

Universitatea Politehnica București

Facultatea de Energetică

***CONTRIBUȚIE LA MANAGEMENTUL ACCIDENTELELOR ÎN CENTRALE
NUCLEAROELECTRICE***

- REZUMAT -

Conducator Științific: prof. dr. ing Ilie PRISECARU

Doctorand: Petre Cornel MIN

București 2020

CUPRINS:

INTRODUCERE	4
1. ELEMENTE PRIVIND MANAGEMENTUL URGENȚELOR RADIOLOGICE ȘI NUCLEARE ÎN ROMÂNIA	4
2. CALCULUL OPERATIONAL AL STRUCTURILOR CE DEFINESC SISTEMELE DE GESTIONARE A ACCIDENTELOR SEVERE	5
2.1. Aspecte generale	5
2.2. Modelarea sistemelor complexe	6
2.3. Aspecte specifice ale sistemelor considerate în cadrul managementului de securitate nucleară	6
3. METODA DE ANALIZĂ A SISTEMULUI DE MANAGEMENT, CULTURII DE SECURITATE ȘI A LEADERSHIPULUI ACESTORA	7
4. MODELUL SISTEMIC	7
5. ANALIZE UTILIZÂND MODELUL SISTEMIC	11
6. DEZVOLTAREA UNUI COD PRIVIND CALCULUL MODELULUI SISTEMIC UTILIZÂND ALGORITMUL EVOLUTIV	12
7. UTILIZAREA CODULUI "evolve2_prod_v.1.05.py"	12
8. OPTIMIZAREA PROCESULUI DE PLANIFICARE ȘI PREGĂTIRE PENTRU MANAGEMENTUL ACCIDENTELOR	13
8.1. Descrierea scenariului utilizat	13
8.2. Calcule de optimizare	14
8.3. Optimizarea	14
REFERINȚE	16
Bibliography	16
Works Cited	17

INTRODUCERE

Pregătirea pentru o situație de urgență radiologică a fost adesea făcută în mod izolat fără implicarea totală a organizațiilor naționale sau locale responsabile pentru răspunsul la urgențe convenționale, cum ar fi incendii, inundații sau furtuni. Cu toate acestea, aceste organizații joacă un rol important în timpul unei urgențe nucleare sau radiologice. Mai mult, o urgență poate implica activități criminale, cum ar fi terorism, trafic ilicit sau furt, caz în care răspunsul la urgență trebuie să fie realizat cu sprijinul Ministerului Public-Parchetul desemnat și în corelare cu prevederile planurilor, protocoalelor și dispozițiilor specifice, existente la nivelul Sistemului Național de Apărare, Ordine Publică și Securitate Națională.

În cele din urmă, există percepții greșite cu privire la riscurile de expunere la radiații iar aceste percepții pot conduce la decizii de luare a măsurilor și acțiunilor publice care fac mai mult rău decât bine. Pentru a se asigura un răspuns eficient în caz de accident radiologic și/sau nuclear și a evita confuziile și informațiile contradictorii pe timpul managementului acțiunilor de răspuns, este obligatorie definirea unui sistem integrat de răspuns care să fie incluse toate autoritățile și instituțiile responsabile.

1. ELEMENTE PRIVIND MANAGEMENTUL URGENTELOR RADIOLOGICE ȘI NUCLEARE ÎN ROMÂNIA

Scopul planificării și pregătire pentru urgență este acela de a asigura că o capacitate adecvată de organizarea, de a asigura resurse disponibile și de a acționa într-o manieră promptă și eficientă atât la nivel local, regional, național și, dacă este cazul, nivel internațional în caz de urgență nucleară sau radiologică pentru un set integrat de elemente de infrastructură care includ, dar nu se limitează la: autoritate și responsabilități; organizare și personal; coordonare; planurilor și a procedurilor; instrumente, echipamente și facilități; pregătire și exerciții.

Sistemul Național de Management al Situațiilor de Urgență se organizează conform legislației în vigoare pe toate cele trei nivelele: național, județean și local și are în compunere structuri decizionale, structuri executive și structuri operaționale.

Comitetului Național pentru Situații de Urgență sub coordonarea Primului-ministru și este un organism interministerial format din miniștri și conducători ai instituțiilor publice centrale, în funcție de tipurile de risc gestionate sau funcțiile de sprijin repartizate în competență în cadrul Sistemului Național de Management al Situațiilor de Urgență.

Ca și structură executivă la nivel național este organizat și funcționează Inspectoratul General pentru Situații de Urgență, ca organ de specialitate din subordinea Ministerului Afacerilor Interne care asigură coordonarea unitară și permanentă a activităților de prevenire, intervenția și gestionare a situațiilor de urgență.

Ca și structuri operaționale sunt organizate Centrul Național de Coordonare a Intervenției în cadrul Ministerului Afacerilor Interne și Centre operative pentru situații de urgență la cu rolul de a asigura suportul decizional al CNSU și subordonează operațional toate centrele operative și operaționale constituite în cadrul ministerelor și instituțiilor publice (Romaniei, HG 557/2016 privind managementul tipurilor de risc, 2016).

La nivelul județelor se constituie, sub conducerea prefectilor, Comitete Județene pentru Situații de Urgență. Serviciile publice comunitare profesioniste pentru situații de urgență, funcționează ca inspectorate județene și asigură în zonele de competență coordonarea, îndrumarea și controlul activităților de prevenire și gestionare a situațiilor de urgență.

La nivelul municipiilor, orașelor, sectoarelor municipiului București, precum și al comunelor sunt constituite, sub conducerea primarului Comitete Locale pentru Situații de Urgență.

Toți solicitanții/titularii de autorizație CNCAN din România trebuie să prezinte în vederea obținerii licenței de operare de la CNCAN aranjamente pentru planificarea pregătirea și răspunsul la urgență. Una dintre condițiile de autorizare este obligația solicitantului de autorizație de a stabili și menține propriul său sistem de răspuns pentru situații de urgență radiologică sau nucleară în conformitate cu SNMSU.

Operatorul unei instalații nucleare/radiologice care desfășoară activități cu surse este primul responsabil pentru limitarea consecințelor unui accident nuclear sau urgență radiologică. Acesta va notifica autoritățile și va oferi primele recomandări privind acțiunile de protecție pentru populație și mediul înconjurător. De asemenea, operatorul are obligația de a-și lua toate măsurile pentru limitarea consecințelor în cazul unui accident nuclear sau urgență radiologică în scopul protejării populației, mediului înconjurător, personalului și bunurilor. Operatorul unei instalații nucleare participă la intervenție prin implementarea măsurilor de protecție pe amplasament și prin punerea la dispoziția autorităților naționale forțele și mijloacele proprii de intervenție atunci când ii este solicitat.

Autoritățile naționale, componente ale SNMSU, participă la intervenție în afara amplasamentului instalațiilor nucleare/radiologice implementând măsuri de protecție și punând la dispoziție toate forțele și mijloacele declarate pentru răspunsul la situații de urgență pe domeniile proprii de competență și sprijină operatorului instalației unde evenimentul s-a produs în implementarea acțiunilor de limitare a consecințelor.

2. CALCULUL OPERATIONAL AL STRUCTURILOR CE DEFINESC SISTEMELE DE GESTIONARE A ACCIDENTELOR SEVERE

2.1. Aspecte generale

Definirea metodei de evaluare a interfețelor sistemelor componente ale unui sistem care descrie managementul situației de urgență.

Managementul situației de urgență poate fi considerat ca un sistem complex, constituit din elemente formate din următoarele categorii principale:

- sistemul care definește managementul unui accident sever și limitarea / eliminarea urmărilor acestuia (SY_MAN);
- sistemul care definește cultura de securitate a celor care trebuie să implementeze sistemul SY_MAN (SY_SC);

- sistemul care definește capacitatea de a asigura o conducere adecvata a celorlalte două sisteme SY_MAN și SY_SC “leadership” (SY_LEAD) (MIN & Serbanescu, Systematic Approach on Human and Organizational Factors in the Nuclear Power Plants Emergency Management, 2017).

Fiecare dintre aceste sisteme au caracteristici foarte diferite

- SY_MAN are componente tehnice, rezultate din analize folosind drept criterii funcții cum este cea de Risc dar gestionate după un sistem de proceduri și interfețe definite foarte clar;
- SY_SC are componente de tip calitativ și reflectă gradul de pregătire real al membrilor echipelor care implementează SY_MAN de a gestiona situațiile de accident;
- SY_LEAD are un caracter și mai subiectiv, de multe ori preponderent psihologic și de aptitudini ale celor ce conduc procese în SY_MAN și care sunt capabili să genereze stări pozitive SY_SC și să obțină rezultatele scontate. (Min Petre, 2017)

2.2. Modelarea sistemelor complexe

Un sistem de management poate fi descris prin utilizarea de metode specifice teoriei sistemelor. Una din componente ale acestei abordări este descrierea părților structurale și de interacție ale sistemului de management sub formă matriceală.

Astfel matricea $[M_{ij}]$ descrie un sistem de management având două categorii de componente:

- Componentele care descriu partea de elemente constitutive (cele notate cu indexul « i ») ca în figură și componentele care descriu procesele și integrațiile între elemente (cele notate cu indexuri « j ») în figură 1. Structura unui sistem de management
- Utilizarea teoriei sistemelor prin utilizarea calcului matriceal duce la rezultate rapide, repetabile și verificabile cu multe avantaje față de deciziile multicriteriale și analizele tip expert.

Pentru un sistem de management nuclear caracteristice i și j derivă din descrierile și cerințele standardelor în vigoare..

2.3. Aspecte specifice ale sistemelor considerate în cadrul managementului de securitate nucleară

Scopul principal al sistemului de management este de a realiza și de a crește securitate nucleara a instalației, astfel încât să fie asigurate următoarele obiective :

- (i) Reunirea într-o manieră coerentă a tuturor cerințelor de gestionare a organizației;
- (ii) Descrierea acțiunilor planificate și sistematice necesare pentru a asigura încrederea corespunzătoare în faptul că toate aceste cerințe sunt îndeplinite;
- (iii) Asigurarea faptului ca sănătatea, protecția mediului, cerințele de calitate și cele economice nu sunt considerate separate, ci împreună cu cerințele de securitate nucleară. Securitatea nucleara va fi considerata primordiala în cadrul sistemului de management.

3. METODA DE ANALIZĂ A SISTEMULUI DE MANAGEMENT, CULTURII DE SECURITATE ȘI A LEADERSHIPULUI ACESTORA

Un sistem de management poate fi descris prin utilizarea de metode specifice teoriei sistemelor. Una din componente ale acestei abordări este descrierea părților structurale și de interacție ale sistemului de management sub forma matriceală.

Analiza managementul situației de urgență, considerat ca un sistem complex se face considerând că acesta este constituit dintr-un sistem definind managementul unui accident sever și limitarea/eliminarea urmărilor acestuia (SY_MAN), un sistem definind cultură de securitate a celor care trebuie să implementeze sistemul de management SY_MAN (SY_SC) și un sistem definind capacitatea de a asigura o conducere adecvată a celorlalte două sisteme (“leadership”) SY_LEAD.

Metoda de analiză aleasă este una sistemică, care tratează interacțiunea părților componente în scopul definirii elementelor sensibile, a verigilor slabe, care necesită o mai mare atenție în vederea îmbunătățirii lor.

4. MODELUL SISTEMIC

Pornind de la organizarea sistemului național de management al situațiilor de urgență și utilizarea metodei de analiză prezentate la capitolul 3, analiza managementul accidentelor severe, s-a considerat că sistem complex este constituit din următoarele sisteme:

- (i) Un sistem care reprezintă reglementarea și controlul domeniului nuclear (nivelul 0)
- (ii) Un sistem care gestionează răspunsul la urgență la nivelul agentului economic care operează instalația (nivelul 1),
- (iii) Un sistem care gestionează răspunsul în afara amplasamentului la nivelul local, județean și național (nivelul 2), și
- (iv) Un sistem care definește situațiile de urgență ipotetice (perturbația) și care ar activa celelalte trei sisteme.

Abordarea sistemică se reflectă în faptul că aceste sisteme se descriu sub forma de matrici (definind structura lor) (MIN, Key Factors of the National Emergency Management System, 2019). Interacțiunea lor este descrisă prin compunerea acestor structuri prezentate sub formă matricială, după regulile calculului operațional. Similar perturbațiile din exterior sunt descrise de vectori, iar impactul acestora asupra structurilor se descrie matematic prin compunerea vectorilor și matricilor de structură.

Utilizând abordarea sistemică și anume definirea elementelor matricilor de structura și a vectorului de perturbație se definește calculul matricial:

$$\text{Pasul 1: } MS_{\text{nivel0}} \times V_{\text{perturbație}} = V_{\text{input1}}$$

$$\text{Pasul 2: } MS_{\text{nivel1}} \times V_{\text{input1}} = V_{\text{input2}}$$

$$\text{Pasul 3: } MS_{\text{nivel2}} \times V_{\text{input2}} = V_{\text{input3}}$$

Se definește matricea de structură de forma prezentată în formula 1 și inputul care este un vector numit vector de perturbație denumit în continuare V_{IN} sunt definite de formulele (2)

$$(MS) = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2n} \\ m_{m1} & m_{m2} & \dots & m_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$(VIN) = \begin{pmatrix} vin1 \\ vin2 \\ vin3 \\ vin4 \\ vin5 \\ vin6 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Matricea de structură pentru nivelul 0 descrie sistemul care reprezintă organismului de reglementare și control al activităților nucleare, în speță CNCAN, cu rol și atribuții pe toate domeniile sistemului de management al situațiilor de urgență și anume atât pentru prevenirea situațiilor de urgență cât și răspunsul la situațiile de urgență.

Acest rol și atribuții sunt implementate prin două mecanisme. Primul presupune instituirea și aplicarea unui mecanism de control în vederea menținerii standardelor de securitate nucleară (IAEA, The management System for Nuclear Installations, 2009). Cel doilea presupune instituirea și aplicarea unui mecanism de răspuns la urgență, mecanism ce are în vedere controlul asupra răspunsului pe amplasament, asigurarea tranziției de la răspunsul pe amplasament la răspunsul în afara amplasamentului și suportul decizional pentru măsurile de protecției din afara amplasamentului.

Matricea de structură MS_0 este formată din combinarea elementelor ce descriu mecanismul de prevenire și elementele ce descriu mecanismul de răspuns așa cum este prezentat în formula (3), cu "r" sunt notate elementele de răspuns și cu "p" elementele de prevenire.

$$(MS_{nivel\ 0}) = \begin{pmatrix} r1p1 & r1p2 & r1p3 & r1p4 & r1p5 & r1p6 \\ r2p1 & r2p2 & r2p3 & r2p4 & r2p5 & r2p6 \\ r3p1 & r3p2 & r3p3 & r3p4 & r3p5 & r3p6 \\ r4p1 & r4p2 & r4p3 & r4p4 & r4p5 & r4p6 \\ r5p1 & r5p2 & r5p3 & r5p4 & r5p5 & r5p6 \\ r6p1 & r6p2 & r6p3 & r6p4 & r6p5 & r6p6 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Rezultatul compunerii MS_0 și $V_{perturbație}$ este Vectorul input pentru nivelul 1 care va arăta ca în formula 4.

$$V_{nivel\ 1} = \begin{pmatrix} r1p1 & r1p2 & r1p3 & r1p4 & r1p5 & r1p6 \\ r2p1 & r2p2 & r2p3 & r2p4 & r2p5 & r2p6 \\ r3p1 & r3p2 & r3p3 & r3p4 & r3p5 & r3p6 \\ r4p1 & r4p2 & r4p3 & r4p4 & r4p5 & r4p6 \\ r5p1 & r5p2 & r5p3 & r5p4 & r5p5 & r5p6 \\ r6p1 & r6p2 & r6p3 & r6p4 & r6p5 & r6p6 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} v01 \\ v02 \\ v03 \\ v04 \\ v05 \\ v06 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v11 \\ v12 \\ v13 \\ v14 \\ v15 \\ v16 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Matricea de structura pentru nivelul 1 și anume amplasamentului instalației nucleare este definită prin compunerea de elemente ce reprezintă organizația de răspuns la urgență pe amplasament notate cu "o" și elementele planului de răspuns la urgență pe amplasament notate cu "p", ne rezultă matricea de intermediară MCR așa cum este prezentată în formula (5) (MIN, Key Factors of the National Emergency Management System, 2019) și prin compunerea elementelor ce reprezintă organizația de răspuns la urgență pe amplasament și elementele ce reprezintă resursele pe amplasament notate cu "r", rezultă a doua matrice intermediară pentru nivelul 1 MCA așa cum este prezentată în formula (6) (MIN, Key Factors of the National Emergency Management System, 2019). Din compunerea celor două matrice intermediare va rezulta matricea de structură MS1 prezentată în formula (7).

$$\begin{pmatrix} o1p1 & o1p2 & o1p3 & o1p4 & o1p5 & o1p6 \\ o2p1 & o2p2 & o2p3 & o2p4 & o2p5 & o2p6 \\ o3p1 & o3p2 & o3p3 & o3p4 & o3p5 & o3p6 \\ o4p1 & o4p2 & o4p3 & o4p4 & o4p5 & o4p6 \\ o5p1 & o5p2 & o5p3 & o5p4 & o5p5 & o5p6 \\ o6p1 & o6p2 & o6p3 & o6p4 & o6p5 & o6p6 \end{pmatrix} = \text{MCR} \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} o1r1 & o1r2 & o1r3 & o1r4 & o1r5 & o1r6 \\ o2r1 & o2r2 & o2r3 & o2r4 & o2r5 & o2r6 \\ o3r1 & o3r2 & o3r3 & o3r4 & o3r5 & o3r6 \\ o4r1 & o4r2 & o4r3 & o4r4 & o4r5 & o4r6 \\ o5r1 & o5r2 & o5r3 & o5r4 & o5r5 & o5r6 \\ o6r1 & o6r2 & o6r3 & o6r4 & o6r5 & o6r6 \end{pmatrix} = \text{MCA} \quad (6)$$

$$(M_{S_{\text{nivel } 1}}) = \text{MCR} \times \text{MCA} = \begin{pmatrix} o1s1 & o1s2 & o1s3 & o1s4 & o1s5 & o1s6 \\ o2s1 & o2s2 & o2s3 & o2s4 & o2s5 & o2s6 \\ o3s1 & o3s2 & o3s3 & o3s4 & o3s5 & o3s6 \\ o4s1 & o4s2 & o4s3 & o4s4 & o4s5 & o4s6 \\ o5s1 & o5s2 & o5s3 & o5s4 & o5s5 & o5s6 \\ o6s1 & o6s2 & o6s3 & o6s4 & o6s5 & o6s6 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Prin compunerea matricei de structură pentru nivelul 1 descrisă prin formula 7 și vectorului input pentru nivelul 1 descris la (4) se obține vectorul input pentru nivelul 2 descris de formula (8), anume vectorul input pentru nivelul următor.

$$(V_{\text{nivel } 1}) \times (M_{S_{\text{nivel } 1}}) = (V_{\text{nivel } 2}) \quad (8)$$

$$V_{\text{nivel } 2} = \begin{pmatrix} v21 \\ v22 \\ v23 \\ v24 \\ v25 \\ v26 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Sistemul care definește răspunsul în afara amplasamentului, nivelul 2, conține următoarele aspecte:

- Elementele ce definesc principalele componente ale SNMSU notate cu "c"
- Elementele ce definesc resursele necesare SNMSU notate cu "r"
- Elementele ce definesc planul de răspuns în afara amplasamentului notate cu "a"

Se definește prima matrice intermediară pentru nivelul 2, $MI_{1\text{ nivel }2}$, prin compunerea elementelor *SNMSU principalele componente* și elementele *SNMSU resurse*. Matricea $MI_{1\text{ nivel }2}$ este descrisă de formula (10) (MIN, Key Factors of the National Emergency Management System, 2019).

$$(MI_{1\text{ nivel }2}) = \begin{pmatrix} c1r1 & c1r2 & c1r3 & c1r4 & c1r5 & c1r6 \\ c2r1 & c2r2 & c2r3 & c2r4 & c2r5 & c2r6 \\ c3r1 & c3r2 & c3r3 & c3r4 & c3r5 & c3r6 \\ c4r1 & c4r2 & c4r3 & c4r4 & c4r5 & c4r6 \\ c5r1 & c5r2 & c5r3 & c5r4 & c5r5 & c5r6 \\ c6r1 & c6r2 & c6r3 & c6r4 & c6r5 & c6r6 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Se definește a doua matrice intermediară pentru nivelul 2, $MI_{2\text{ nivel }2}$, prin compunerea elementelor *SNMSU principalele componente* și elementele *SNMSU planul de răspuns la urgență în afara amplasamentului*. Matricea $MI_{2\text{ nivel }2}$ este descrisă de formula (11) (MIN, Key Factors of the National Emergency Management System, 2019).

$$(MI_{2\text{ nivel }2}) = \begin{pmatrix} c1a1 & c1a2 & c1a3 & c1a4 & c1a5 & c1a6 \\ c2a1 & c2a2 & c2a3 & c2a4 & c2a5 & c2a6 \\ c3a1 & c3a2 & c3a3 & c3a4 & c3a5 & c3a6 \\ c4a1 & c4a2 & c4a3 & c4a4 & c4a5 & c4a6 \\ c5a & c5a2 & c5a3 & c5a4 & c5a5 & c5a6 \\ c6a1 & c6a2 & c6a3 & c6a4 & c6a5 & c6a6 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Matricea de structură pentru nivelul 2 este definită prin combinarea primei matricei intermediare de nivel 2, $MI_{1\text{ nivel }2}$ și cea de a doua matrice intermediară pentru nivelul 2, $MI_{2\text{ nivel }2}$, rezultatul este descris de formula (12) (MIN, Key Factors of the National Emergency Management System, 2019).

$$MI_1 \times MI_2 = \begin{pmatrix} s11 & s12 & s13 & s14 & s15 & s16 \\ s21 & s22 & s23 & s24 & s25 & s26 \\ s31 & s32 & s33 & s34 & s35 & s36 \\ s41 & s42 & s43 & s44 & s45 & s46 \\ s51 & s52 & s53 & s54 & s55 & s56 \\ s61 & s62 & s63 & s64 & s65 & s66 \end{pmatrix} = MS_{\text{nivel }2} \quad (12)$$

Vectorul final este obținut prin compunerea formulei (12) matricea de structură nivel 2 și formula (9) vectorul input pentru nivelul doi așa cu este descris în formula (13)

$$\begin{pmatrix} s11 & s12 & s13 & s14 & s15 & s16 \\ s21 & s22 & s23 & s24 & s25 & s26 \\ s31 & s32 & s33 & s34 & s35 & s36 \\ s41 & s42 & s43 & s44 & s45 & s46 \\ s51 & s52 & s53 & s54 & s55 & s56 \\ s61 & s62 & s63 & s64 & s65 & s66 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} V21 \\ V22 \\ V23 \\ V24 \\ V25 \\ V26 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V31 \\ V32 \\ V33 \\ V34 \\ V35 \\ V36 \end{pmatrix} = V_{\text{final}} \quad (13)$$

Pe mai departe, utilizând modelul sistemic descris în acest capitol se propune studierea legăturilor între elementele descrise la toate nivelurile în raport cu vectorul final și efectuarea de analize de sensibilitate. Scopul studiului este de a demonstra că modelul sistemic funcționează și poate să fie utilizat pentru identificarea elementelor sensibile și mai ales pentru optimizarea proceselor.

5. ANALIZE UTILIZÂND MODELUL SISTEMIC

Acest capitol este dedicat studierii comportamentului sistemului variabil care definește situațiile de urgență ipotetice.

Pentru această cercetare, pentru a realiza cu ușurință calculele ce trebuie realizate pentru a studia comportamentul elementelor în funcție de perturbație, a fost dezvoltat Codul "SNMSU_NUMERIC", codul utilizează calcul matricial și este scris în programul MATLAB.

Utilizând codul SNMSU_NUMERIC s-au efectuat 3 analize:

- a) calibrarea de baza;** în studierea cazurilor (scenariilor) stabilite s-a avut în vedere evaluarea marjelor maxime de variație fără a considera sensul unor modificări de structură care să aibă o anumită semnificație pentru studiu - strict matematic maxim/minim de variație posibilă).

Calibrarea de bază presupune evaluarea marjelor maxime de variație fără a considera sensul unor modificări de structură care să aibă o anumită semnificație pentru studiu arată - *strict matematic variație posibilă minim-maxim*

Marja de variație a rezultatelor arată că :

Metoda funcționează matematic și

a. rezultatele au sens ca operații de calcul

b. metoda dă rezultate stabile

c. variațiile coordonate ale unor categorii de criterii (o coloana întreaga de exemplu) are un impact mai mic decât o variație în mozaic a caracteristicilor din tabel

Variațiile au o plajă foarte mare și trebuie alese cazuri care să aibă sens fizic pentru a putea trage concluzii corelate cu situații apropiate de cele reale

- b) cazurile de referință:** presupune evaluarea variațiilor în situațiile considerate cele mai credibile - *variația nu este strict matematică ci arată impactul structurilor în cazul unor perturbații considerate cele mai credibile*

Marja de variație a rezultatelor confirmă concluziile generale de la cazurile de rulare de tip I (calibrare de bază) și arată că:

- Prin alegerea de cazuri care au sens (cazurile 1 și 2) rezultatele confirmă că:
 - Influența elementelor MSO la nivelul amplasamentului este importantă și poate duce la diminuarea impactului negativ, cu atât mai mult cu cât perturbațiile asupra sistemului (evenimentele inițiatore) sunt mai severe
 - Impactul acțiunilor MSO este mai mic în cazul unor perturbații care necesită reacții în afara amplasamentului.
- Situațiile cele mai defavorabile, ca eficiența redusă a acțiunii MSO, sunt cele în care structura este nu neapărat foarte proastă pentru o singură categorie de criterii, ci atunci când are slăbiciuni de diverse naturi (structura este de tip *svaiter*) și mai mari decât în cazurile standard

c) **analize de sensibilitate:** presupune evaluarea impactului unor modificări complexe ale variațiilor în situațiile considerate cele mai credibile. *Se arată că rezultatele analizelor de sensibilitate confirmă concluzia de la categoria II, cazurile de referință și o confirmă pentru orice configurație/structură în care avem multe slăbiciuni de diverse naturi, pentru diverse criterii care duc la cele mai grele situații de impact negativ asupra controlului managementului de urgență.*

6. DEZVOLTAREA UNUI COD PRIVIND CALCULUI MODELULUI SISTEMIC UTILIZÂND ALGORITMUL EVOLUTIV

Codul denumit *evolve2_prod_v.1.05.py* a fost dezvoltat ca o aplicație în codul PYTHON utilizând operații cu matrici și care rulează pe o platformă Linux pe care este instalat limbajul de programare Python.

Aplicația a fost dezvoltată utilizând conceptul de calcul evolutiv pentru modelul sistemic dezvoltat la capitolul 4 în vederea obținerii unui mecanism de optimizare în vederea identificării celor mai bune soluții pentru anumite condiții date ale sistemelor descrise în cadrul sistemului complex.

Calculul evolutiv este o subramură a Inteligenței Artificiale care cuprinde paradigma soft-computing pentru rezolvarea de probleme în domenii precum învățarea automată, proiectarea sistemelor complexe precum și optimizarea. Acești algoritmi evolutivi sunt algoritmi probabilistiți cu precădere din biologie și au în comun următoarele elemente:

- Mențin o *populație* de reprezentări de *soluții candidat*
- Care evoluează de-a lungul unor *generații/iterații*
- Sunt sub controlul unei *funcții fitness* care măsoară meritul individual

Terminologia și conceptele privind elemente de calcul evolutiv au fost preluate din documentația de specialitate (Eiben), (Back, 1996).

7. UTILIZAREA CODULUI ”evolve2_prod_v.1.05.py”

Pentru cercetarea realizată nu s-a avut în vedere rularea unui scenariu specific ci demonstrarea funcționalității acestui cod, scopul principal fiind realizarea optimizării managementului planificării, pregătirii și răspunsului la urgență pe amplasamentului dar și optimizarea planificării, pregătirii și răspunsului la urgență în afara amplasamentului în vederea obținerii beneficiului maxim pentru condiții date. Au fost atribuite calificative aleatorii pentru

elementele ce descriu matricile de structura nivel 0 și vectorului de perturbație. Matricile intermediare de la nivel 1 și 2 fiind determinate de către program.

În urma rulării codului au fost selectate 5 generații începând cu prima generație care a satisfăcut condiția prag (threshold) și anume primele 20 scoruri să fie sub pragul stabilit (15%).

De menționat că programul a identificat o multitudine de generații care au îndeplinit condiția dar au fost ales primele 5 pentru a vedea dacă metoda funcționează din punct de vedere matematic, utilizând acest cod. Din analiza rezultatelor se poate observa că metoda dă rezultate stabile. Folosind această abordare, se asigură o convergență mai rapidă a algoritmului către acele soluții care satisfac condiția de prag stabilită.

Pe lângă rapiditatea găsirii soluțiilor de optimizare, acest program poate să găsească soluții rapide pentru situații în care anumite elemente ale matricelor de structură nu pot fi modificate în sens pozitiv. O altă concluzie majoră este că acest program oferă soluții de optimizare și pentru situațiile în care elementele pot fi modificate doar într-o singură matrice de structură sau în combinații de două matrice de structură, de asemenea și pentru situații de evenimente multiple sau combinații de evenimente.

8. OPTIMIZAREA PROCESULUI DE PLANIFICARE ȘI PREGĂTIRE PENTRU MANAGEMENTUL ACCIDENTELOR

Luând în considerare cercetările efectuate și concluzia că modelul sistemic funcționează și poate fi utilizat, modelul dezvoltat utilizând algoritmi evolutivi își propune să susțină deciziile ce stau la baza procesului privind controlului accidentelor în limitele proiectului, managementului accidentelor severe, minimizarea eliberării radioactivității din instalației și minimizarea consecințelor radiologice.

Plecând de la premisa că acest model stabilește o metodă/un mod de analiză ce tratează interacțiunea părților componente la toate nivelurile sistemului de management în scopul definirii elementelor sensibile, a verigilor slabe care necesită o mai mare atenție în vederea îmbunătățirii lor, consider că modelul ar putea fi folosit în cadrul operării unei instalației nucleare în vederea asigurării și demonstrării securității și siguranței nucleare în aplicarea conceputului de Protecție în adâncime, nivelurile 3, 4 și 5.

Utilizarea Modelul sistemic, în vederea aplicării principiului optimizării, are drept scop identificarea celor mai bune soluții de pregătire, planificare și implementare a răspunsului la accidente nucleare și reducerea a consecințelor radiologice atât pe amplasamentul instalației cât și în afara amplasamentului instalației. Prin rularea codului se caută cea mai bună soluție, optimizată, în ceea ce privește organizarea, resursele, acțiunile care definesc planificarea și pregătirea atât pe amplasament cât și în afara amplasamentului instalației nucleare.

8.1. Descrierea scenariului utilizat

Din documentația de specialitate și anume, analize probabiliste al CNE, pentru studiu, am propus un scenariu al unui accident sever din care să rezulte expunerea unei persoane aflate în afara zonei de excludere a unei instalații nucleare CANDU la valori mai mari față nivelurile de referință stabilite în legislația românească pentru probabilitatea de apariție a efectelor

deterministice și stochastice. Acest scenariu este relevant pentru planificarea/pregătirea răspunsului la un accident sever.

Scenariu conține următoarele ipoteze:

- Evenimentul de inițiere este pierderea agentului de răcire în moderator (INCLOCA)
- Izolarea anvelopei este pierdută pentru 24 ore. Se presupune o deschidere a ecluzei de echipamente de 0.03m
- Sistemul de răcire la avarie a zonei active (ECC) disponibil pentru treapta de înaltă (HPECC) și medie presiune (MPECC)

8.2. Calcule de optimizare

În vederea realizării optimizării, programul a fost rulat alegând în mod aleatoriu pragul care să satisfacă condițiile de acceptare. Inițial codul a fost rulat cu un prag stabilit la 10% și s-a constatat că în urma rulării, codul a generat o singură variantă de optimizare care să îndeplinească condiția prag.

Pentru pragul de 15% codul a generat peste 200 de variante, diverse combinații pentru elementele matricilor care compun MS_{nivel1} și MS_{nivel2} .

8.3. Optimizarea și concluzii

Nu s-a luat în considerare pragul de 10% deoarece o singură variantă reprezintă o limitare prea mare pentru optimizare. Dacă anumite elemente ale matricelor ce definesc matricile de structură MS_{nivel1} și MS_{nivel2} , nu pot satisface condițiile stabilite, rezultă că această variantă nu poate fi aplicabilă. O singură variantă de optimizare nu conduce la soluții de implementare.

Varianta aleasă pentru optimizarea pregătirii, planificării și răspunsului atât pe amplasament cât și în afara amplasamentului în cazul celui mai grav accident sever, a fost cea mai bună variantă generată de cod cu pragul de 15% răspunsului.

Pentru realizarea optimizării trebuie avute în vedere următoarele:

- Elemente privind organizația de răspuns la urgență pe amplasament Dispecerul Sef de Tură DST, Echipa de Răspuns la Urgență pe amplasament ERU și Unitatea de Protecție Fizică UPF. sunt elemente cheie în implementarea răspunsului pe amplasament. Atât DST cât și ERU nu pot fi înlocuite/suținute de alte resurse de aceea trebuie avut în vedere ca programul de resurse umane și programul de pregătire dedicat ERU și DST să fie dezvoltate la un standard superior. De asemenea, resursele utilizate de către aceștia trebuie să aibă un nivel foarte ridicat.
- Elemente privind organizația de răspuns la urgență pe amplasament Unitatea de Comanda și Control UCC și grupul Suport tehnic GST sunt elementele minore, se poate observa că slăbiciunea acestor elemente este compensată de elementele cheie. Trebuie avut în vedere că doar unul din cele două elemente poate să aibă un nivel nesatisfăcător astfel încât să se poată asigura compensarea.

- Elemente privind organizația de răspuns la urgență pe amplasament Directrul Urgenței DU nu sunt elemente dominate pentru acțiunile de reducere a consecințelor pe amplasament dar pot fi elemente dominante în coordonarea cu răspusul în afara amplasamentului. De aceea, dezvoltarea de programe de pregătire dedicate pentru DU mai ales pentru răspunsul la urgență pe amplasament și în afara amplasamentului sunt necesare pentru a realiza optimizarea. Resursele și în acest caz trebuie să fie la un nivel ridicat.
- Elementele care descriu implementarea planului de răspuns în afara amplasamentului trebuie să fie stabile, aceasta presupune ca legislația să nu fie modificată foarte des. Orice modificare conduce la varierea acestor elemente. Pentru aceasta, o strategie de reglementare pe termen lung trebuie să fie agreată și aprobată la nivelul organismului de reglementare și control.
- Elementele care descriu componentele SNMSU sunt elemente dominante, trebuie avut în vedere dezvoltarea de programe de pregătire la standarde superioare și asigurarea resurselor instituțiilor care dau aceste componente. Programe de cultură de securitate sunt obligatoriu de implementat în instituțiile care compun SNMSU

Ca perspectivă, studiul inițiat în această teză de doctorat poate fi extins prin:

- Dezvoltarea unui cod de calcul care să fie utilizat în procesul de luare a deciziilor în timpul situațiilor de urgență, aplicând un proces de optimizare pentru identificarea celei mai bune soluții de decizie luând în considerare elementele care definesc situația de urgență și diverse incertitudini.

REFERINȚE

- [1] Min P, Managementul urgențelor radiologice și nucleare în România, Februarie 2016, UPB
- [2] Min P, Factori cheie în Sistemul Național de Management al Situațiilor de Urgență, Iunie 2018, UPB
- [3] Min P, Studiu de caz privind impactul acțiunilor CNCAN pe amplasament sau în afara amplasamentului utilizând modelul sistemic pentru managementului situațiilor de urgență nucleară, Sept 2019, UPB
- [4] Min P, Aplicarea algoritmului evolutiv în modelului sistemic pentru managementului situațiilor de urgență nucleară, ian 2020, UPB
- [5] IAEA Safety Standards - The Management System for Nuclear Installations, No. GS-G-3.5 Safety Guide
- [6] IAEA General Safety Requirement-Fundamentals Safety, GSR part 1
- [7] IAEA General Safety Requirement-Leadership and Management for Safety, GSR part 2
- [8] http://inf.ucv.ro/documents/cstoean/c6IA_14.pdf
- [9] <http://andrei.clubcisco.ro/cursuri/5master/sptm/curs/Algoritmi%20genetici.pdf>
- [10] <http://students.info.uaic.ro/~vladut.ungureanu/Algoritmi-genetici-ID.pdf>
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_algorithm
- [12] <https://towardsdatascience.com/introduction-to-evolutionary-algorithms-a8594b484ac>
- [13] <https://pathmind.com/wiki/evolutionary-genetic-algorithm>
- [14] [https://en.wikipedia.org/wiki/Python_\(programming_language\)_m](https://en.wikipedia.org/wiki/Python_(programming_language)_m)
- [15] <http://code.activestate.com/recipes/121574-matrix-vector-multiplication/>
- [16] https://ro.wikipedia.org/wiki/Func%C8%9Bie_hash
- [17] <https://profs.info.uaic.ro/~fliacob/An2/2012-2013/Resurse/Relative%20la%20Matlab/Elemente%20de%20Matlab.pdf>

Bibliography

- Agency, I. A. (2018). *A Framework for a Integrated Risk Inform Decision Making Process*. Vienna: IAEA.
- Back, T. (1996). *Evolutionary Algorithms in Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.
- CNCAN, M. (2018). *Regulamentul privind gestionarea situatiilor de urgenta specifice riscului nucear sau radiologic*. Bucuresti: Monitorul oficial al Romaniei.

Eiben, A. S. (n.d.). *Introduction to Evolutionary Computin.*

<http://www.qreferat.com/referate/informatica/INTRODUCERE-IN-MATLAB239.php>. (n.d.).

IAEA. (2009). *The management System for Nuclear Installations*. Vienna: IAEA.

IAEA. (2015). *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

Min P, S. D. (2015). *CNCAN Emergency Action Levels procedure, Guidance on use of the EAL*. Vienna: IAEA.

Min P, S. D. (2019). *On activities in the risk management in the nuclear activities field in romania.*. Bucuresti: DRMKC Annual Seminar.

Min Petre, D. S. (2017). *Systematic Approach on Humman and Organizational Factors in the Nuclear Power Plants*. SIEN. 2017: SIEN.

MIN, P. (2019). *Key Factors of the National Emergency Management System*. Bucharest: European Safety, Reliability & Data Association.

MIN, P., & Serbanescu, D. (2017). *Systematic Approach on Human and Organizational Factors in the Nuclear Power Plants Emergency Management*. Bucuresti.

Romaniei, G. (2004). *OUG 21/2004 privind Sistemul National de management al Situatiilor de Urgenta*. Bucuresti: Monitorul Oficial al Romaniei.

Romaniei, G. (2016). *HG 557/2016 privind managementul tipurilor de risc*. Bucuresti: Monitorul Oficial al Romaniei.

Serbanescu, D. (2016). *On Some Issues related to the Models of Human and Organizational Factors and their Use in he Decision making process*. *Safety Culture conference*. Vienna: IAEA.

Serbanescu, D. (2018). *Selected topics on safety issues for some complex systems*. Bucharest: Lap Lamber Academic.

Serbanescu, D. (May 2015). *Selected topics in risk analyses for some energy systems*, . Lambert, .

Works Cited

Agency, I. A. (2018). *A Framework for a Integrated Risk Inform Decision Making Process*. Vienna: IAEA.

- Back, T. (1996). *Evolutionary Algorithms in Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.
- CNCAN, M. (2018). *Regulamentul privind gestionarea situatiilor de urgenta specifice riscului nuclear sau radiologic*. Bucuresti: Monitorul oficial al Romaniei.
- Eiben, A. S. (n.d.). *Introduction to Evolutionary Computing*.
<http://www.qreferat.com/referate/informatica/INTRODUCERE-IN-MATLAB239.php>. (n.d.).
- IAEA. (2009). *The management System for Nuclear Installations*. Vienna: IAEA.
- IAEA. (2015). *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Min P, S. D. (2015). *CNCAN Emergency Action Levels procedure, Guidance on use of the EAL*. Vienna: IAEA.
- Min P, S. D. (2019). *On activities in the risk management in the nuclear activities field in romania,*. Bucuresti: DRMKC Annual Seminar.
- Min Petre, D. S. (2017). *Systematic Approach on Humman and Organizational Factors in the Nuclear Power Plants*. SIEN. 2017: SIEN.
- MIN, P. (2019). *Key Factors of the National Emergency Management System*. Bucharest: European Safety, Reliability & Data Association.
- MIN, P., & Serbanescu, D. (2017). *Systematic Approach on Human and Organizational Factors in the Nuclear Power Plants Emergency Management*. Bucuresti.
- Romaniei, G. (2004). *OUG 21/2004 privind Sistemul National de management al Situatiilor de Urgenta*. Bucuresti: Monitorul Oficial al Romaniei.
- Romaniei, G. (2016). *HG 557/2016 privind managementul tipurilor de risc*. Bucuresti: Monitorul Oficial al Romaniei.
- Serbanescu, D. (2016). *On Some Issues related to the Models of Human and Organizational Factors and their Use in he Decision making process*. *Safety Culture conference*. Vienna: IAEA.
- Serbanescu, D. (2018). *Selected topics on safety issues for some complex systems*. Bucharest: Lap Lamber Academic.
- Serbanescu, D. (May 2015). *Selected topics in risk analyses for some energy systems*, . Lambert, .