

DEZVOLTAREA DE SISTEME EXPERT DE DIAGNOZĂ AVARIE ȘI DE ANALIZĂ A PERFORMANTELOR PENTRU CENTRALE FOTOVOLTAICE

mat. ing. Adriana Alexandru, ing. Vasile Brănci,
mat. Doina Câmpean, mat. Maria Filip,
Ștefan Ungureanu, ing. Dănuț Voicu.

Institutul de Cercetări în Informatică

Rezumat: Problema diagnozei avariilor și a analizei performanțelor în centralele fotovoltaice este o problemă de complexitate medie. Ea se referă la centralele fotovoltaice de diferite tipuri și complexități, a căror largă gamă de utilizare în viitor este încurajată atât la nivel european, cât și la nivel mondial, alături de alte sisteme energetice neconvenționale. Lucrarea abordează atât domeniul centralelor fotovoltaice, cât și sistemele bazate pe cunoștințe, shell-urile expert și sistemele expert. Cerințele și restricțiile specifice sunt, de asemenea, trecute în revistă. Lucrarea prezintă un sistem expert de diagnoză a avariilor și de analiză a performanțelor în timp real. Interfața utilizator, destinată achiziției cunoștințelor expertului uman și reprezentării lor în baza de cunoștințe, cât și exploatarea sistemului expert de diagnoză prezintă un grad sporit de convivialitate prin puternica orientare grafică. Detaliile specifice sunt prezentate pentru centrala fotovoltaică pilot Zambelli, în mod special cerințele hardware și necesarul software.

Cuvinte cheie: sisteme bazate pe cunoștințe, diagnoză în timp real, strategii de raționament.

1. Introducere

Această lucrare a fost executată de un colectiv din cadrul Institutului de Cercetări în Informatică, în cadrul proiectului "Acțiuni concertate în domeniul tehnologiei sistemelor fotovoltaice - dezvoltarea de sisteme expert pentru diagnoză/ analiza performanțelor și regăsirea informației în centrale fotovoltaice" din programul JOULE II al Comisiei DG (Direcția Generală) a Comunității Europene, sub coordonarea domnului M. Imamura de la WIP. Această lucrare continuă cercetările privitoare la aplicații industriale, bazate pe tehnici de inteligență artificială din domenii similare.

Obiectivul general al proiectului este dezvoltarea unui instrument inteligent numit expert shell, pe baza căruia să se poată implementa un sistem expert în timp real pentru diagnoza avariilor și analiza performanțelor într-o centrală fotovoltaică (ZPEX).

De ce diagnoza centralelor fotovoltaice?

Putem afirma că rolul unui operator în timpul unei avarii constă în:

- recunoașterea stării de urgență, de obicei la producerea unei alarme;
- determinarea cauzei ce a dus la declanșarea alarmei;
- determinarea unei eventuale stări intermediare de stabilitate a procesului în prezența alarmei identificate sau inițierea unei secvențe sigure de oprire a procesului;
- diagnosticarea avariei care poate fi parțială și inițierea acțiunilor corectoare necesare;
- restaurarea completă a operațiilor.

Un sistem expert de diagnoză tehnică trebuie să fie proiectat pentru a răspunde acestor probleme, asigurând un mecanism capabil să simplifice munca operatorului, oferindu-i mesaje cu privire la cauza primară a avariei, cât și o listă de soluții potențiale [1].

Pentru managementul unei centrale fotovoltaice sunt câteva alternative ce trebuie luate în considerare:

- cu dispecer operator de exploatare local: în acest caz, sistemul expert este un ajutor calificat al dispecerului, scutindu-l, în primul rând, de sarcina de a urmări permanent, cu toată atenția, un număr mare de valori și de semnale afișate. În situațiile critice, de avarie, furnizarea unor sugestii de soluții și acțiuni necesare, gândite "la rece" de cei mai calificați specialiști, îl vor feri pe operator să facă greșeli din grabă sau datorate stressului specific momentelor de avarie. Totuși, decizia acțiunilor va aparține operatorului uman. Sugestiile oferite de sistemul expert sunt, în acest caz, nuanțate și specializate.
- cu personal nespecializat (electromecanic de întreținere, fermier etc): în acest caz, soluțiile recomandate trebuie să fie simple, precise și exprimate într-un limbaj accesibil, nespecializat.
- fără personal: în acest caz, sarcina sistemului expert este ca, la detectarea unor incidente, să furnizeze comenzi directe către elementele de execuție sau de automatizare. Sunt, însă, necesare unele măsuri de protecție, care să împiedice orice acțiune cu efect dăunător sau catastrofal pentru instalație.
- monitorizare de la distanță: în acest caz, sistemul expert poate fi amplasat local

(în centrala fotovoltaică) sau la distanță (la dispecer), fiind în ambele situații în aceeași relație cu operatorul de exploatare ca în primul caz. Prin amplasarea locală, sistemul expert ar beneficia de mai multe informații din centrală și, probabil, cu întârziere mai mică.

- în cazurile în care se manifestă tendințe de degradare în funcționarea centralei fotovoltaice sau a unor subansambluri ale sale, sistemul expert urmează să recomande verificările necesare pentru stabilirea cauzelor și a elementelor defecte;
- recomandarea lucrărilor de reparații și

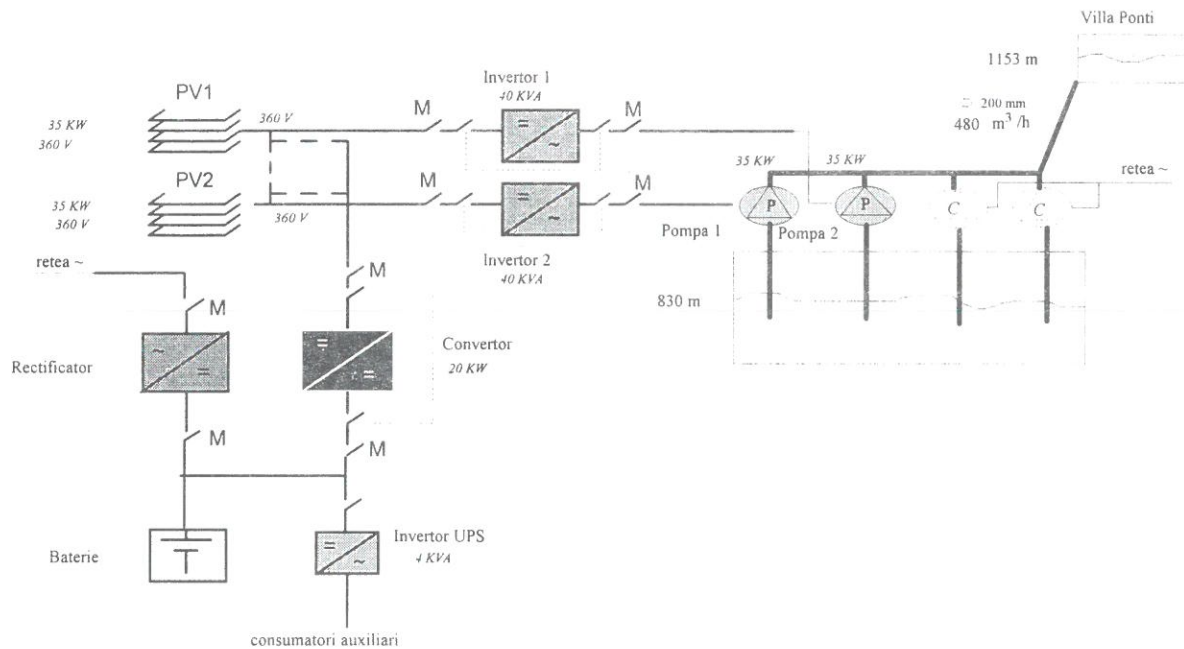


Figura 1.

Necesitatea diagnozei în timp real

În conducerea operativă a centralei sunt necesare:

- depistarea/detectarea incidentelor/ avariilor parțiale în faza premergătoare, incipientă sau neîntârziat în momentul declanșării/producerii;
- identificarea cauzei incidentului și/sau localizarea elementului defect;
- stabilirea și indicarea acțiunilor optime de izolare a elementului defect și de limitare a extinderii unei avarii.

În conducerea strategică a centralei (pe termen mediu și lung) sunt necesare:

- analiza și interpretarea evoluției în funcționare a întregii centrale (tendențele și abaterile parametrilor globali față de valorile standard) și a componentelor de bază (sistemul de achiziție a datelor și automatizare, panouri fotovoltaice, baterii, convertoare, invertoare, redresoare etc);

de întreținere ce se impun în perioada următoare de timp (calendarul lucrărilor necesare).

2. Cadrul general

2.1. Centrale fotovoltaice

Un sistem fotovoltaic poate fi reprezentat ca o funcție de transfer, intrarea fiind o mărime care caracterizează radiația solară, iar ieșirea fiind o mărime de natură electrică (putere, etc) care este transferată către sarcină [3].

Pentru evitarea unui inconvenient major (nu se poate asigura prezența constantă a irradiației solare la o intensitate suficientă), în locurile în care este necesară o siguranță mai mare a alimentării cu energie electrică, a apărut alternativa centralelor fotovoltaice conectate la rețea.

Din acest punct de vedere, sistemele fotovoltaice pot fi clasificate în trei tipuri de aplicații: autonome (utilizate în locurile în care

conectarea la rețea nu este posibilă), hibride și conectate la rețea.

Componentele unui sistem fotovoltaic sunt: panouri fotovoltaice (realizate din celule fotosensibile, monocristaline sau policristaline), baterii (de obicei baterii plumb-acid) și blocul de condiționare a puterii (convertoare, redresoare, comutatoare, invertoare).

Centrala fotovoltaică pilot Zambelli este o parte a stației de pompare a apei pentru orașul Verona și constă în două matrici fotovoltaice de 70kW și 360V, două invertoare de 35kVA cu frecvență variabilă, două șiruri de baterii de 300Ah [6]. Schema sa este prezentată în figura 1.

2.2. Instrumente ale inteligenței artificiale

Sistemele bazate pe cunoștințe (Knowledge-based Systems - KBS) sunt programe care rezolvă în mod inteligent probleme nontriviale, utilizând cunoștințe descrise prin tehnici de reprezentare, manipulate prin metode strategice de rezolvare a problemelor.

KBS se fundamentează pe trei componente de bază:

- cunoștințe (partea de adevăr, informație și principii, achiziționată prin educație, învățare și experiență) și baza de cunoștințe (stochează cunoștințele necesare rezolvării problemelor într-un domeniu specific);
- tehnici de reprezentare a cunoștințelor (declarative și procedurale);
- reprezentarea problemelor și a strategiilor de rezolvare a problemelor (raționament forward, backward, bi-direcțional, analiză means-end, raționament implicit și non-monotonic, backtracking direcționat și dependent, raționament probabilistic, abstracția, blackboard).

Un *shell expert* este un mediu proiectat pentru a suporta aplicații de o natură foarte apropiată și reprezintă un punct intermediar între aplicațiile specifice și mediile generale de inginerie a cunoștințelor. Un *shell eficient* trebuie să asigure câteva formalisme integrate diferite, complementare, pentru a permite descrierea diverselor tipuri de cunoștințe.

Principala activitate în definirea unui sistem expert, bazat pe un *shell*, este specificarea (definirea) unei baze de cunoștințe.

Sistemele expert pot fi clasificate în:

- sisteme de clasificare euristică: conțin "experiență" sau cunoștințe euristice;
- sisteme cauzale și de adâncime: structura și comportamentul procesului de diagnosticat sunt reprezentate explicit;
- sisteme de diagnoză hibride: sunt utilizate cunoștințe euristice cât și cunoștințe cauzale de adâncime.

Din punctul de vedere al extinderii și adâncimii reprezentării cunoștințelor, se pot reliefa trei tipuri diferite de abordare a dezvoltării sistemelor expert: la nivel inferior, mediu și înalt. Pentru majoritatea aplicațiilor, abordarea de nivel mediu este cea mai eficientă, disponibilă pentru construirea sistemelor expert, acesta fiind și cazul aplicațiilor fotovoltaice.

3. Sisteme expert pentru diagnoza avariilor și analiza performanțelor în centralele fotovoltaice

Principalele obiective ale unui astfel de sistem sunt:

- prevenirea posibilelor avarii ale componentelor critice, ducând la creșterea duratei lor de viață și a fiabilității lor;
- optimizarea funcționalității centralei fotovoltaice, în sensul utilizării energiei disponibile;
- furnizarea de informații în timp real;
- asistarea activităților de întreținere și generarea de rapoarte funcționale.

Dezvoltarea unei aplicații de diagnoză implică, în principal, două activități: dezvoltarea unor instrumente software (medii, shell-uri expert), apoi construirea unui sistem expert la scară industrială [5], ceea ce implică următorii pași:

- descompunerea problemei în subprobleme discrete;
- proiectarea unei scheme de reprezentare a cunoștințelor pentru fapte;
- caracterizarea soluțiilor în termenii schemei de reprezentare a cunoștințelor;
- definirea regulilor ce permit atingerea concluziilor, când o anumită situație particulară este recunoscută;
- caracterizarea situațiilor și a concluziilor în termenii schemei de reprezentare a cunoștințelor;

- selectarea mecanismului de raționament ce va fi folosit pentru căutarea soluțiilor;
- specificarea interacțiunii cu utilizatorul în timpul unei consultații.

3.1. Considerații de proiectare

Cerințele cărora li se acordă, de obicei, cea mai mare atenție sunt cele care privesc timpul de răspuns [4]. Apar, astfel, unele cerințe specifice, absente în alte medii:

- operarea continuă: un sistem de diagnoză în timp real trebuie să-și întrerupă activitatea numai la o comandă explicită a operatorului sau dacă funcționarea eronată a sistemului global este înregistrată și îi întrerupe activitatea;
- raționament neîntreruptibil;
- focalizarea atenției asupra evenimentelor semnificative;
- prevederea răspunsurilor sistemului la un moment dat;
- decizii critice: un sistem expert trebuie, în primul rând, să urmărească securitatea procesului sau a componentelor, înainte de a folosi alarmele pentru evitarea căderilor;
- capacitatea de a trata evenimente simultane;
- răspunsul din partea sistemului expert trebuie să se producă într-un interval de timp, înainte de expirarea unei limite de timp date;
- răspunsul din partea sistemului expert trebuie să fie aplicabil situației date; el trebuie să furnizeze soluții (indicații, instrucțiuni) care pot fi implementate cu minim de efort și care oferă rezultatele dorite dacă sunt implementate corect;
- capacitatea de a recunoaște deviațiile stărilor procesului și de a investiga erorile care le-au produs, pentru a obține diagnostice incipiente ce pot constitui punctul de plecare al unei intervenții corecte inteligente;
- legături informaționale între procesul supravegheat și diagnosticat și controlul corespunzător componente;
- comunicații între componente și dispecerul procesului;

- posibilitatea de lărgire a sistemului, testarea și perfecționarea lui.

3.2. Structură hardware

Calculatoarele personale au devenit un suport obișnuit pentru sisteme expert, însă, limitările de memorie și de putere de calcul le fac disponibile numai pentru sisteme mici și mijlocii.

Pentru a defini structura hardware trebuie să luăm în considerare următoarele restricții specifice:

- consum mic de energie (furnizată de centrala fotovoltaică) o cerință vitală pentru centrale mici și autonome);
- grad de protecție IP44 și de operare între limite de temperatură 0-50 grade Celsius;
- siguranță în funcționare, datorată unei surse neîntreruptibile de energie, detectarea căderilor de energie și de repornire automată.

Sistemul expert de diagnoză avarie și de analiză a performanțelor utilizează date achiziționate online din baza de date construită de un sistem convențional de monitorizare a centralei fotovoltaice. Aceste date pot fi stocate pe un alt calculator. Următoarele cerințe trebuie luate în considerare:

- comunicare rapidă și sigură între cele două calculatoare;
- actualizare coerentă a datelor procesate de sistemul expert, datorită schimbării rapide a valorilor parametrilor procesului.

Configurația hardware pentru ZPEX este: un PC Pentium, 75MHz, 32 MB RAM, HDD 500MB, FDD 3.5", placă video SVGA, monitor color de 14", mouse.

ZPEX a fost dezvoltat utilizând Microsoft Visual C++ 2.0 sub Windows NT 3.5. Dacă este folosit un software mai vechi, configurația hardware poate fi redusă. Acest lucru este, de asemenea, valabil pentru centralele fotovoltaice mici, unde se monitorizează un număr mic de parametri.

3.3. Structura software

Software-ul necesar este alcătuit din următoarele componente:

- sistemul de operare;

- software-ul aferent sistemului expert de diagnostică avarie și de analiză a

- rezultatul va fi un sistem expert orientat special spre problematica centralelor

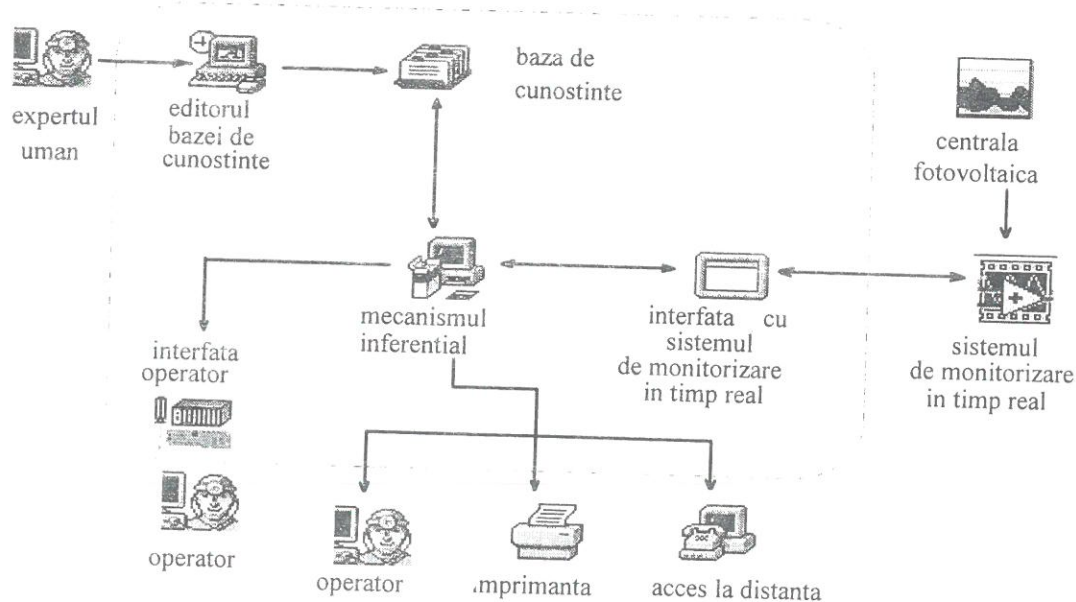


Figura 2.

performanțelor (ZPEX - Zambelli Plant Expert System).

3.3.1. Sistemul de operare

Sistemul de operare este software-ul de bază, care controlează resursele sistemului (procesor, memorie, sistem de fișiere, periferice).

În prezent, cele mai utilizate sisteme de operare pentru calculatoare compatibile PC sunt: MS-DOS, OS/2, Windows NT, UNIX, precum și o clasă de sisteme de operare, compatibile UNIX, orientate pentru aplicații de timp real (QNX, OS-9000, VRTX).

Sistemul de operare ales ca suport pentru ZPEX este Windows NT 3.5 (server).

3.3.2. Sistemul expert de diagnostică avarie și analiză a performanțelor (ZPEX)

ZPEX a fost scris utilizând Microsoft Visual C++ 2.0 (MFC).

O problemă majoră, care a fost luată în considerare, a fost aceea de a opta pentru utilizarea unui software comercial existent sau pentru realizarea unui software special destinat.

Construirea unui software special destinat [2] prezintă următoarele avantaje:

fotovoltaice;

- sistemul expert astfel rezultat va putea fi adaptat pentru o gamă largă de centrale fotovoltaice.

ZPEX conține (a se vedea figura 2):

- editorul bazei de cunoștințe, construit pentru:
 - ♦ crearea, vizualizarea și modificarea elementelor bazei de cunoștințe;
 - ♦ validarea sintactică și semantică a acestor elemente pe măsura introducerii lor în baza de cunoștințe;
 - ♦ construirea de structuri complexe capabile să permită o înaltă organizare a cunoștințelor;
 - ♦ aplicarea regulilor de bază ca și a reprezentărilor structurale;
 - ♦ combinarea unor modele parțiale ale procesului și a unora din componentele sale;
 - ♦ integrare eficientă a datelor numerice și a elementelor simbolice;
 - ♦ utilizarea cunoștințelor de bază cât și a cunoștințelor istorice;
 - ♦ capacitatea de a combina cunoștințe procedurale și declarative.

- mecanism inferențial, care controlează și execută aplicația și, de asemenea, ghidează dialogul cu utilizatorul;
- interfață utilizator: aceasta este o interfață convivială grafică, bazată pe meniuri de tip windows, destinată prezentării rezultatelor unei sesiuni de diagnoză;
- interfață cu procesul via baza de date (construită de sistemul convențional de monitorizare) ce conține:
 - ♦ variabile achiziționate periodic din proces, cu o anumită perioadă de achiziționare;
 - ♦ parametri inteligenți, calculați utilizând algoritmi specifici sau valori statistice;
 - ♦ fișiere ce conțin evoluția istorică a uneia sau a mai multor variabile conectate logic, asigurându-se în acest fel trasabilitatea procesului de diagnoză.
- baza de cunoștințe care conține reprezentarea experienței teoretice sau euristice, specifice tehnologiei fotovoltaice și funcționării centralei fotovoltaice.

Utilizarea sistemelor expert împreună cu sistemele convenționale este preferabilă, deoarece această integrare crește utilitatea și flexibilitatea ambelor sisteme prin date, baze de date, structuri de control, interfețe om-mașină și partajarea resurselor hardware.

ZPEX prelucrează datele achiziționate de CUBE, sistemul de monitorizare în timp real realizat de firma ORSI Automazione, Genova, Italia.

4. Concluzii

Aplicarea tehnologiei sistemelor expert în diagnoza și controlul proceselor și sistemelor industriale este încă la început. Cele mai multe realizări de acest tip reprezintă aplicații particulare ce utilizează medii sau shell-uri expert de un nivel relativ scăzut.

Rezolvarea problemei diagnozei avariilor și cea a analizei performanțelor prin sisteme expert (eventual integrate cu sisteme software convenționale) constituie o primă încercare la nivel internațional. Succesul unei astfel de operații va fi asigurat de incorporarea de cunoștințe specifice privitoare la tehnologia și funcționarea sistemelor fotovoltaice.

Tehnologia software este în zilele noastre puternic confruntată cu cerința elaborării unor concepte, tehnici și instrumente care să fie capabile

să permită construirea de sisteme informatice de o înaltă calitate la un preț scăzut.

Aceste sisteme trebuie să achiziționeze, întrețină, regăsească, prelucreze și prezinte diferite tipuri de informații. Cerințele referitoare la interfața utilizator, aptitudini superioare de raționament, acces selectiv la baze de date mari și rezolvarea cooperativă a problemelor sunt motivate de numărul în continuă creștere a potențialilor utilizatori ai acestor sisteme. Luând în considerare aceste cerințe, tendințele actuale în domeniul sistemelor expert se concentrează spre două mari zone problematice: crearea de instrumente puternice pentru proiectarea și dezvoltarea de sisteme expert și integrarea sistemelor expert cu sistemele software convenționale.

Autorii doresc să exprime pe această cale mulțumiri Directoratului General al Comunității Europene XII pentru cofinanțarea acestui proiect, cât și către municipalitatea din Verona pentru colaborarea în implementarea acestui proiect.

Bibliografie

1. **ALEXANDRU, A., HOGEA, S., JITARU, E., TRICĂ, A.:** Aspecte tehnice cu privire la sistemele expert pentru diagnoza tehnică și medicală. Raport de cercetare, ICI, 1993
2. **HARMON, P.:** Integration of Expert System with Conventional Information System. În: Proc. of the World Congress on Expert Systems, 1991
3. **IMAMURA, M.S., HELM, P., PALZ, W.:** Photovoltaic System Technology - An European Handbook, H.S. Stephens Assoc., UK, Oct. 1992
4. **MINAMI, E., MIYABE, V., DAIRIKI, O.:** ESTO: A Practical Environment for Industrial Diagnostic Systems. În: Proc. of the 3-rd Int. Conf. on Industrial & Engineering Applications of Artificial Intelligence & Expert Systems, Charleston, USA, 1990.
5. **PHAM, D.T.:** Expert System in Engineering, IFS Publication/Springer - Verlag, Berlin, 1988.
6. **ZAMBONI, G., ADAMI, G.:** Zambelli Stand-Alone PV Pilot Plant, The Achievement of High Efficiency and Reliability of Long-term Autonomous Operation and Development of Design Standards and Guidelines for Similar Applications, CEC JOULE II Programme, Semi-annual Report, Jan. 1994.