa abaterile față de notificările de producție.

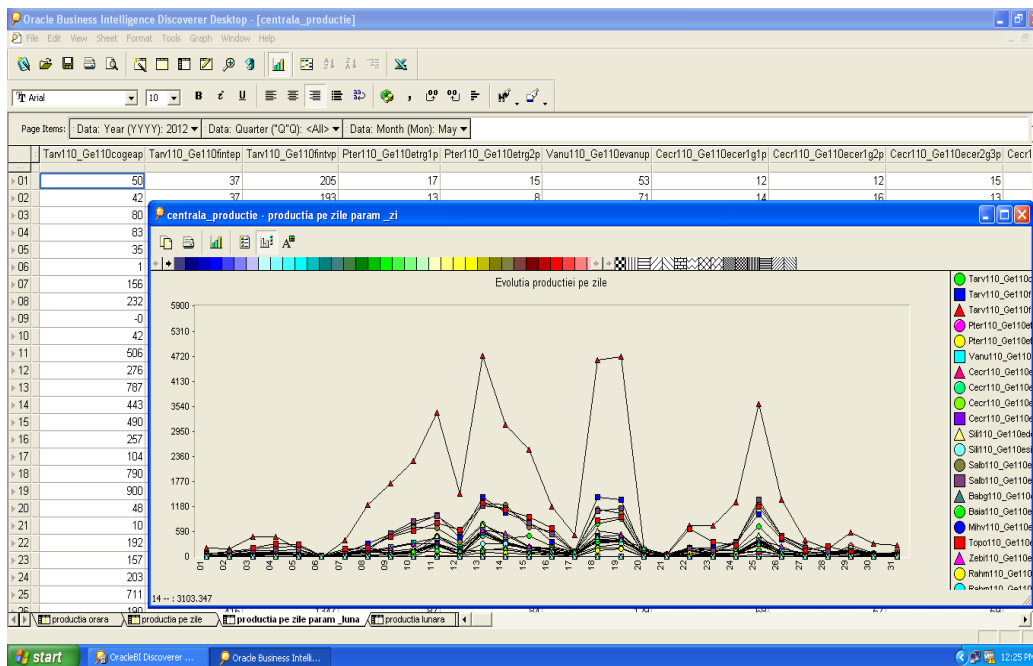


Figura 2.7 – Raport privind producția înregistrată într-o anumită lună selectată ca parametru

Funcționarea centralelor este urmărită la nivel național în corelație pe diferite zone în funcție de amplasarea geografică și condițiile meteo similare. Analiza este realizată și în funcție

de tipurile de turbine și de producătorii acestora deoarece pot exista diferențe notabile. Este analizat gradul de încărcare a centralelor, numărul de ore de funcționare/staționare/revizie.

Modelele de predicție implementate în prima etapă sunt integrate în acest set de rapoarte astfel încât utilizatorii să poată analiza evoluția condițiilor meteo, a producției de energie, predicțiile meteo și predicțiile de energie. Sunt calculate statistici referitoare la abaterile de la estimările inițiale, la gradul de încărcare a centralelor pe perioade de timp imediat următoare, este analizată funcționarea corelată pe viitorul apropiat a unor centrale.

CONCLUZII

Raportul aferent fazei 2012 prezintă rezultatele obținute în urma implementării prototipului de sistem informatic suport pentru decizii prin parcurgerea activităților obiectivelor stabilite. Prototipul este dezvoltat pornind de la funcționalitățile de bază privind achiziția, prelucrarea și vizualizarea datelor și conținând module de predicție și analiză avansată a datelor prin intermediul rapoartelor analitice și reprezentări geografice. Realizarea prototipului s-a bazat pe o serie de soluții de organizare și integrare a datelor în depozite de date, soluții privind îmbunătățirea metodelor clasice de previziune a energiei produse de centralele energetice eoliene (CEE), precum și soluții pentru proiectarea sistemului de asistare a deciziilor la nivelul OTS.

Apreciem ca importante și valoroase rezultatele obținute până la momentul actual. Prin parcurgerea activităților prevăzute pentru atingerea obiectivelor fazei 2012 s-au realizat principalele componente ale prototipului informatic:

- Componenta de predicție de energie eoliană și simulare a funcționării centralelor instalate pe plan național;
- Componenta de integrare, organizare și stocare a datelor într-o bază de date centralizată;
- Componenta de gestiune și analiză a activităților curente privind consumul și producția de energie eoliană prin intermediul aplicațiilor destinate centralelor locale;
- Componenta de organizare a datelor într-un depozit de date centralizat;
- Componenta de monitorizare și analiză a activităților privind consumul și producția la nivel național.

Oportunitatea contribuției practice este evidentă, mai ales pentru mediul economic energetic, iar abordarea interdisciplinară s-a impus ca modalitate de lucru obligatorie pentru realizarea practică a sistemului informatic de asistare a procesului decizional în mediile cu predictibilitate scăzută, precum cel al producerii și prognozei energiei eoliene.

Impactul acestei lucrări este ridicat având în vedere caracterul interdisciplinar pe de o parte și pe de altă parte componenta economică pe care acesta o implică. Beneficiarii rezultatelor unor astfel de cercetări sunt: 1) comunitatea academică și științifică; 2) sistemul energetic prin posibilitatea realizării de prognoze eficiente; 3) mediul de afaceri prin motive suplimentare de a investi în centralele eoliene; 4) mediul universitar prin posibilitatea de a aplica prototipul propus în scop didactic.

Viitoarele direcții de cercetare aferente fazei 2013 vizează implementarea și evaluarea prototipului realizat prin parcurgerea următoarelor activități: implementarea prototipului, analiza funcționalităților prototipului realizat și îmbunătățirea acestora și evaluarea performanțelor prototipului.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [BABO12] Bâra A, Botha I, Velicanu A - *Solutions for performance increase in business intelligence systems*, The 11th International Conference on Informatics in Economy Education, Research & Business Technologies, 2012, ISSN: 2247 – 1480
- [BAVE11] Bâra A, Velicanu A, Botha I, Oprea SV- *Data transmission and representation solutions for wind power plants' management systems*, International Journal of Computers, Issue 2, Volume 5, 2011, pp. 476-484, ISSN: 1998-4308, <http://www.naun.org/journals/computers/>, SCOPUS
- [BFBO12] Bâra A, Florea A, Botha I, Oprea SV - *Solutions for CRM systems integration in organizational systems*, The 1st International Conference on INFORMATION TECHNOLOGY and COMPUTER NETWORKS (ITCN '12), Vienna, Austria, Recent advances in computer engineering Series, Latest trends in Information Technology, ISSN: 1790-5190, ISBN: 978-1-61804-134-0, pp 146-152
- [BOBA12] Botha I, Bâra A, Oprea SV, Jordão TC - *Integrating XML Technology with Object-Relational Databases into Decision Support Systems*, Database Systems Journal, vol. III, no. 1/2012, pp. 11-20, ISSN: 2069–3230
- [BOTH12] Botha I. - *Integrarea tehnologiilor Web cu bazele de date relațional-obiectuale în contextul noii economii*, teză de doctorat, specializarea Informatică Economică, Institutul de Studii Doctorale, Academia de Studii Economice din București, 2012 http://opac.biblioteca.ase.ro/opac/bibliographic_view/170499
- [DILB12] Diaconita V, Lungu I, Botha I - *Testing relational database query optimization strategies*, The 1st International Conference on INFORMATION TECHNOLOGY and COMPUTER NETWORKS (ITCN '12), Vienna, Austria, Recent advances in computer engineering Series, Latest trends in Information Technology, ISSN: 1790-5190, ISBN: 978-1-61804-134-0, pp 152-158
- [HEIE06] Heier, S. – *Grid integration of wind energy conservation systems*, John Willey & Sons Ltd., 2006
- [HEST07] Hellerstein J M., Michael Stonebraker, James Hamilton, *Architecture of a Database System, Foundations and Trends in Databases*, vol. 1, nr. 2, 2007, pp. 141–259, ISSN 1931-7891
- [KOMI06] Koletzke P, Mills D - *Oracle JDeveloper 10g for Forms & PL/SQL developers. A guide to Web development with Oracle ADF*, Ed.McGraw-Hill Osborne Media, 2006, ISBN 978-007-225-960-5
- [BALU12] Bâra A, Lungu I, – cap 17 - *Improving decision support systems with data mining techniques* (pp.367-388) din cartea *Advances in Data Mining Knowledge Discovery and Applications*, InTech — Open Access Company Publishing, 2012, ISBN 978-953-51-0748-4.
<http://www.intechopen.com/books/advances-in-data-mining-knowledge->

discovery-and-applications

- [OBBV12] Oprea SV, Botha I, Bâra A, Velicanu A- *Prototype of a Decision Support System for analyzing and forecasting the Wind Energy Production in Romania*. The 1st International Conference on INFORMATION TECHNOLOGY and COMPUTER NETWORKS (ITCN '12), Vienna, Austria, Recent advances in computer engineering Series, Latest trends in Information Technology, ISSN: 1790-5190, ISBN: 978-1-61804-134-0, pp. 123-129
- [OPBA11] Oprea SV, Bâra A, Vlăducu V, Velicanu A- *Data Level's Integrated Model for the National Grid Company's Decision Support System*, Recent Advances in Computers, Communications, Applied Social Science and Mathematics, International Conference on Computers, Digital Communications and Computing (ICDCCC'11), Barcelona, Spain, 15-17 septembrie 2011, pp 167-172, ISBN: 978-1-61804-030-5, WSEAS Press, <http://www.wseas.us/books/2011/Barcelona/ICICIC.pdf> , ISTP/ISI Proceedings Web of Knowledge;
- [OPRE09] Oprea S - *Aspecte privind accesul deschis la rețelele electrice. Integrarea surselor regenerabile de energie*. Teza de doctorat, Universitatea Politehnica București, 2009
- [ORWB12] Oracle Warehouse Builder User's Guide, 11g Release 1, B31278-06, http://docs.oracle.com/cd/B28359_01/owb.111/b31278.pdf
- [PROG12] Web site: <http://www.prognoza-vremii.ro/blog/3/49-problema-corelatiei-in-vremiologie-timpul-probabil>
- [TRAN12] www.transelectrica.ro, rapoarte privind producția eoliană
- [TUBA12] Tudor A, Bâra A, Andrei (Dragomir) E - *Clustering Analysis for Credit Default Probabilities in a Retail Bank Portfolio*, Database Systems Journal, vol. III, no. 2/2012, pp. 23-30, ISSN: 2069–3230
- [TUBO12] Tudor A, Bâra A, Oprea SV - *Comparative analysis of data mining methods for predicting credit default probabilities in a retail bank portfolio*, The 1st International Conference on INFORMATION TECHNOLOGY and COMPUTER NETWORKS (ITCN '12), Vienna, Austria, Recent advances in computer engineering Series, Latest trends in Information Technology, ISSN: 1790-5190, ISBN: 978-1-61804-134-0, pp. 117-123;
- [VBBL12] Velicanu A, Bâra A, Botha I, Lungu I, Mocanu AM, Tudor A– *Spatial Databases for Wind Parks*, Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research Journal, ISSN: 0424-267X, nr.2/2012
- [VEBO11] Velicanu M., Botha I. - *Solutions for the Object-Relational Databases Design*, revista Database Systems Journal, vol. II, nr.4/2011, pp. 51-64, ISSN: 2069-3230, indexare în baze de date internaționale