UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” din BUCUREŞTI

ŞCOALA DOCTORALĂ de INGINERIE INDUSTRIALĂ și ROBOTICĂ
Nr. Decizie 762 din 19.10.2021

REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT

SISTEM SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP ÎN PROIECTAREA MECANISMELOR

GROUP DECISIONS SYSTEM SUPPORT IN MECHANISMS DESIGN

Student-Doctorand: **Ing. Moșneaga Anca-Olimpia (Talaat-Hamid)**

Conducător de doctorat: **Prof. Univ. Emerit Dr. Ing. Iosif Tempea**

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	**Prof.Univ.Dr. Ing. Nicolae Ionescu**	de la	**Universitatea POLITEHNICA din București**
Conducător de doctorat	**Prof. Univ. Emerit Dr. Ing. Iosif Tempea**	de la	**Universitatea POLITEHNICA din București**
Referent	**Conf. Dr. Ing. Amelitta Legendi**	de la	**Universitatea Tehnica de Construcții din București**
Referent	**Prof. Univ. Dr. Ing. Nicolae Dumitru**	de la	**Universitatea din Craiova**
Referent	**Prof. Univ. Dr. Ing. George Adîr**	de la	**Universitatea POLITEHNICA din București**

BUCUREȘTI
2021

Cuprins

CAPITOLUL I 8
INTRODUCERE 8
1.1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR IN DOMENIU 10
1.2. OBIECTIVELE LUCRĂRII 11
CAPITOLUL II 12
INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ 12
CAPITOLUL III 15
SISTEME EXPERT 15
3.1. INTRODUCERE 15
3.2. DEFINIȚIA SISTEMELOR EXPERT 16
3.3. EXEMPLE DE SISTEME EXPERT 18
3.4. SISTEME MULTI-EXPERT 18
3.4.1 Arhitectura sistemului multi-expert 19
3.4.2 Relațiile de comunicare dintre modulele de cunoaștere 20
3.5. ARHITECTURA SISTEMULUI EXPERT 20
3.6. CRITERII DE EVALUARE A SISTEMULUI MULTI-EXPERT 23
CAPITOLUL IV 24
DECIZIA ȘI PROCESUL DECIZIONAL 24
4.1. DEFINIȚIA DECIZIEI ȘI A PROCESULUI DECIZIONAL 24
4.1.1. Clasificarea deciziilor 24
4.2. MODELELE PROCESULUI DECIZIONAL 25
4.2.1. Modelarea ca instrument în luarea deciziilor 26
4.3. CONCLUZII 26
CAPITOLUL V 28
STRUCTURA SISTEMELOR EXPERT 28
5.1. BAZA DE CUNOŞTINŢE 28
5.2. REPREZENTAREA CUNOȘTINȚELOR 29
5.2.1. Regulile de producţie 29
5.2.2. Metoda reţelelor semantice 31
5.2.3. Metoda cadrelor/obiectelor structurate 31
5.2.4. Metoda reţelelor neuronale 32

5.3. BAZA DE FAPTE 32
5.4. MECANISMUL DE INFERENȚE 33
5.4.1. Funcționarea mecanismului de inferențe 33
5.5. MODULUL DE ACHIZIȚIE DE CUNOȘTINȚE 35
5.6. MODULUL DE EXPLICAŢII 35
CAPITOLUL VI 37
SISTEME SUPORT PENTRU DECIZII 37
6.1. DEFINIȚIA SISTEMULUI SUPORT PENTRU DECIZII 37
6.2. CARACTERISTICILE SISTEMULUI SUPORT PENTRU DECIZII 38
6.3. CLASIFICAREA SISTEMELOR SUPORT PENTRU DECIZII 38
6.4. SISTEME SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP 39
6.4.1. Platforme pentru utilizarea sistemului suport pentru decizii de grup 40
CAPITOLUL VII 41
SISTEME SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP 41
7.1. SITUAȚIILE DE UTILIZARE A SISTEMULUI SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP 41
7.2. ARHITECTURI ALE SISTEMELOR INFORMATICE 42
7.3. STABILIREA CERINŢELOR DE PROIECTARE 43
7.4. POTENŢIALE AVANTAJE ŞI DEZAVANTAJE ALE LUCRULUI ÎN GRUP 43
7.5. TEHNICI DE PROIECTARE 44
7.5.1. Brainstorming-ul 44
7.5.2. Tehnica grupului nominal 45
7.5.3. Metoda Delphi 45
7.6. CARACTERISTICILE DECIZIILOR DE GRUP 45
7.7. TEHNOLOGIA SISTEMELOR SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP 46
7.8. ARHITECTURA CLIENT-SERVER 46
7.9. PROIECTAREA SISTEMULUI SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP 47
7.10. EVALUAREA SISTEMELOR SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP 47
7.11. SISTEME SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP COMPETITIVE LA NIVEL MONDIAL 47
CAPITOLUL VIII 49
PROIECTAREA BAZEI DE CUNOSTINȚE 49
8.1. CUNOȘTINTE NECESARE PROIECTĂRII MECANISMELOR CU RULMENȚI 49
8.2. CUNOȘTINTE NECESARE PROIECTĂRII SISTEMULUI DE ACȚIONARE A ROBOȚILOR 52
8.2.1. Sisteme de acționare electrică 53

8.2.2. Sisteme de acționare cu motoare de curent continuu 53
CAPITOLUL IX 55
PROIECTAREA BAZEI DE DATE 55
9.1. PROIECTAREA TABELELOR NECESARE ALGORITMILOR DE CALCUL SI DE VERIFICARE A RULMENȚILOR 55
9.2. INTRODUCEREA DATELOR NECESARE PROIECTĂRII RULMENȚILOR ÎN BAZA DE CUNOSTINȚE 61
9.3. PROIECTAREA TABELELOR NECESARE PROIECTĂRII SISTEMULUI DE ACȚIONARE 63
9.4. INTRODUCEREA DATELOR NECESARE PROIECTĂRII SISTEMULUI DE ACȚIONARE IN BAZA DE CUNOȘTINȚE 66
9.5. ASIGURAREA SECURITĂȚII APLICAȚIEI 67
CAPITOLUL X 68
ALGORITMI DE FUNCȚIONARE 68
10.1. REPREZENTAREA SOLUȚIEI PROBLEMEI PRIN SPAȚIUL STĂRILOR 71
10.2. REPREZENTAREA SOLUȚIEI PROBLEMEI PRIN GRAFURI AND/OR 72
10.3. STRATEGII DE CĂUTARE 73
10.3.1. Căutarea în lățime 74
10.3.2. Căutarea în adâncime 74
10.3.3. Strategii de căutare euristică 75
10.4. ALGORITMUL DE DIMENSIONARE A RULMENȚILOR 76
10.4.1. Algoritmul de dimensionare a rulmenților radiali cu bile 76
10.4.2. Algoritmul de dimensionare a rulmenților radial-axiali cu bile 79
10.4.3. Algoritmul de dimensionare a rulmenților radiali cu role cilindrice 81
10.4.4. Algoritmul de calcul a rulmenților radial-axiali cu role conice 81
10.5. ALGORITMUL DE VERIFICARE A RULMENȚILOR 82
10.6. ALGORITMUL DE DIMENSIONARE A MOTORULUI ELECTRIC 83
CAPITOLUL XI 85
IMPLEMENTAREA ALGORITMILOR PROIECTAȚI 85
11.1 CONSIDERAȚII GENERALE 85
11.2. DESCRIEREA PRODUSULUI 86
11.2.1. Adăugarea unor utilizatori 87
11.2.2. Modulul „Calcul rulmenți” 88
11.2.3. Modulul „Calcul motor” 101
11.2.4. Modulul „Selecție rulment” 103

CAPITOLUL XII 106
REZULTATE EXPERIMENTALE 106
12.1. APLICAȚIA 1 106
12.2. APLICAȚIA 2 108
12.3. APLICAȚIA 3 112
12.4. APLICAȚIA 4 115
12.5. APLICAȚIA 5 118
CONCLUZII 121
C.1. CONCLUZII GENERALE 121
C.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE 122
C.3. PERPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ 124
ANEXE 125
A1. IMPLEMENTAREA ALGORITMULUI DE CĂUTARE ÎN LĂȚIME 125
A2. IMPLEMENTAREA ALGORITMULUI DE CĂUTARE ÎN ADÂNCIME 126
BIBLIOGRAFIE 128

Doresc să aduc pe această cale mulțumiri în mod cu totul deosebit domnului Prof. Univ. Emerit Dr. Ing. Iosif Tempea, conducător de doctorat, pentru sprijinul şi îndrumările pe care mi le-a acordat pe parcursul perioadei de doctorat și pentru întregul suport prompt, precis și competent primit.

Mulţumesc în mod deosebit domnilor Prof. Univ. Dr. Ing. George Adîr și Prof. Univ. Dr. Ing. Constantin Ocnărescu, pentru sprijinul primit de-a lungul întregii perioade necesare finalizării tezei.

Mulţumesc referenţilor acestei teze de doctorat, pentru răbdarea şi atenţia privind analiza tezei de doctorat.

Doresc să mulțumesc tuturor cadrelor didactice din Departamentul de Teoria Mecanismelor şi a Roboţilor al Universității POLITEHNICA din București, pentru ajutorul și sprijinul primit.

Doresc să mulţumesc pe această cale în special mamei mele, Moşneaga Olimpia-Valeria, şi copiilor mei, Laura şi Andu, care m-au sprijinit şi au fost alături de mine în această perioadă.

Lucrarea „Sistem suport pentru decizii de grup în proiectarea mecanismelor” reprezintă sinteza cercetărilor desfăşurate pe parcursul anilor de doctorat, dar și de masterat, petrecuţi la Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică. În aceşti ani am dobândit o experienţă profesională, dar şi de viaţă, unică.

Autoarea

CAPITOLUL I

INTRODUCERE

Prosperitatea oricărei structuri economice este condiționată în mare măsură de eficiența deciziilor pe care le iau managerii de la fiecare nivel ierarhic al conducerii. Astfel, este incontestabilă importanța alegerii și transpunerii în viață a unor decizii, în funcție de mediul în care funcționează obiectul economic și de condițiile impuse de nivelul său tehnologic și organizațional.

În urma cercetărilor întreprinse, se poate afirma faptul că există un număr restrâns de sisteme suport pentru decizii de grup în domeniul proiectării mecanismelor, bazate pe produse românești. Unele societăți comerciale pun la dispoziție instrumente în vederea selecției produselor în funcție de un număr foarte restrâns de criterii.

Studiul bibliografic realizat nu a evidențiat un produs software modern, implementat într-un limbaj de programare de ultimă generație, care să ofere suport specialiștilor, atât din domeniul educației cât și din domeniul industrial.

Prin intermediul acestei lucrări se analizează toate etapele proiectării unui sistem suport pentru decizii de grup în proiectarea mecanismelor. Din multitudinea de componente utilizate în procesul proiectării mecanismelor au fost alese două componente pentru care s-a proiectat sistemul expert aferent, ca parte componentă a sistemului suport pentru decizii de grup.

CAPITOLUL II

INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

„Inteligența artificială poate fi definită ca domeniu al informaticii care dezvoltă sisteme tehnice capabile să rezolve probleme dificile legate de inteligența umană”[1], simulând inteligența umana prin intermediul calculatorului.

Sistemul de calcul bazat pe inteligența artificială presupune rezolvarea unor probleme pe baza unor raționamente, dar și prin „învățare” din situațiile prezentate anterior sistemului sau din interacțiunea cu mediul exterior.

Există o legătură directă între informație și inteligență. Omenirea se caracterizează prin inteligență însă posibilitățile de cunoaștere sunt limitate. Pentru a suplini această deficiență, se apelează la sisteme de gestiune a bazelor de date care permit stocarea unei cantități uriașe de informații, cu costuri reduse și cu performanțe înalte. Totodată, informația memorată poate fi combinată și extrasă în funcție de scopurile specifice problemei de rezolvat.

Multitudinea de preocupări științifice în domeniul roboticii a evidențiat numeroasele realizări în acest domeniu, ce susțin dezvoltarea cât mai largă a introducerii inteligenței artificiale pe scară largă.

CAPITOLUL III

SISTEME EXPERT

3.1. INTRODUCERE

Unul dintre domeniile în care inteligența artificială este aplicată preponderent, este domeniul sistemelor expert. Se poate considera că sistemele expert sunt instrumente cu care factorul uman poate rezolva diverse probleme dintr-un domeniu specific. Practic, acestea sunt alcătuite din programe ce înglobează cunoștințele unor experți umani dintr-un anumit domeniu și programe ce simulează raționamentul acestor experți în determinarea unor soluții optime bazându-se pe cunoștințele stocate.

Spre deosebire de experții umani, sistemele expert au câteva limitări: în primul rând calculatorul nu are intuiție. Un expert uman, bazându-se pe cunoștințele sale și pe experiența dobândită, va alege soluția optimă de rezolvare a unei probleme apelând și la intuiție. Pe de altă parte, chiar dacă sunt implementate multe dintre regulile de producție dintr-un domeniu, totuși acestea nu sunt exhaustive. Numărul de analogii pe care un sistem expert le poate efectua, precum și factorii pe care acesta îi ia în considerare în momentul alegerii unei soluții, sunt limitați datorita acestui bagaj limitat de cunoștinte pe care sistemul expert îl primește. Din acest motiv, sistemul expert este un instrument extrem de util, dar limitat. Totuși, cu toate aceste limite, față de un expert uman, sistemul expert va executa inferențe cu o viteză mult superioară.

3.2. ARHITECTURA SISTEMULUI EXPERT

Sistemul expert are următoarele componente:

- Baza de cunoștinte,
- Baza de fapte,
- Mecanismul de inferențe.

Proiectarea, execuția și implemetarea unui sistem expert presupune o strânsă colaborare între expertul uman, specialist în domeniul specificat, și inginerul programator care se ocupă de partea software a sistemului. Expertul uman va transmite cunoștințele sale, însușite și dobândite prin experiența sa, inginerului programator. Forma în care aceste cunoștinte sunt transmise trebuie să fie cât mai clară. În plus, pentru a asigura o cât mai mare corectitudine a rezultatelor obținute de către sistemul expert, cunoștințele puse la dispoziția programatorului trebuie să fie cât mai complete. Dacă faptele și cunoștințele specialistului uman pot fi dovedite prin intermediul științei, cunoștințele euristice sunt rezultate prin experiențe, intuiție sau raționamente parțial demonstrabile.

În general, în plus față de aceste trei module, un sistem expert mai poate conține: modulul de interfață cu utilizatorul, modulul de achiziție de cunoștinte și modulul de explicații.

Baza de cunoştinţe este proiectată ca un modul de stocare a cunoștințelor primite de la expertul uman. Probabilitatea, ca soluția determinată de către sistemul expert să fie corectă, depinde de corectitudinea și completitudinea acestui modul. Organizarea acestei baze de

cunoștinte va determina viteza de răspuns a sistemului, întrucât cunoștințele vor fi selectate în funcție de anumite criterii, conform problemei de rezolvat. Dacă forma de stocare a cunoștințelor include și reguli, atunci în baza de cunoștinte există și baza de fapte și baza de reguli.

O componentă de maximă importanță a sistemului expert este modulul de achiziție de cunoștinte. Prin intermediul acestuia, cunoștințele din baza de cunoștinte, precum și regulile din baza de reguli, pot fi actualizate. Sarcina inginerului programator este extrem de dificilă: de modul în care acesta reușește să proiecteze și să organizeze această bază de cunoștinte depinzând performanțele sistemului expert.

Mecanismul de inferenţă accesează cunoştinţele din baza de date şi le prelucrează conform unui algoritm de rezolvare stabilit în funcție de tipul problemei de rezolvat și de datele de intrare puse la dispoziție de utilizator. Există mai multe strategii de rezolvare: înainte (de tip deductiv) și înapoi (de tip inductiv).

Baza de fapte este un modul separat, în baza de cunoștinte și conține date de intrare și date intermediare obținute în urma aplicării inferențelor conform algoritmului de rezolvare a problemei.

Modulul de achiziţie a cunoştinţelor este destinat inserării, modificării, ștergerii cunostintelor din baza de cunoștinte. Prin intermediul acestui modul se creează baza de cunoștinte și se actualizează. Inginerul programator, prin intermediul unei strânse colaborări cu expertul uman, proiectează și organizează baza de cunoștinte.

Modulul ce asigură interfața cu utilizatorul oferă acestuia posibilitatea furnizării datelor de intrare, precum și a restricțiilor impuse. O interfață prietenoasă, clară și simplu de utilizat, va determina un acces facil al utilizatorului la sistemul expert.

Modulul de explicații oferă utilizatorului posibilitatea parcurgerii pas cu pas a raționamentului ce a fost urmărit în rezolvarea problemei. În acest mod, utilizatorul poate înțelege cauzele ce au dus la un eșec sau poate determina inconsistența sau incorectitudinea unor cunoștinte din baza de cunoștinte. Totodată, acest modul poate avea și o funcție educativă, studenții putând observa etapele de rezolvare ale unei probleme.

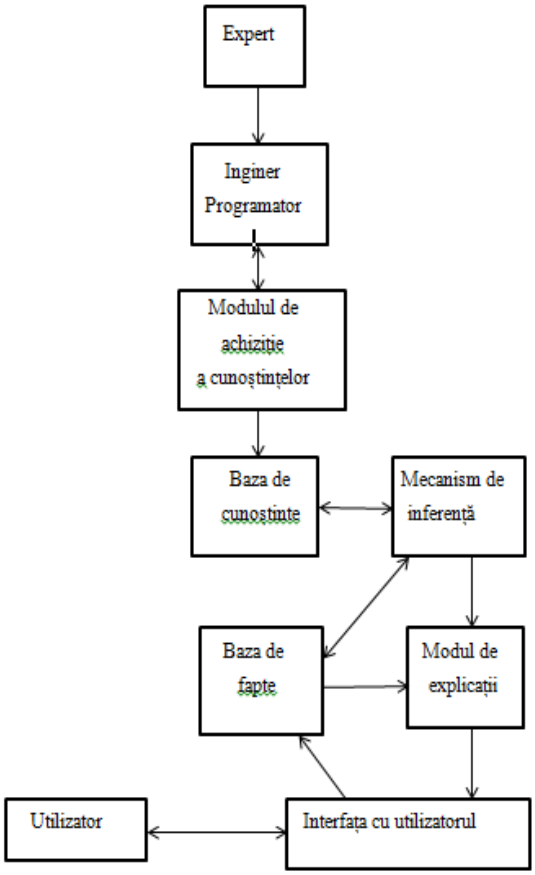


Fig.3.2. Arhitectura sistemului expert

CAPITOLUL IV

DECIZIA ȘI PROCESUL DECIZIONAL

Deciziile presupun o alegere raţională dintre mai multe variante. În acest capitol sunt prezentate formele deciziei, modelarea proceselor decizionale, clasificări și caracteristici ale deciziilor.

Adoptarea deciziilor este astăzi un proces din ce în ce mai complex şi mai dificil, din cauza creşterii cantităţii de informaţii şi a fluctuaţiilor mediului economic. Din acest motiv, decidenţilor le este necesară o asistenţă tehnică pentru a-i ajuta să ia decizii de calitate într-un interval de timp scurt, această asistenţă fiind asigurată prin utilizarea unui sistem suport pentru decizii.

CAPITOLUL V

STRUCTURA SISTEMELOR EXPERT

În acest capitol sunt prezentate detaliat componentele sistemului expert, caracteristici ale acestora si importanţa fiecărui modul în funcţionarea sistemului expert. În plus, sunt analizate aspecte privind reprezentarea cunostinţelor în baza de cunostinţe.

Proiectarea şi organizarea bazei de cunoştinţe sunt componente esenţiale ale procesului de construcţie a unui sistem expert. Inginerul programator, în strânsă colaborare cu expertul uman, trebuie să proiecteze cât mai eficient structura tabelelor bazei de date pentru o funcţionare corectă și rapidă a sistemului expert. După implementarea sistemului expert, baza sa de cunoștinte trebuie să poată fi actualizată prin inserări, modificări și ștergeri, în condițiile păstrării consistenței datelor. Sistemul expert simulează raționamentul expertului uman utilizând cunoștințele preluate de la specialiști în domeniu.

Reprezentarea cunoștințelor în baza de cunoștinte are în vedere trei aspecte: mecanismul de inferențiere, limbajul de reprezentare a cunoștințelor și domeniul de expertiză. Prin intermediul reprezentării cunoștințelor se dorește formalizarea și organizarea datelor și a regulilor.

Mecanismul de inferență urmărește raționamentul specialistului pentru a obține din datele de intrare, soluția problemei în condiții optime.

Limbajul de reprezentare a cunoașterii semnifică modul în care datele sunt reținute în baza de cunoștinte a sistemului expert.

Domeniul de expertiză reprezintă domeniul specializat al cunoașterii, tratat de sistemul expert.

CAPITOLUL VI

SISTEME SUPORT PENTRU DECIZII

Sistemul suport pentru decizii este: "un model bazat pe un set de proceduri pentru procesarea datelor şi pentru asistarea unui manager în procesul decizional. Sistemul suport pentru decizii trebuie să fie simplu, robust, uşor de întreţinut, adaptiv, uşor de comunicat cu el etc."

În acest capitol sunt prezentate caracteristicile sistemului suport pentru decizii, clasificarea acestora, precizându-se locul si importanţa sistemului suport pentru decizii de grup.

Forma de organizare numită „grup" presupune mai multe persoane care au interese sau aptitudini comune, conduse de un lider. În grupul decidenților, liderul este cel care planifică activitățile necesare adoptării unei decizii de grup: întâlniri, dezbateri, rezolvarea conflictelor și atingerea consesului.[67][98]

Sistemul suport pentru decizii de grup se bazează pe calculatoare pentru a intensifica adoptarea unor decizii de grup prin tehnologia informațiilor și a comunicațiilor, facilitând schimbul de informații între membrii grupului și interacțiunea de grup, în vederea rezolvării unor probleme semi-structurate sau nestructurate.

CAPITOLUL VII

SISTEME SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP

Pentru a proiecta un sistem suport pentru decizii de grup, este necesar să fie stabilite tipurile de utilizatori ai sistemului, întrucât buna desfășurare a procesului decizional în cazul deciziilor de grup, depinde în mare măsură de rezolvarea conflictelor ce pot apărea.

Sistemele suport pentru decizii pot fi utilizate de către toți managerii firmei, indiferent de nivelul lor ierarhic. Printre utilizatorii sistemului pot fi și specialiști ce participă ocazional la adoptarea unor decizii, fiind experți în anumite domenii. Managerii și specialiștii sunt beneficiarii sistemului suport pentru decizii de grup. Pe lângă aceștia, pentru introducerea datelor necesare, se consideră ca utilizatori și operatorii.

Sistemul suport pentru decizii de grup este bazat pe un sistem informatic. Inginerul programator va colabora cu managerii pentru a stabili cerințele de proiectare, conform situațiilor concrete. Apoi, programatorul va modela procesele ce se desfășoară în organizație, construind un sistem informatic corespunzător resurselor tehnice și tehnologice.

7.1. STABILIREA CERINŢELOR DE PROIECTARE

În proiectarea unui sistem suport pentru decizii de grup trebuie să evidențiem diferențele procesului decizional de grup față de procesul decizional individual.

Decizia luată de către o persoană este o decizie independentă de valorile, cunoștințele, concluziile altor persoane. Nu există conflicte în această situație, nu există negocieri sau norme culturale ce trebuie respectate, altele decât cele ale decidentului.[60[63]

În cazul deciziilor de grup, pentru a lua o decizie se recurge la negocieri, se rezolvă conflictele apărute, se utilizează tehnici de lucru în grup cum ar fi: metoda Delphi, Brainstorming, tehnica grupului nominal. În plus, cultura organizației are un rol important în procesul decizional.

7.2. PROIECTAREA SISTEMULUI SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP

În proiectarea unui sistem suport pentru decizii de grup trebuie să se respecte următoarele cerințe: [21][42]

- sistemul suport pentru decizii este un instrument care asistă omul în luarea unei decizii. Nu îl înlocuiește.
- accesul la sistem se poate efectua din mai multe locații,
- arhitectura sistemului poate fi modificată oricând este necesar,
- mod de reprezentare a cunoștințelor adecvat domeniului,
- descentralizarea adoptării deciziei. Sistemul suport pentru decizii nu trebuie să permită decizii controlate în mod centralizat.
- controlul apariției conflictelor și un mecanism eficient de rezolvare a acestora,
- interfaţa prietenoasă, simplă cu utilizatorul,
- colaborare și integrare între diversele module componente ale sistemului suport pentru decizii.

7.3. EVALUAREA SISTEMELOR SUPORT PENTRU DECIZII DE GRUP

În evaluarea unui sistem suport pentru decizii de grup se pune accent pe performanțele sale în raport cu obiectivele stabilite. Fiind un produs software, implementarea unui astfel de sistem se realizează de către inginerii programatori.

Criteriile de evaluare a unui sistem suport pentru decizii de grup, sunt:[43][54]

- nivelul de încredere pe care l-a dobândit în urma exploatării programului implementat,
- prețul produsului întrucât apar mereu noi tehnologii,
- adaptabilitatea la cât mai multe tipuri de infrastructuri,
- securitatea datelor și a utilizatorilor,
- modularitatea și posibilitatea dezvoltării produsului de către utilizatori,
- utilizarea facilă de către orice persoana fară cunoştinte de specialitate.

CAPITOLUL VIII

PROIECTAREA BAZEI DE CUNOSTINȚE

8.1. CUNOSȚINTE NECESARE PROIECTĂRII MECANISMELOR CU RULMENȚI

Larga utilizare a rulmenților, de la mașinile grele din minerit sau construcții, până la echipamente de mare finețe din industria aeronautică sau la echipamente de precizie din medicină, a determinat o mare varietate de tehnologii de construcție a acestora.

Cercetările în domeniul proiectării și construcției de rulmenți au în vedere asigurarea funcționării acestora în condițiile variate enumerate. Astfel, există o serie de condiții pe care rulmenții trebuie să le indeplinească și seturi de proprietăți pe care aceștia trebuie să le dețină, cum ar fi:[27][53]

- rulmenții trebuie să asigure etanșeitatea echipamentului în orice condiții de lucru;
- funcționarea la temperaturi ridicate;
- zgomot de lucru redus
- durabilitate ridicată;
- precizie foarte mare;
- turații variate;
- durabilitate ridicată in condițiile unor volume mici;
- fiabilitate mare intrucat condițiile de montaj pot fi foarte dificile.

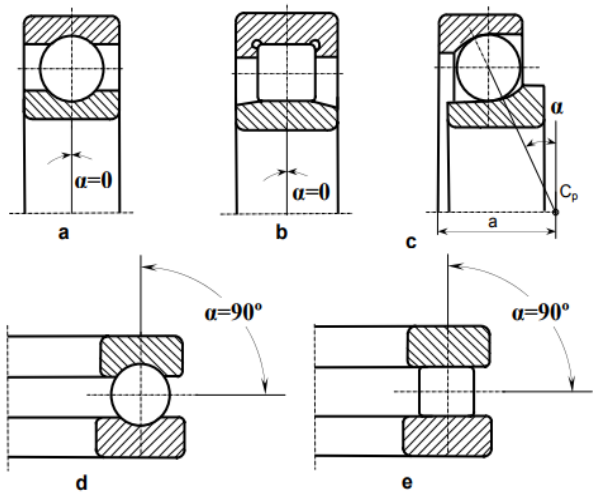


Fig.8.1. Unghiul de contact al rulmenților.
a) radial cu bile pe un rând; b) radial cu role cilindrice pe un rând; c) radial-axial cu bile pe un rând;d) axial cu bile pe un rând; e) axial cu role cilindrice pe un rând; f) radial-oscilant cu role butoi pe două rânduri; g) radial-axial cu role conice[27]

In mod extins, cunoştinţele despre rulmenți se pot sintetiza cu ajutorul următoarelor seturi de atribute:[27][82]

Set 1 = {forţa radială primul lagăr, forţa radială cel de al doilea lagăr, forţa axială intre primul şi al doilea lagăr, forţa axială intre cel de al doilea lagăr şi primul lagăr} forțele radiale şi axiale;
Set 2 = {turaţia, turaţia limită} viteze;
Set 3 = {durata de funcţionare, durabilitatea } durabilitatea;
Set 4 = {diametrul arborelui în primul lagăr, diametrul alezajului carcasei în primul lagăr, diametrul arborelui în cel de al doilea lagăr, diametrul alezajului carcasei în al doilea lagăr} dimensiunile volumului disponibil;

Set 5 = {distanţa dintre rulmenţi, unghiul de rotire în primul lagăr, unghiul de rotire în cel de al doilea lagăr} caracteristicile arborelui: lungimea şi rigiditatea;
Set 6 = {temperatura de lucru, temperatura maxima, temperatura minimă, temperatura de funcționare} caracteristicile de temperatură;
Set 7 = {precizia de mişcare, precizia de manufacturare} precizia;
Set 8 = {zgomotul limită produs în timpul funcționării } nivel de zgomot;
Set 9 = { umiditatea, nivelul de impurităţi} caracteristici ale mediului;
Set 10 = { lubrifiantul necesar, sistem de ungere, nivel de etanșeitate proiectat al ansamblului} ungere şi etanşare.

8.2. CUNOŞTINTE NECESARE PROIECTĂRII SISTEMULUI DE ACȚIONARE A ROBOȚILOR

Pentru alegerea motoarelor de curent continuu se vor crea următoarele tabele: Motor, Dimensiunimotor

In mod extins, cunoştinţele despre motoarele de curent continuu se pot sintetiza cu ajutorul următoarelor seturi de atribute [7][80]:
Set 1 = {cuplul motor Tc, cuplul maxim Tpk, cuplul de frecare Tf} – cupluri;
Set 2 = {viteza de mers în gol Snl} – viteze;
Set 3 = {inerția motorului Jm, } – inerția;
Set 4 = {greutate Wm, lungime, lățime} – dimensiunile și greutatea motorului;
Set 5 = {constanta motor Km, constanta de cuplu Kt, constanta electrică și constanta mecanică} – constante;
Set 6 = {temperatura de lucru } – caracteristici de temperatură;
Set 7 = {impedanță sursa infinită, impedanță sursa zero} – impedanțe;
Set 8 = {tensiunea de lucru V} – tensiune electrică;
Set 9 = {rezistența Rt, inductanța L} – rezistența totală și inductanța;
Set 10 = {intensitatea curentului la mersul în gol, Inl, intensitatea curentului la sarcina maximă Ip} – intensitatea curentului.

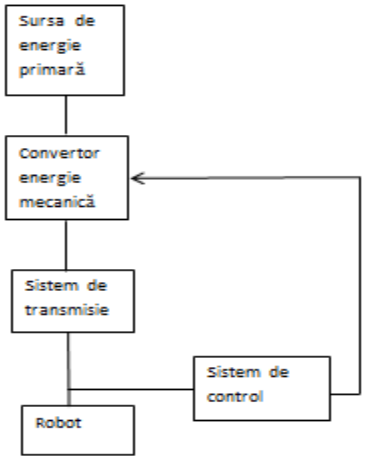


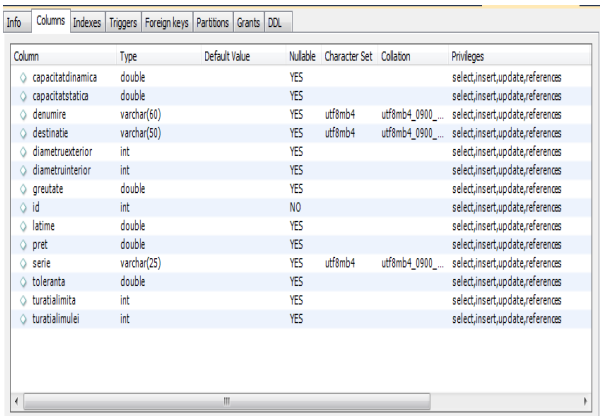
Fig. 8.2. Structura generală a unui sistem de acționare [5]

CAPITOLUL IX

PROIECTAREA BAZEI DE DATE

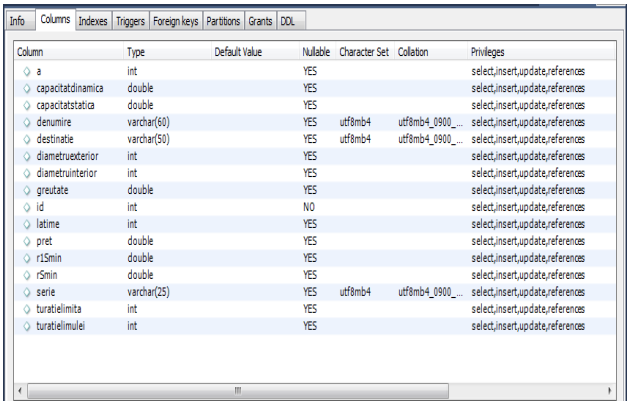
9.1. PROIECTAREA TABELELOR NECESARE ALGORITMILOR DE CALCUL SI DE VERIFICARE A RULMENȚILOR

Baza de cunoştinte ce conţine date referitoare la rulmenți, este formată din tabelele: Tip, FaCo, FaCoradax Rulmenticubile, Rulmentiradaxcubile, Rulmentiradcurolecilindrice, Rulmentiradaxcuroleconice.



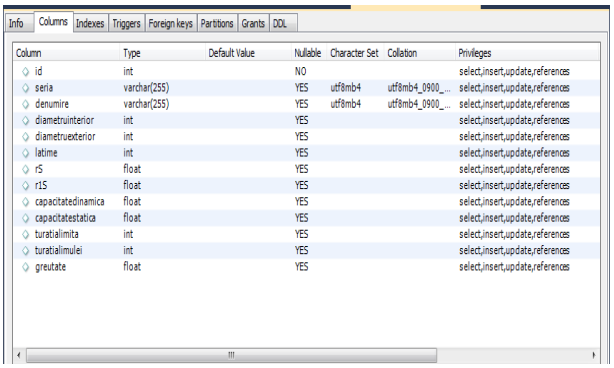
Column	Type	Default Value	Nullable	Character Set	Collation	Privileges
capacitatdinamica	double		YES			select,insert,update,references
capacitatstatica	double		YES			select,insert,update,references
denumire	varchar(60)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
destinatie	varchar(50)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
diametruexterior	int		YES			select,insert,update,references
diametruinterior	int		YES			select,insert,update,references
greutate	double		YES			select,insert,update,references
id	int		NO			select,insert,update,references
latime	double		YES			select,insert,update,references
pret	double		YES			select,insert,update,references
serie	varchar(25)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
toleranta	double		YES			select,insert,update,references
turatialimita	int		YES			select,insert,update,references
turatialimulei	int		YES			select,insert,update,references

Fig.9.1. Structura tabelei Rulmenticubile



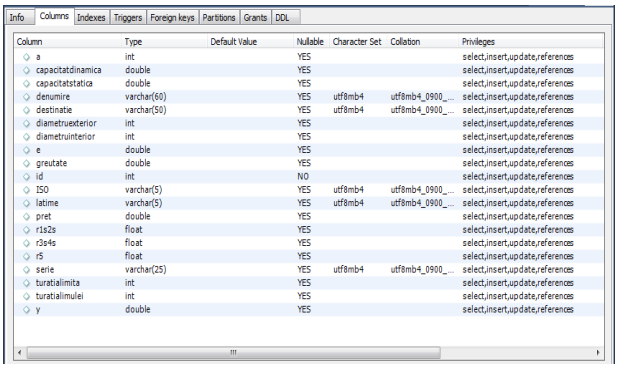
Column	Type	Default Value	Nullable	Character Set	Collation	Privileges
a	int		YES			select,insert,update,references
capacitatdinamica	double		YES			select,insert,update,references
capacitatstatica	double		YES			select,insert,update,references
denumire	varchar(60)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
destinatie	varchar(50)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
diametruexterior	int		YES			select,insert,update,references
diametruinterior	int		YES			select,insert,update,references
greutate	double		YES			select,insert,update,references
id	int		NO			select,insert,update,references
latime	int		YES			select,insert,update,references
pret	double		YES			select,insert,update,references
r1Smin	double		YES			select,insert,update,references
rSmin	double		YES			select,insert,update,references
serie	varchar(25)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
turatielimita	int		YES			select,insert,update,references
turatielimulei	int		YES			select,insert,update,references

Fig.9.2**.** Structura tabelei Rulmentiradaxcubile



Column	Type	Default Value	Nullable	Character Set	Collation	Privileges
id	int		NO			select,insert,update,references
seria	varchar(255)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
denumire	varchar(255)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
diametruinterior	int		YES			select,insert,update,references
diametruexterior	int		YES			select,insert,update,references
latime	int		YES			select,insert,update,references
rS	float		YES			select,insert,update,references
r1S	float		YES			select,insert,update,references
capacitatedinamica	float		YES			select,insert,update,references
capacitatestatica	float		YES			select,insert,update,references
turatialimita	int		YES			select,insert,update,references
turatialimulei	int		YES			select,insert,update,references
greutate	float		YES			select,insert,update,references

Fig. 9.3 Structura tabelei Rulmentiradcurolecilindrice



Column	Type	Default Value	Nullable	Character Set	Collation	Privileges
a	int		YES			select,insert,update,references
capacitatdinamica	double		YES			select,insert,update,references
capacitatstatica	double		YES			select,insert,update,references
denumire	varchar(60)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
destinatie	varchar(50)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
diametruexterior	int		YES			select,insert,update,references
diametruinterior	int		YES			select,insert,update,references
e	double		YES			select,insert,update,references
greutate	double		YES			select,insert,update,references
id	int		NO			select,insert,update,references
ISO	varchar(5)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
latime	varchar(5)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
pret	double		YES			select,insert,update,references
r1s2s	float		YES			select,insert,update,references
r3s4s	float		YES			select,insert,update,references
rS	float		YES			select,insert,update,references
serie	varchar(25)		YES	utf8mb4	utf8mb4_0900_...	select,insert,update,references
turatialimita	int		YES			select,insert,update,references
turatialimulei	int		YES			select,insert,update,references
y	double		YES			select,insert,update,references

Fig.9.4.Structura tabelei Rulmentiradaxcuroleconice

9.2. INTRODUCEREA DATELOR NECESARE PROIECTĂRII RULMENȚILOR ÎN BAZA DE CUNOSTINȚE

Pentru a constitui baza de cunoștinte este necesară introducerea datelor în tabelele bazei de date, date pe care se bazează regulile de producție ce vor fi utilizate de către motorul de inferențe.

Au fost create într-o manieră foarte "prietenoasă", formulare pentru fiecare tabelă a bazei de date. Aceste formulare asigură interfața de achiziție a cunoștințelor.

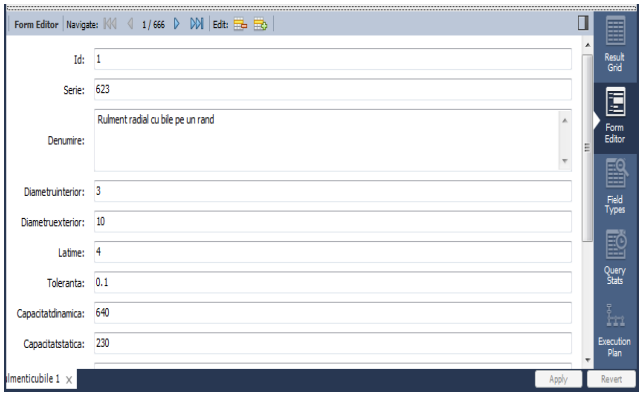


Fig.9.4. Formular pentru introducerea datelor

9.3. PROIECTAREA TABELELOR NECESARE PROIECTĂRII SISTEMULUI DE ACȚIONARE

Baza de cunoștinte ce conține date referitoare la motoarele de curent continuu este formata din tabelele: Motor, Dimensiunimotor.

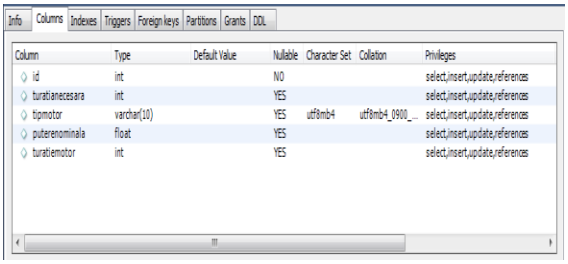


Fig. 9.5. Structura tabelei Motor

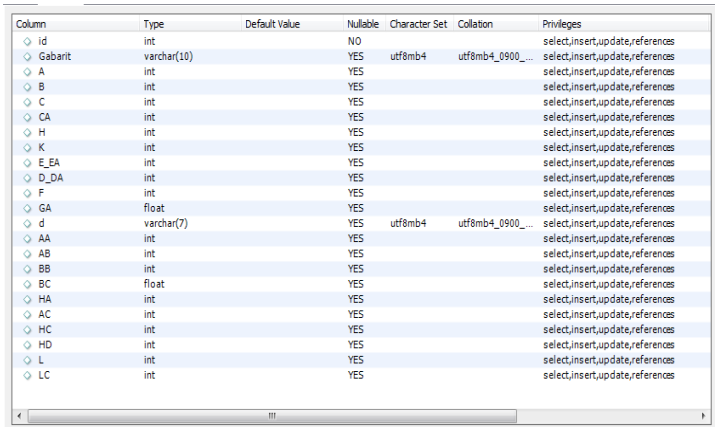


Fig. 9.6. Structura tabelei Dimensiunimotor

Cunoștințele despre dimensiuni sunt concretizate în tabela "Dimensiuni motor" pe baza următoarelor caracteristici:

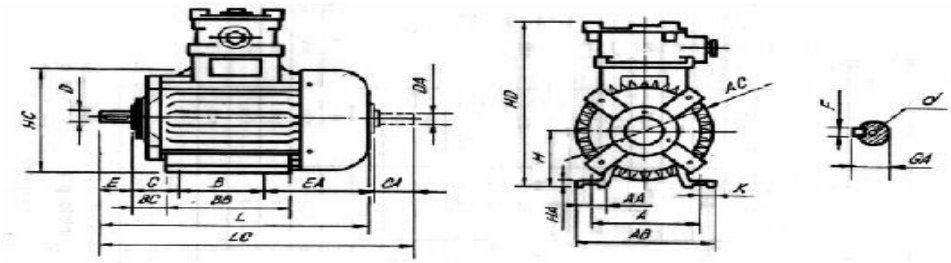


Fig. 9.7. Dimensionarea motoarelor[52]

9.4. INTRODUCEREA DATELOR NECESARE PROIECTĂRII SISTEMULUI DE ACȚIONARE IN BAZA DE CUNOȘTINȚE

Au fost create într-o manieră foarte "prietenoasă", formulare pentru fiecare tabelă a bazei de date. Aceste formulare asigură interfața de achiziție a cunoștințelor.

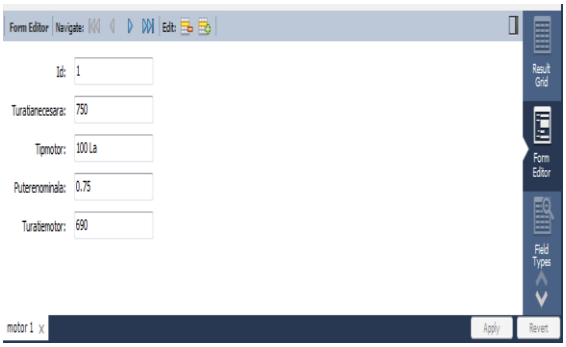


Fig. 9.8. Formularul pentru introducerea datelor

9.5. ASIGURAREA SECURITĂȚII APLICAȚIEI

Pentru asigurarea securității aplicației am creat o tabelă în baza de date ce conține utilizatorii și datele lor de conectare.

Tabel 9.1. Structura tabelei Utilizatori

Denumire atribut	Tip data
numesiprenume	text
email	text
user	text
parola	text

Aceasta tabelă va reține datele de identificare și datele de conectare ale utilizatorilor aplicației. În acest mod, în aplicație vor avea acces doar utilizatorii cărora le este permis accesul, iar prin intermediul facilităților oferite de MySQL, se pot vizualiza toate informațiile privind data și ora la care fiecare utilizator din tabelă a accesat baza de date, precum și tabelele acesate de către aceștia.

CAPITOLUL X
ALGORITMI DE FUNCȚIONARE

Forţa sistemului suport pentru decizii se bazează pe capacitatea mecanismului de inferențe de a obține date intermediare/soluții pe baza unor condiții. Mecanismul de inferenţă trebuie să deducă niste concluzii sau să verifice nişte ipoteze prin accesarea bazei de fapte, a bazei de cunoştinte şi a bazei de reguli. Aceasta este strategia de rezolvare a problemelor adoptată şi poate fi : strategie deductivă sau strategie inductivă.

10.1. REPREZENTAREA SOLUȚIEI PROBLEMEI

Reprezentarea soluției problemei prin spațiul stărilor este formată din tripletul (S_i, O, S_f) în care:

S_i este mulțimea stărilor inițiale;

O este mulțimea operatorilor ce pot fi aplicați stării inițiale. Pentru o anumită stare, există o selecție de operatori ce pot fi aplicați;

S_f este mulțimea stărilor finale.

Prin urmare, o soluție a problemei va determina obținerea unei stări finale prin aplicarea în mod succesiv a unor operatori ce transformă starea inițială în soluție finală, trecând prin stări intermediare.

Pe măsura parcurgerii spațiului de căutare, o parte din graf devine explicită. Această parte a grafului ce reprezintă spațiul de căutare constituie partea parcursă a spațiului de căutare.

10.3. STRATEGII DE CĂUTARE

O strategie de căutare bazată pe parcurgerea grafurilor în lățime sau în adâncime are un cost de control redus, dar un cost mai ridicat al aplicării operatorilor, adică al parcurgerii grafului trecând de la un nod la unul dintre vecinii săi. În general este necesară parcurgerea unui număr mare de stări pentru a se determină drumul optim până la starea finală.

10.3.1. Căutarea în lățime

Căutarea în lățime, este o strategie care examinează în mod sistematic stările accesibile din nodul stare inițială Și. Această strategie utilizează o structură de date numită „coadă”, folosind o strategie de tipul FIFO. Nodul curent, cel care se expandează şi apoi se elimină, este primul din listă, iar succesorii săi sunt adăugați la sfârșitul listei. Se utilizează un tablou unidimensional boolean s, unde

$$s[i]=\begin{cases} 1 \text{ daca nodul i a fost vizitat} \\ 0 \text{ daca nodul nu a fost vizitat} \end{cases}$$

Algoritmul căutării in lătime in spațiul stărilor:

1. Alocă spațiu tablourilor coada[ ] , s[ ]
2. Inserează primul nou in coada /* starea initială */
3. Cat timp coada[ ] nu este vidă
4. Expandează nodul S_c /* nodul curent */
   Examinează toți succesorii directi S_j ai nodului S_c
   Pentru fiecare succesor S_j al lui S_c execută
   Aplică operatorul S_j => S_c
   Daca S_j este stare finală atunci
   Soluția este (S_i , …., S_j)
   Întoarce SUCCES /* s-a gasit soluție */
   Altfel
   inserează nodul S_j la sfarșitul cozii
5. Elimină nodul S_c din coada
6. Dacă nu s-a ajuns la soluția finală atunci
   Întoarce INSUCCES /* nu s-a gasit soluție*/

Implementarea in C++ a acestui algoritm este listată in Anexa 1.

10.3.2. Căutarea în adâncime

Căutarea în adâncime expandează stările cel mai recent generate. Prin urmare, această strategie parcurge graful de la starea inițială până la starea finală sau, în cazul insuccesului până la o stare care nu mai are nici un succesor. În cazul în care nu se determină o soluție a problemei, se reia rezolvarea acesteia prin metoda backtracking. În cadrul acestei strategii se utilizează o structură de date numită stivă, st [ ] , folosind tehnica de tipul LIFO (Last În First Out).[64][90]

În cazul căutării în adâncime nu se poate garanta determinarea unei soluții întrucât există posibilitatea parcurgerii în adâncime a unei ramuri de dimensiune foarte mare, ramura ce poate să nu conțină soluția problemei. Pentru evitarea acestei situații, se stabilește o limită maximă a adâncimii de căutare, admax. Dacă această limită a fost atinsă fară a se găsi soluția, atunci se revine și se examinează nodurile stări vecine cu nodurile stări de pe nivelurile inferioare adâncimii maxime, dar aflate pe ramuri diferite. În acest fel, soluția care s-ar putea determina pe calea inițială la o adâncime mai mare decât adâncimea maxima, este pierdută. În schimb, algoritmul căutării în adâncime poate parcurge mai puține noduri decât parcurgerea în lățime.

Se utilizează un tablou unidimensional boolean s, unde

$$s[i]=\begin{cases} 1 \text{ daca nodul i a fost vizitat} \\ 0 \text{ daca nodul nu a fost vizitat} \end{cases}$$

Algoritmul căutarii in adancime in spațiul stărilor:

1. Construieste tabloul s [ ], t [ ], st [ ]
2. Inserează starea initială in stivă
3. Cat timp stiva nu este vidă atunci
4. Pentru nodul S_c din varful stivei
   Dacă varful stivei > admax atunci

Elimină nodul din stiva

5. Expandează nodul S_c

Examinează vecinii S_j ai nodului S_c

6. Pentru fiecare vecin S_j al lui S_c execută

aplică operatorul S_j => S_c

Daca S_j este stare finală atunci

Soluția este (S_i, …., S_j)

Întoarce SUCCES /* s-a gasit soluție */

Altfel

Inserează S_j in varful stivei

Actualizează ad [j]

Implementarea in C++ a acestui algoritm este listată in Anexa 2.

10.4. ALGORITMI DE DIMENSIONARE A RULMENȚILOR

Sistemul oferă posibilitatea proiectării mecanismelor ce includ următoarele tipuri de rulmenți: radiali cu bile, radial-axiali cu bile, radiali cu role cilindrice și radial-axiali cu role conice. Pentru fiecare dintre aceste tipuri de rulmenți, a fost creat un algoritm de calcul ce utilizează strategia deductivă: utilizatorul introduce date de proiectare, algoritmul interoghează baza de date și selectează în baza de fapte rulmenții ce corespund restricțiilor, apoi se afișează lista acestor rulmenți. Selecția în baza de fapte se realizează în doua etape, întâi se selectează rulmenții corespunzător diametrului arborelui, apoi se rafinează selecția prin intermediul restricțiilor de proiectare.

În final, se creează un set de date ce conține informații despre rulmenții care respectă cerințele introduse. Lista este afișată utilizatorului, acesta selectând din listă un rulment pentru a viziona parametrii acestuia. După analiza datelor, utilizatorul poate opta pentru salvarea lor într-un fișier în vederea tipăririi lor ulterioare sau poate relua algoritmul pentru calculul unui nou rulment.

10.5. ALGORITMUL DE VERIFICARE A RULMENȚILOR

Algoritmul utilizează atât strategia inductivă, cât și strategia deductivă, pentru a verifica corectitudinea alegerii unui rulment, ca parte componentă a mecanismului proiectat. Aplicația oferă posibilitatea proiectării mecanismelor ce includ următoarele tipuri de rulmenți: radiali cu bile, radial-axiali cu bile, radiali cu role cilindrice și radial-axiali cu role conice.

Utilizatorul este invitat să introducă datele de proiectare specifice rulmentului ce urmează a fi verificat: seria rulmentului, diametrul arborelui, turația, forța radială, forța axială, durata de funcționare admisibilă. În funcție de tipul rulmentului, se interoghează baza de date și se salvează în baza de fapte rulmenții ce corespund datelor introduse. Astfel, utilizatorul poate verifica daca rulmentul a fost bine dimensionat și poate vizualiza totodată seriile rulmenților cu care acesta poate fi înlocuit în cadrul mecanismului proiectat. Utilizatorul selectează din lista un rulment, nu neapărat cel supus verificării, pentru a lista informațiile despre acesta. Selecția din baza de date a rulmenților ce pot fi utilizați în locul rulmentului supus verificării se efectuează în doua etape: întâi se selectează rulmenții conform diametrului arborelui, apoi se verifică celelalte date de proiectare conform algoritmilor prrezentati anterior, în funcție de tipul rumentului: radial cu bile, radial-axial cu bile, radial cu role cilindrice sau radial-axial cu role conice.

10.6. ALGORITMUL DE DIMENSIONARE A MOTORULUI ELECTRIC

Algoritmul utilizează strategia deductivă pentru a selecta motorul electric necesar mecanismului proiectat. Utilizatorul introduce datele de proiectare pe baza cărora se va realiza interogarea bazei de date: puterea utilă, număr de trepte, tip angrenaj, tip transmisie, date despre includerea rulmenților în pereche și a lagărelor de alunecare.[88][89][65]

Se calculează randamentul transmisiei, apoi se calculează puterea necesară.

Valoarea puterii necesare va fi utilizată pentru a interoga tabela Motoare în vederea selecției în baza de fapte a tuturor motoarelor ce au puterea nominală > Pnec. Se afișează o listă ce cuprinde informații despre aceste motoare : tip motor, puterea nominală, turația. Utilizatorul selectează din listă un motor, pentru a vizualiza și salva informațiile despre acesta. Baza de date permite și verificarea gabaritului motorului selectat, prin interogarea tabelei Dimensiunimotor în care sunt reținute cotele specifice motoarelor electrice în funcție de tipul acestora.

CAPITOLUL XI

IMPLEMENTAREA ALGORITMILOR PROIECTAȚI

11.1 CONSIDERAȚII GENERALE

Sistemul suport pentru decizii este realizat modular, asigurând o mare fiabilitate și portabilitate. Baza de date a fost construită în mediul integrat de dezvoltare MySQL Workbench 8.0, utilizând tehnologia client-server prin stabilirea conexiunii la serverul MySQL.

Algoritmii proiectați au fost implementați prin utilizarea mediului integrat de dezvoltare Intellij IDEA Ultimate, în limbajul de programare JAVA.

Structura modulară a aplicației oferă posibilitatea conectării modulului realizat în Java la o bază de date cu noi tabele și noi informații privind alte componente ale mecanismelor, prin adăugarea unor noi module Java. Practic, structura creată se poate dezvolta foarte simplu prin extinderea bazei de date și a modulelor Java aferente. Acesta este unul dintre avantajele acestei aplicații: este sustenabilă și poate fi dezvoltată printr-un minim efort.[23]

Alt avantaj important al sistemului suport pentru decizii constă în posibilitatea utilizării unor baze de date salvate în Cloud, precum și a tehnologiei deciziilor de grup, prin încărcarea aplicației în Cloud. Modulul realizat în Java stabilește o conexiune cu serverul MySQL, indiferent unde este localizat acesta, prin utilizarea unui port și a unei parole. Deci, conectarea la Cloud se va realiza extrem de simplu, prin furnizarea datelor necesare de conectare. În plus, aplicația poate rula pe mai multe VM-uri, pentru a oferi suport pentru decizii de grup.[37]

Un alt avantaj important al sistemului suport pentru decizii de grup este reprezentat de faptul că ambele medii de dezvoltare utilizate sunt gratuite pentru membrii comunității educaționale. Deci orice dezvoltare se poate realiza în mod gratuit, utilizând cele două platforme.

Cele două module ale aplicației sunt:

1) Modulul realizat în limbajul de programare JAVA, care include: interfața cu utilizatorul, implementarea algoritmilor proiectați și conexiunea cu baza de date;

2) Modulul realizat în MySQL, care se ocupă cu crearea și gestionarea bazei de date.

11.2. DESCRIEREA PRODUSULUI

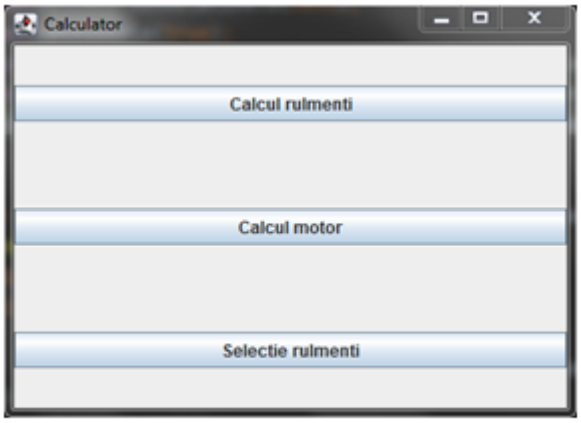


Fig.11.1.Fereastra de selecție a operațiunii

Sistemul suport realizat rulează atât în sistemul de operare Windows cât și Linux, fiind o aplicație executabilă.

Interfața cu utilizatorul este creată într-un mod foarte prietenos. Primul ecran solicită utilizatorul să introducă datele de conectare.

Dacă utilizatorul se află în baza de date a aplicației, atunci îi este permis accesul, în caz contrar, utilizatorul este invitat să își creeze cont în aplicație.

Selecția modulului de calcul se efectuează din fereastra „Calculator" care oferă posibilitatea selecției operațiunii dorite de către utilizator: „Calcul rulment", „Calcul motor" sau „Selecție rulment".

În urma selecției „Calcul rulment", sistemul suport pentru decizii asistă utilizatorul în vederea dimensionării unui rulment sau verificării unui rulment deja selectat, conform datelor de proiectare.

Modulul „Calcul motor" asistă utilizatorul în selecția unui motor electric conform datelor de proiectare introduse.

Modulul „Selecție rulment" asistă utilizatorul în selecția rulmenților în funcție de preț sau de seria rulmentului căutat de către utilizator.

11.2.2. Modulul „Calcul rulmenți"

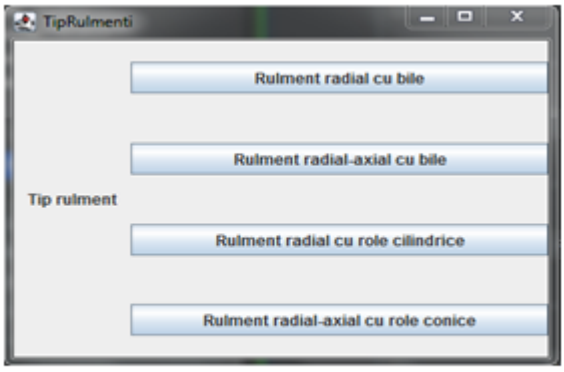


Fig.11.2. Alegerea tipului de rulment

În urma selecției operațiunii „Calcul rulment", apare o nouă fereastră în care utilizatorul este invitat să selecteze una dintre operațiile: „Dimensionare rulment" sau „Verificare rulment".

Modulul „Dimensionare rulment" este utilizat pentru proiectarea mecanismelor. Prin intermediul acestui modul utilizatorul este asistat în alegerea rulmenților necesari, pe baza datelor de proiectare.

Modulul „Verificare rulment", va analiza dacă o alegere anterioară a unui rulment, ca parte componentă a unui mecanism, a fost corectă, în funcție de datele de proiectare introduse și de seria rulmentului ales.

11.2.2.1. Modulul „Dimensionare rulment"

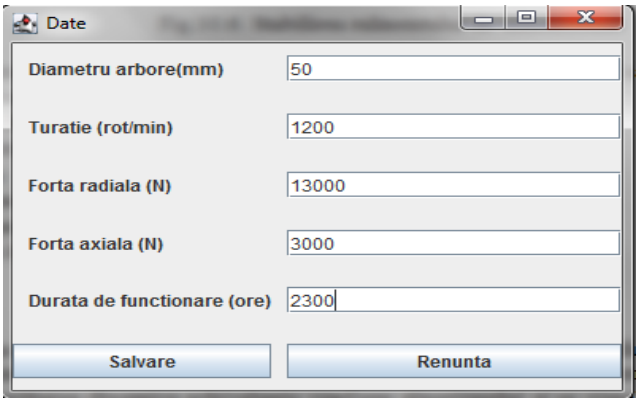
Primul pas în dimensionarea rulmentului va fi alegerea tipului de rulment pe care utilizatorul intenționează să îl utilizeze. În fereastra „Tip rulment", utilizatorul este invitat să aleagă unul dintre următoarele tipuri de rulmenți:

- Rulment radial cu bile
- Rulment radial-axial cu bile
- Rulment radial cu role cilindrice
- Rulment radial-axial cu role conice

În urma selecției rulmentului, se deschide o nouă fereastră prin care utilizatorul este invitat să aleagă tipul montajului utilizat și tipul rulmentului.

Fereastra de date ce apare în urma acestei selecții invită utilizatorul să introducă datele de proiectare pe baza cărora va fi dimensionat rulmentul.

- Datele de proiectare necesare sunt:
- Diametru arbore
- Turația
- Forța radială
- Forța axială
- Durata de funcționare admisibilă.



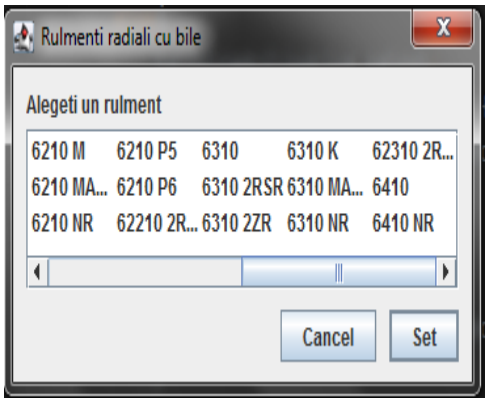


Fig. 11.3 Introducerea datelor de proiectare. Fig.11.4. Lista rulmenților ce pot fi utilizați

În urma validării datelor introduse de către utilizator, prin intermediul serverului MySQL se interoghează baza de date și se prelucrează datele conform algoritmului de calcul. Se afișează o listă cu seriile tuturor rulmenților ce pot fi utilizați în mecanismul ce urmează a fi proiectat.

Din lista afișată, utilizatorul poate selecta un rulment pentru vizualizarea tuturor datelor referitoare la rulmentul ales: serie, denumire, capacitate dinamică, capacitate statică, turație limită, în paralel cu datele de proiectare introduse.

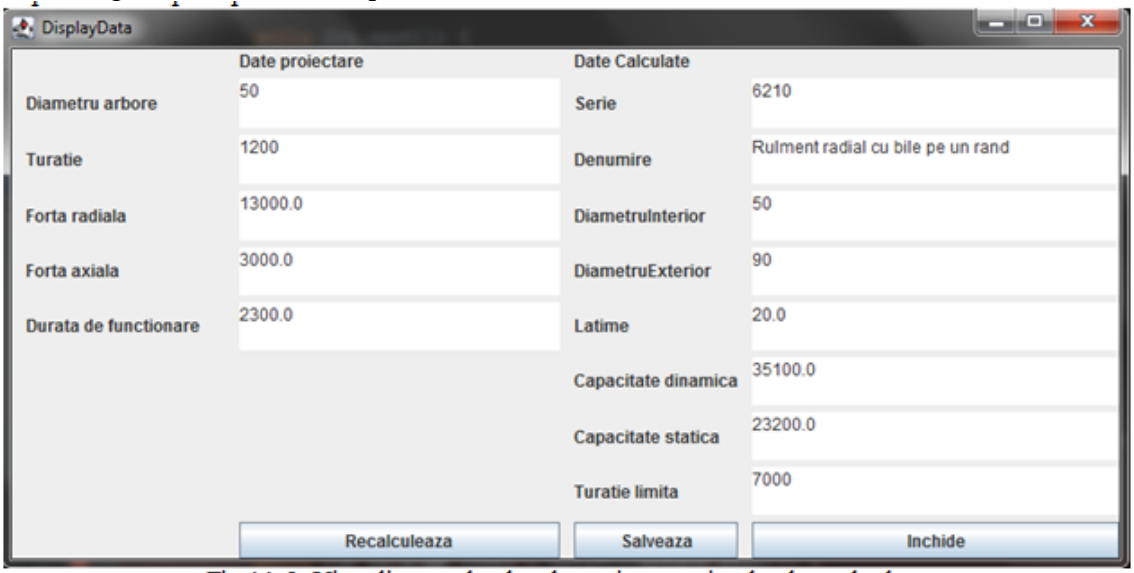


Fig.11.5. Vizualizarea datelor de proiectare și a datelor calculate

Utilizatorul are posibilitatea de a alege salvarea datelor într-un fișier text în vederea imprimării lor pe suport fizic.

Dacă rulmentul ales nu corespunde datelor de proiectare, adică Lh < Lha atunci se reia calculul pentru un rulment cu o dimensiune superioară. Dacă aceasta nu este o soluție constructivă viabilă, atunci se indică utilizatorului posibilitatea înlocuirii rulmentului radial cu bile cu un rulment radial-axial cu role cilindrice/conice, care ar putea prelua sarcini mai mari la aproximativ aceleași dimensiuni.

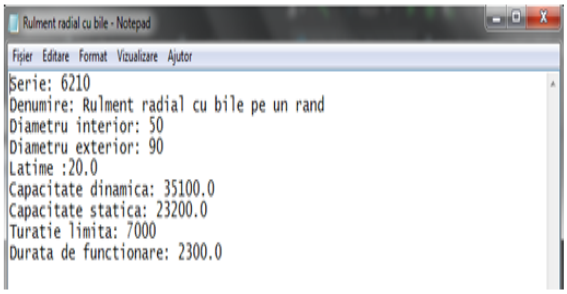


Fig. 11.6.Conținutul fișierului creat

11.2.2.2. Modulul „Verificare rulment”

Prin intermediul acestui modul, utilizatorul are posibilitatea de a verifica corectitudinea selecției unui rulment în cadrul unui mecanism. În acest mod, se poate calcula și previziona eventuale situații în care rulmenții cedează datorită unor calcule greșite sau a depășirii duratei de funcționare.

Utilizatorul este invitat să selecteze tipul rulmentului ce urmează a fi verificat, datele despre montaj și datele de proiectare:

- Seria rulmentului
- Diametru arbore
- Turația
- Forța radială
- Forța axială
- Durata de funcționare admisibilă.



Fig.11.7 Date necesare verificării unui rulment

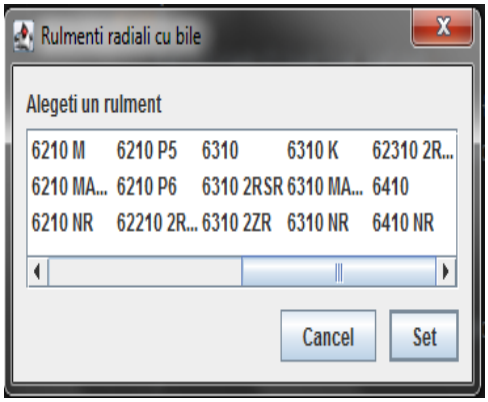


Fig. 11.8. Lista rulmenților ce pot fi utilizați

După introducerea acestor date, se afișează o listă cu toți rulmenții care pot fi utilizați în mecanismul respectiv.

În acest mod, utilizatorul poate verifica dacă rulmentul specificat poate fi folosit conform datelor de proiectare introduse, dar poate și vizualiza alti rulmenți cu care acesta poate fi înlocuit cu succes în mecanismul proiectat.

După selecția seriei, se afișează rezultatele calculate, în paralel cu datele de proiectare introduse.

Datele introduse, precum și datele calculate pot fi salvate într-un fișier în vederea imprimării acestora.

11.2.3. Modulul „Calcul motor”

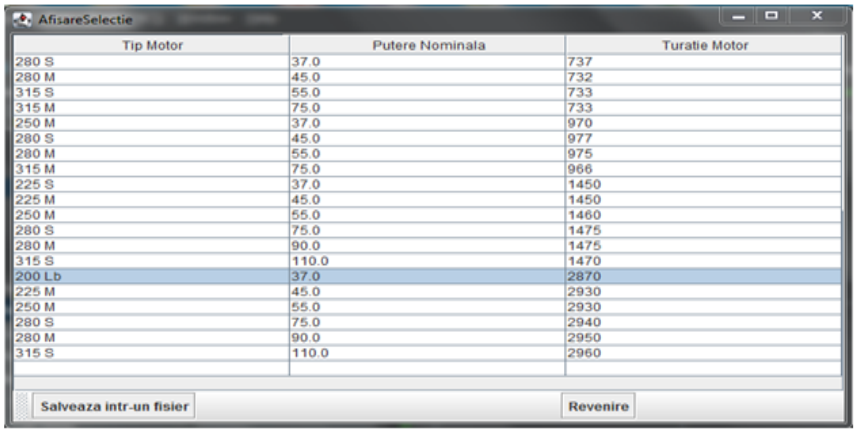


Fig.11.10. Lista motoarelor ce pot fi utilizate pentru mecanismul proiectat

În urma selecției operațiunii de „Calcul motor”, apare o nouă fereastră în care utilizatorul este invitat să introducă datele necesare selecției motorului: puterea utilă și numărul de trepte. Ulterior, utilizatorul trebuie să specifice unele date privind mecanismul proiectat: angrenaj cu roți cilindrice/roți conice, transmisie prin curele, pereche de rulmenți, pereche de lagăre de alunecare. Se calculează puterea necesară motorului pe baza algoritmului algoritmul prezentat în fig 10.10. Se accesează tabela Motoare prin intermediul serverului MYSQL și se afișează o listă cu toate motoarele care satisfac relația Pnominal>Pnecesar. Lista cuprinde date despre motoarele respective: tip motor, putere nominală, turație. În cazul în care utilizatorul selectează „Salvează într-un fișier”, rezultatele interogării bazei de date se salvează într-un fișier tip text, ce poate fi ulterior imprimat.

11.2.4. Modulul „Selecție rulment”

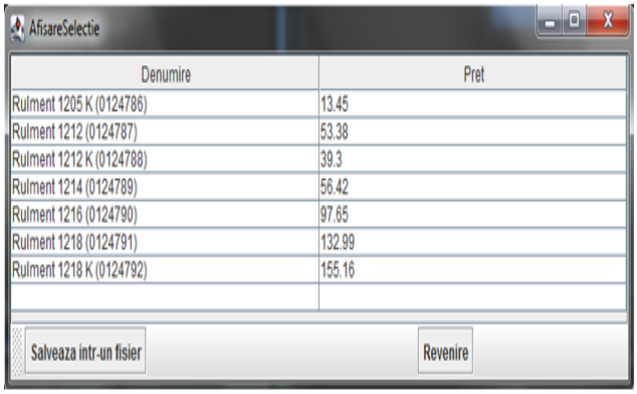


Fig.11.11. Afișare rezultate selecție rulmenți dupa serie

Prin intermediul acestui modul utilizatorul are posibilitatea interogării bazei de date ce conține rulmenții, după anumite criterii, și anume: preț sau serie.

Dacă utilizatorul selectează „Selecție după preț”, atunci va fi invitat să introducă valoarea maximă a prețului rulmenților pe care dorește să îi vizualizeze. În urma introducerii acestei valori, se interoghează tabelele bazei de date prin intermediul serverului MySQL și se reține într-o structură intermediară, toți rulmenții care corespund criteriul introdus.

Se afișează apoi o listă cu rulmenții selectați, pentru fiecare rulment din listă vizualizându-se seria și prețul. Lista afișată poate fi salvată într-un fișier text în vederea imprimării ulterioare.

Dacă utilizatorul selectează „Selecție după serie”, atunci va fi invitat să introducă câteva caractere din seria rulmenților pe care dorește să îi vizualizeze. În urma introducerii acestor valori, se interoghează tabelele bazei de date prin intermediul serverului MySQL și se reține într-o structură intermediară, toți rulmenții care corespund criteriul introdus.

Se afișează apoi o listă cu rulmenții selectați, pentru fiecare rulment din listă vizualizându-se seria și prețul. Lista afișată poate fi salvată într-un fișier text în vederea imprimării ulterioare.

CAPITOLUL XII

REZULTATE EXPERIMENTALE

Algoritmii creați și implementați prin intermediul limbajului de programare Java și a facilităților oferite de MySQL, au fost utilizați în dimensionarea sau verificarea unor rulmenți, respectiv, în selecția unor motoare electrice.

Prin intermediul acestor cazuri concrete au fost verificate funcțiile și modulele de calcul ale sistemului suport pentru decizii de grup în proiectarea mecanismelor, rezultatele fiind identice cu cele obținute în literatura de specialitate [2],[12],[57]. Totodată s-au verificat corelaţiile datelor numerice cu cunoştinţele specifice.

12.1. APLICAȚIA 1

Considerăm un rulment radial cu bile pe un rând montat în cutia de viteze a unui autovehicul.[51] În condițiile cele mai dezavantajoase, acest rulment va funcționa astfel:
Forța axială= 4760 N
Forța radială = 14320 N
Diametrul arborelui = 60 mm
Turația =400 rot/min

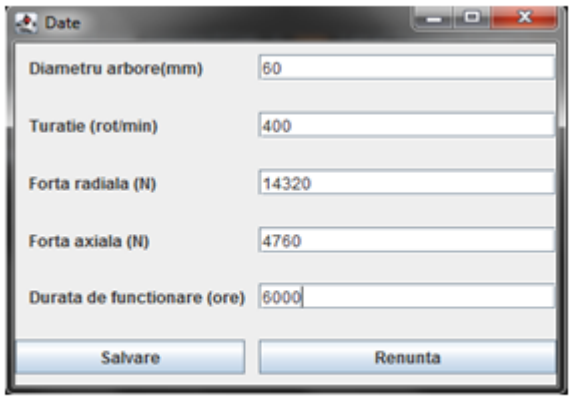


Fig.12.1. Introducere date de proiectare

Se va dimensiona un rulment care să funcționeze cel puțin 6000 ore în aceste condiții.

Mecanismul prezintă un montaj în care rulmentul specificat va fi conducător. În urma interogării bazei de date se obține o listă de rulmenți printre care și rulmentul cu seria 6312 care este utilizat la cutia de viteze a mașinilor Volvo, Scania, etc [3].

Rulmentul 6312 prezintă capacitatea dinamică C=81900 N și capacitatea statică Co=52200 N.[12]

Calculăm raportul Fa/Co = 4.76/52.2 = 0.091

Din tabela FaCo se obține e = 0.28 și y = 1.55.

Calculăm raportul Fa/Fr = 4.76/14.32 = 0.33. Se observa că Fa/Fr > e, deci sarcina dinamică se va calcula cu relația (10.1), unde x= 0.56 și y= 1.55.

Deci,

$$P = 0.56*14320 + 1.55 * 4760 = 15397 \text{ N} \quad (12.1)$$

Se calculează durata de funcționare cu relația (10.2):

$$L= (81900/15397)^3 = 150.671 \text{ mil rot} \quad (12.2)$$

Se calculează durata de funcționare în ore cu relația (10.3):

$$Lh = 10^6 * 150.671 / (400*60) = 6277 \text{ ore} \quad (12.3)$$

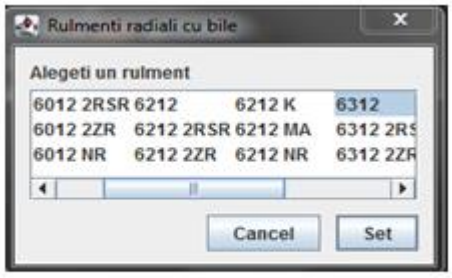


Fig.12.2 Lista rulmenților cu bile pe un rand

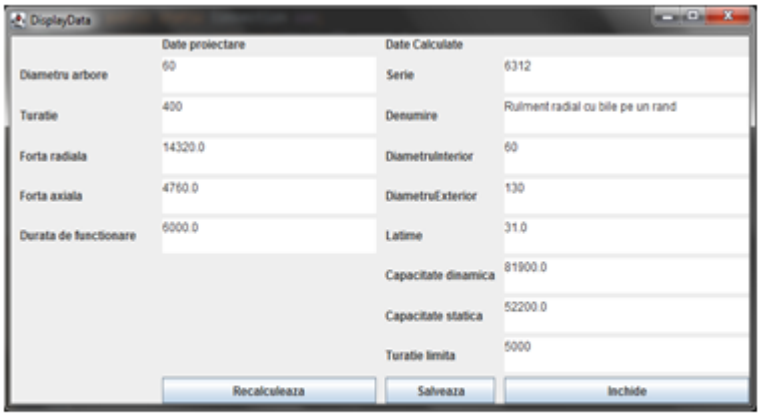


Fig.12.3. Afișarea datelor calculate

Cum Lh > durata de funcționare adminisibila de 6000 ore, rulmentul cu seria 6312 poate fi folosit la cutia de viteze proiectată.

12.2. APLICAȚIA 2

Se consideră următorul reductor inversor. Să se dimensioneze rulmenții necesari în punctele A, B, C, D.

Se cunosc următoarele date de proiectare: [12]

Puterea de intrare = 97 kW

Turația arborelui de intrare n1=1000 rot/min

Forță axiala Fa=4000 N

Durata de funcționare Lha = 10000 ore

Dimensiuni:

a=b=c= 38 mm

d=52 mm

d1=172 mm

d2=148 mm

Întrucât a=b=c=38 mm, se vor selecta rulmenții a căror diametru este de 35 mm.

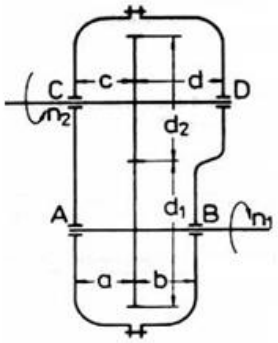


Fig. 12.4. Schema cinematică a reductorului inversor[12]

Se calculează turația arborelui de ieșire:[12]

$$n_2 = \frac{n_1 * d_1}{d_2} = \frac{1000 * 172}{148} = 1162\ rot/min \quad (12.4)$$

Se calculează momentul de intrare:[12]

$$M = \frac{9.74 * 97}{1000} = 0.94\ kNm \quad (12.5)$$

Se calculează forțele tangențiale pe roțile 1 si 2:[12]

$$T = \frac{M}{0.5 * d_1} = 10.93\ kN \quad (12.6)$$

Se calculează forța de respingere dintre roțile 1 si 2:[12]

$$R = T * tg\ \alpha = 10.93 * tg\ 20^0 = 9.07\ kN \quad (12.7)$$

Se calculează forța de încărcare a arborilor 1 si 2:[12]

$$F = \sqrt{T^2 + R^2} = 11.63\ kN \quad (12.8)$$

Se calculează fortele de încărcare a rulmenților:[12]

FrA=FrB = F/2 = 5.82 kN (12.9)

FrC= F*d/ (c+d) = 6.72 kN (12.10)

FrD= F* c/(c+d) =4.91 kN (12.11)

Se aleg rulmenți radiali cu role cilindrice pentru toate punctele.



Fig. 12.7. Date de proiectare pentru punctele A si B

Se calculează sarcinile dinamice necesare rulmenților din fiecare punct:[12]

$$C_A = C_B = 5.82 * \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{60*10000*1000}{1000000}} = 39.66\ kN \quad (12.12)$$

$$Cc = 6.72 * \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{60*10000*1162}{1000000}} = 47.91\ kN \quad (12.13)$$

$$C_D = 4.91 * \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{60*10000*1162}{1000000}} = 35\ kN \quad (12.14)$$

Se va utiliza rulmentul NJ207E întrucât acest rulment satisfice restricțiile tuturor punctelor A,B,C și D ale reductorului inversor din figură.

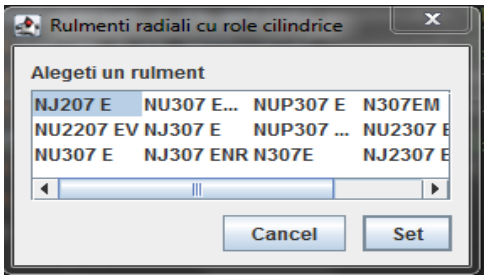


Fig.12.8. Rezultatele obținute



Fig. 12.9. Afișare date

CONCLUZII

C.1. CONCLUZII GENERALE

Sistemele suport pentru decizii de grup reprezintă un domeniu al aplicațiilor informatice aflat în plină expansiune. Odată cu dezvoltarea tehnologiilor de comunicații, a Informaticii, a limbajelor de programare, se vor crea noi direcții de cercetare în acest domeniu..

Scopul sistemului suport pentru decizii de grup este de a sprijini managerii aflați pe diversele nivele ierarhice sau inginerii proiectanți în rezolvarea unor probleme de selecție, și/sau proiectare a unor soluții optime, ce rezolvă diversele probleme cu care aceștia se confruntă în activitatea lor zilnică. Sistemul suport pentru decizii de grup poate fi privit ca un instrument și nu ca un înlocuitor al factorului uman în procesul decizional.

Ținând cont de creşterea complexităţii soluțiilor tehnice, dar şi de resursele limitate pe care orice organizaţie le are la dispoziţie, decizia devine un element cheie. Adoptarea unor decizii bune presupune utilizarea unui volum mare de date şi informaţii a cărui gestiune nu se poate face fără un sistem suport de decizie.

Sistemul suport pentru decizii de grup oferă canalele de comunicare, mediul în care specialiștii pot colabora, instrumentul prin care managerii coordonează echipele de lucru aflate în diverse locuri ale lumii. Proiectarea unui sistem suport pentru decizii trebuie să aibă în vedere domeniul de aplicare, dimensiunea organizației, numărul de utilizatori ce formează diversele grupuri de lucru, cantitatea de date ce se preconizează a fi memorată, actualizată, selectată, prelucrată și transmisă prin intermediul internetului sau a altor canale de comunicație.

În contextul actual al informatizării, un rol decisiv îl au sistemele informatice inteligente, care se bazează pe raţionamente cu informaţii structurate pe cunoştinţe, spre deosebire de cele tradiţionale, bazate pe date.

Necesitatea şi utilitatea acestei teze de doctorat se evidenţiază prin următoarele argumente: raritatea sistemelor suport pentru decizii de grup dedicate în domeniul ingineriei mecanice şi inexistenţa sistemelor suport în proiectarea mecanismelor bazate pe produse româneşti; paleta variată, dar incompletă, a produselor software ce pot fi utilizate pentru activităţi de concepţie şi proiectare a mecanismelor; volumul foarte mare de date şi informaţii de specialitate ceea ce determină o mare dificultate în gestionarea acestora de către experții din domeniile concepţiei şi proiectării de produse mecanice.

Pentru tratarea tematicii şi a obiectivelor propuse s-a realizat un studiu bibliografic şi s-au conceput algoritmi structuraţi care să permită dezvoltarea de programe integrate într-un sistem suport pentru decizii ce conține baza de date și module de inferență.

Prin verificarea funcțiilor și modulelor de calcul prin cazuri concrete, s-a demostrat flexibilitatea și eficiența sistemului suport proiectat și implementat. În plus, nivelul de pregătire al utilizatorului sistemului poate fi mai redus decât cel al unui utilizator al unui sistem clasic, ceea ce determină o mai mare adresabilitate către o gamă mai largă de utilizatori.

C.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE

În vederea proiectării unor algoritmi pentru sistemul suport pentru decizii de grup dedicat proiectării mecanismelor, au fost analizați algoritmii de proiectare a acestor sisteme, precum și tipuri de structuri de date ce pot fi utilizate în acest domeniu.

Din multitudinea de echipamente, dispozitive și subansamble componente ale mecanismelor, au fost alese două categorii: rulmenții și motoarele electrice de curent continuu.

Având în vedere bibliografia studiată, sistemul suport elaborat reprezintă primul pas în realizarea unei aplicații care are în componență baze de date ce conțin produse autohtone și având la bază cunoștinte teoretice și practice ale specialiștilor în domeniul proiectării mecanismelor.

În lucrare se evidenţiază de la început, având la bază cercetarea bibliografică, obiectivele generale şi specifice precum şi strategia de cercetare adaptată. În plus, în lucrare se evidenţiază şi se justifică modelele, algoritmii şi schemele logice concepute şi implementate prin rezultate edificatoare precum şi prin interfeţe prietenoase cu utilizatorul.

Printr-o strânsă colaborare cu experții în domeniu, au fost identificate seturi de cunoștinte necesare proiectării mecanismelor ce utilizează rulmenți, respectiv seturi de cunoștinte necesare proiectării sistemelor de acționare ale roboților ce utilizează motoare de curent continuu. Pentru selectarea unui mod de reprezentare cât mai eficient și care să ofere posibilitatea soluționării unei largi palete de probleme, au fost analizate modalitățile de reprezentare a cunoștințelor unui sistem expert. În urma colectării tuturor acestor informații, a fost proiectată structura bazei de date ce stochează cunoștințele primite de la experții umani în domeniu. În proiectarea structurilor tabelelor ce sunt conținute în aceste baze de date s-a urmărit:

- Asigurarea unui timp de răspuns cât mai mic al sistemului suport. Acest deziderat a fost realizat datorită proiectării tabelelor în funcție de clasele de probleme la care sistemul va răspunde. Astfel, pentru rulmenți, au fost tratate separat modalitățile de combinare montaj- tip rulment, interogările bazei de date pe acest domeniu obținând răspuns direct din tabelele dedicate subiectului.
- Stabilirea unor relații între tabelele bazei de date care să conducă la determinarea imediată a regulilor care pot fi aplicate în diversele cazuri de combinare a premiselor.

Aceste etape au fost efectuate atât pentru modulele ce tratează dimensionarea sau verificarea rulmenților, cât și pentru modulul ce proiectează motoarele de curent continuu.

S-a dezvoltat o bază de date ce cuprinde caracteristici ale materialelor și parametrii constructivi conform standardelor. Baza de date a fost elaborată prin intermediul pachetului MySQL putând fi uşor apelată de modulele sistemului suport realizat şi, pe de altă parte, putând fi utilizată și separat. Prin tehnici specifice, tabelele bazei de date au fost populate cu rulmenți produși în România.

Prin intermediul serverului MySQL și a multiplelor posibilități de conectare oferite de către acesta, baza de date poate fi folosită în cadrul serviciilor cloud, internet și/sau prin conexiuni la diverse module realizate în Python, Java, framework-ul NET, Node.js, etc. Descărcarea și instalarea platformei este gratuită, deci utilizarea acesteia împreună cu modulul MySQL Workbench ce asigură o vizualizare simplă, intuitivă a tuturor informațiilor din tabelele bazei de date, oferă oricărui utilizator, aflat în orice locație, posibilitatea conectării la sistemul suport creat. În plus, pentru fiecare tabelă a bazei de date există un formular ce asigură introducerea datelor într-un mod foarte facil pentru un utilizator fără cunoștinte de specialitate.

S-a realizat analiza critică a sistemelor expert și a sistemelor suport pentru decizii din diverse domenii evidenţiind, cu precădere, evoluţia celor din domeniul ingineriei industriale. În cadrul acestei analize se compară multicriterial variantele de modelare a datelor din diverse domenii ca şi cunoştinţe, şi structurile sistemelor expert, respectiv a sistemelor suport dezvoltate, având la bază algoritmi de inferenţă (raţionare).

În strânsă colaborare cu specialiștii în domeniu, au fost analizate raționamentele prin care aceștia proiectează mecanismele ce includ cele două categorii de componente selectate. Întrucât modul de reprezentare a cunoștințelor ales se bazează pe reguli de producție și pe cadre, prin intermediul relațiilor dintre câmpurile tabelelor bazelor de cunoștinte au fost implementate regulile de producție determinate.

Mecanismul de inferențe se bazează pe algoritmii de rezolvare a problemelor de proiectare ale rulmenților, respectiv ale motoarelor de curent continuu. Algoritmii utilizează structuri complexe de date în vederea memorării datelor de intrare și a datelor intermediare. În plus, algoritmii pot funcționa și pe structuri de date alocate dinamic, grafuri sau arbori, pentru acest caz fiind utilizați algoritmii de căutare prin parcurgerea grafurilor în lățime sau în adâncime sau algoritmii de determinare a drumului de cost minim, respectiv algoritmii de construcție a arborilor de cost minim. Această ultimă categorie de algoritmi poate oferi soluții și în cazul proiectării unor mecanisme cu multe componente având un criteriu de selecție ce optimizează soluțiile pe baza unor valori maxime/minime. Algoritmii de căutare au fost implementați și sunt listați în Anexa 1, respectiv Anexa 2.

Din analiza cunoștințelor preluate de la experții umani au fost construiți algoritmii de dimensionare și de verificare a rulmenților, precum și algoritmul de selecție a motorului electric. Pe baza acestora, au fost create clasele, funcțiile și parametrii de intrare/ieșire necesari implemetarii algoritmilor respectivi.

Algoritmul general este divizat în module distincte (dimensionare, verificare, selecție etc.) cărora li se asociază subsisteme expert cu module program asociate(tip montaj, tip rulment, etc). S-au conceput module originale pentru proiectarea diverselor componente ale mecanismelor.

Implementarea algoritmilor a fost realizata în limbajul Java, prin intermediul platformei Intellij IDEA. Acest limbaj de programare orientat obiect oferă posibilitatea rulării programelor pe orice mașină virtuală Java (JVM). Astfel, programul poate rula pe telefoane mobile, pe stații de lucru sau pe sisteme server-client, cu modificări minime.

Modulele dezvoltate au structuri independente care pot fi exploatate individual dar şi prin intermediul algoritmului general. Astfel, se permite utilizatorilor să se realizeze mai multe variante la nivel de subansambluri, în condiţiile informării detaliate de către sistem, în vederea obţinerii unor soluţii optime. Pentru fiecare modul elaborat la nivel de detaliu s-au conceput interfeţe grafice utilizator pentru introducerea datelor, pentru monitorizarea procesării acestora precum şi pentru postprocesarea rezultatelor.

Studiile de caz pentru proiectare, dimensionare, verificare evidenţiază clar funcţionalitatea sistemului suport pentru decizii dezvoltat, prin parcurgerea pas cu pas a cinci aplicaţii pornind de la introducerea datelor până la generarea rezultatelor.

Soluțiile obținute de către sistemul suport pot fi comunicate într-un mod foarte facil utilizând rețeaua locală de calculatoare sau internetul. Structurile de date utilizate în reprezentarea soluțiilor nu necesită un spațiu de memorie de dimensiuni sau timp îndelungat de transmitere. În plus, este asigurată portabilitatea acestor structuri de date pe multe medii sau platforme de programare, ceea ce determină o largă utilizare a rezultatelor.

În vederea proiectării sistemului suport pentru decizii de grup au fost analizate modalitățile de realizare a procesului decizional de grup, componentele necesare acestui sistem și

situațiile de decizii ce pot apărea. O atenție deosebită a fost acordată evitării influențării deciziilor unor participanți în urma căreia se pot forma decizii unice, „de grup”.

Sistemul suport pentru decizii oferă posibilitatea utilizatorilor de a selecta la fiecare pas, din mulțimea soluțiilor găsite, prin aplicarea regulilor de producție, pe cele cu care utilizatorul dorește să continue procesul. Acest proces poate fi efectuat de către fiecare decident, iar rezultatele obținute de către fiecare manager sau inginer proiectant din grupul de decidenți pot fi memorate în vederea unor negocieri ulterioare. Toți decidenții pornesc cu aceleași date de intrare, dar pot obține soluții diferite în funcție de selecțiile pe care le fac la fiecare pas.

În final, grupul de decidenți analizează soluțiile descoperite de fiecare membru al grupului și negociază o soluție finală. În acest mod, sistemul suport pentru decizii de grup nu permite formarea unor decizii unice prin influențarea unor membrii ai grupului.

În plus, în negociere, fiecare decident poate veni cu propriul sistem de explicații privind pașii efectuați la fiecare pas. Prin dezbatere, grupul de decidenți poate urmări raționamentul fiecărui membru și pot construi împreună, o nouă soluție, bazată pe experiența întregului grup, asamblând soluția din părțile componente ale soluțiilor prezentate de către membrii grupului.

Interfața sistemului suport pentru decizii de grup este foarte prietenoasă, orice utilizator poate utiliza aplicația deoarece fiecare pas se bazează pe întrebări, respectiv pe răspunsuri.

Rezultatele obținute demonstrează avantajele unui asemenea sistem suport pentru decizii pentru aplicaţii inginereşti, în particular pentru dimensionarea și verificarea rulmenților și pentru selecția motoarelor electrice. Articolele prezentate la diverse conferințe științifice și publicate în reviste de specialitate au fost deja citate de 17 ori conform [6].

Lucrarea prezintă toate etapele dezvoltării unui sistem suport pentru decizii de grup deschizând drumul generalizării acestei tehnici pentru toate aplicaţiile de proiectare din domeniul ingineriei industriale.

C.3. PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ

Sistemul suport pentru decizii de grup permite o gamă variată de dezvoltări. În primul rând, acest lucru este posibil datorită portabilității algoritmilor creați. Aceștia funcționează în orice limbaj de programare și pot fi utilizați pe structuri de date cu alocare dinamică, ceea ce va determina o eficientizare a spațiului de memorie alocat.

Prin implementarea unui algoritm ce asigură funcționarea în sistem client-server, toate datele memorate pot fi partajate de către membrii grupului de decizie și pot fi organizate întâlniri de lucru sincron, indiferent de localizarea decidenților. În acest sens, este extrem de important să se asigure un sistem dezvoltat de securitate atât a datelor din baza de date, cât și a utilizatorilor ce participă la întâlniri de negocieri.

Sistemul suport pentru decizii de grup poate fi dezvoltat prin adăugarea unor noi componente ale sistemului expert, care să sprijine proiectarea, prin memorarea și prelucrarea cunoștințelor despre alte subansamble ale mecanismelor.

Sistemul suport pentru decizii de grup reprezintă un pas către informatizarea unui domeniu dificil, și anume proiectarea. Algoritmii creați sprijină inginerii proiectanți și managerii în procesul proiectării și deciziei asupra unei soluții optime conform criteriilor impuse. În plus, prin intermediul modulului de explicații, sistemul expert inclus sprijină studenții în crearea unor raționamente corecte în domeniul proiectării mecanismelor.

Sistemul suport pentru decizii de grup în proiectarea mecanismelor este un instrument pus la dispoziția specialiștilor în vederea determinării soluțiilor problemelor de proiectare într-un mod eficient și corect.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

2. *** "Catalog reductoare coaxiale", http://www.reductor-motor.com/rom-redcoax.html
10. *** http://iota.ee.tuiasi.ro/
12. *** http://www.urb-s.ro/ro/products.html
21. *Bizoi M,* "Referat 1", http://www.referat_1_Bizoi_web.pdf
27. *Butilă E.V*., "Rezumat teza de doctorat", Universitatea Transilvania din Brașov, 2009
32. *Carstoiu, D.I.* „Sisteme expert", Editura ALL, București, 1994, pag 16-26
48. *Filip F. G.,* „Decision support and control for large-scale complex systems. Annual Reviews in Control*",* ,2008
49. *Florea R.,* "Organe de maşini. Reductoare", Editura Universităţii „Lucian Blaga" din Sibiu, 1997
52. *Gafiţanu M*., ş.a., "Organe de maşini", vol. Işi II. Editura Tehnică, Bucureşti, 1981
57. *Geonea I.D.,* „Calculul și proiectarea reductoarelor", Universitatea din Craiova, 2018
65. *Ianuș G.,* "Transmisie mecanică cu redactor și curele trapezoidale înguste", Editura Politehnium, Iași, 2010
79. ***Moşneaga A.O.,*** *Tempea I.,* "Folosirea sistemelor expert pentru proiectarea mecanismelor și a sistemelor de acționare electrică", CONFERENG 2018, Târgu Jiu, 2018
80. ***Moşneaga A.O.,*** *Tempea I.,* "Utilizarea bazelor de date pentru proiectarea motoarelor de curent continuu destinate acționării mecanismelor", CONFERENG, Târgu Jiu, 2018
81. ***Moşneaga A.O.,*** *Tempea I.,* „Folosirea sistemelor expert pentru proiectarea mecanismelor", SYMECH 2018, Târgu Jiu, 2018
82. ***Moşneaga A.O.,*** *Tempea I.,* „Utilizarea bazelor de date pentru proiectarea rulmenților din construcția mecanismelor", SYMECH 2018, Târgu Jiu, 2018
83. ***Moşneaga A.O,*** „Arhitectura sistemelor expert utile în monitorizarea mecanismelor roboților", Referat nr.1 din cadrul tezei de doctorat, Universitatea Politehnică Bucuresti, 2017
85. *Mușat M, Stoica G.,* "Transmisii mecanice cu reductoare într-o treaptă", 2004
88. *Palade V.,* "Reductor de turație cu o treaptă", Universitatea "Dunărea de jos", Galați, 2008
103. *Zaharie D., Năstase P.,* " Sisteme expert de gestiune", Editura Romcart, București, 1993