

Managementul riscului
Tehnici de evaluare a riscurilor

Risk management
Risk assessment techniques

Gestion des risques
Techniques d'évaluation des risques

APROBARE

Aprobat de Directorul General al ASRO la 24 decembrie 2010
Standardul european EN 31010:2010 are statutul unui standard român

CORESPONDENȚĂ

Acest standard este identic cu standardul european
EN 31010:2010

This standard is identical with the European Standard
EN 31010:2010

La présente norme est identique à la Norme européenne
EN 31010:2010

**Managementul riscului
Tehnici de evaluare a riscurilor
(CEI/ISO 31010:2009)**

Risk management -
Risk assessment techniques
(IEC/ISO 31010:2009)

Gestion des risques -
Techniques d'évaluation des
risques
(CEI/ISO 31010:2009)

Risikomanagement -
Verfahren zur Risikobeurteilung
(IEC/ISO 31010:2009)

Acest standard european a fost adoptat de CENELEC la 2010-05-01.

Membrii CENELEC sunt obligați să respecte Regulamentul Intern CEN/CENELEC care stipulează condițiile în care acestui standard european i se atribuie statutul de standard național, fără nici o modificare.

Listele actualizate și referințele bibliografice referitoare la aceste standarde naționale pot fi obținute pe bază de cerere către Secretariatul Central sau orice membru CENELEC.

Acest standard european există în trei versiuni oficiale (engleză, franceză, germană). O versiune în oricare altă limbă, realizată prin traducere sub responsabilitatea unui membru CENELEC, în limba sa națională și notificată Secretariatului Central, are același statut ca și versiunile oficiale.

Membrii CENELEC sunt comitete naționale electrotehnice din: Austria, Belgia, Bulgaria, Cipru, Croația, Danemarca, Elveția, Estonia, Finlanda, Franța, Germania, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburg, Malta, Marea Britanie, Norvegia, Olanda, Polonia, Portugalia, Republica Cehă, România, Slovacia, Slovenia, Spania, Suedia și Ungaria.

CENELEC

COMITETUL EUROPEAN DE STANDARDIZARE ÎN ELECTROTEHNICĂ

European Committee for Electrotechnical Standardization

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Europäisches Komitee für Electrotechnische Normung

Secretariat Central: avenue Marnix 17, B - 1000 Bruxelles

Preambul

Textul documentului 56/1329/FDIS, reprezentând viitoarea ediție 1 a CEI/ISO 31010, elaborat de CEI TC 56, Siguranța în funcționare și de grupul de lucru "Managementul riscului" al ISO TMB a fost supus votului paralei CEI-CENELEC și a fost aprobat de CENELEC ca EN 31010 la 2010-05-01.

Se atrage atenția asupra posibilității ca anumite elemente din acest standard să facă obiectul drepturilor de proprietate intelectuală sau similare. CEI și CENELEC nu pot fi făcute responsabile pentru neidentificarea acestor drepturi și nesemnălarea existenței lor.

Au fost stabilite următoarele date:

- data limită la care EN trebuie să fie preluat la nivel național prin publicarea unui standard național identic sau prin ratificare (dop) 2011-02-01
- data limită la care standardele naționale care contravin EN trebuie anulate (dow) 2013-05-01

Anexa ZA a fost adăugată de CENELEC.

Declarație de ratificare

Textul standardului internațional CEI/ISO 31010:2009 a fost aprobat de CENELEC ca standard european fără nici o modificare.

În versiunea oficială, la Bibliografie, pentru standardele indicate mai jos trebuie să se adauge notele următoare:

CEI 60300-3-11	NOTĂ	Armonizat ca EN 60300-3-11.
CEI 61078	NOTĂ	Armonizat ca EN 61078.
CEI 61165	NOTĂ	Armonizat ca EN 61165.
CEI 61508, standard pe părți	NOTĂ	Armonizat ca EN 61508, standard pe părți (fără modificări).
CEI 61511, standard pe părți	NOTĂ	Armonizat ca EN 61511, standard pe părți (fără modificări).
CEI 61649	NOTĂ	Armonizat ca EN 61649.
ISO 22000	NOTĂ	Armonizat ca EN ISO 22000.

Cuprins

	Pagina
Introducere	5
1 Domeniu de aplicare.....	6
2 Referințe normative	6
3 Termeni și definiții.....	6
4 Concepte de evaluare a riscurilor.....	6
4.1 Scop și beneficii.....	6
4.2 Evaluarea riscurilor și cadrul privind managementul riscurilor	7
4.3 Evaluarea riscurilor și procesul de management al riscurilor.....	7
4.3.1 Generalități	7
4.3.2 Comunicare și consultare	7
4.3.3 Stabilirea contextului	8
4.3.4 Evaluarea riscurilor	9
4.3.5 Tratarea riscurilor	9
4.3.6 Monitorizare și revizuire.....	9
5 Procesul de evaluare a riscurilor	10
5.1 Prezentare generală	10
5.2 Identificarea riscurilor	10
5.3 Analiza riscurilor	10
5.3.1 Generalități	11
5.3.2 Evaluarea mijloacelor de control	12
5.3.3 Analiza consecințelor.....	12
5.3.4 Analiza plauzabilității și estimarea probabilității	13
5.3.5 Analiză preliminară.....	13
5.3.6 Incertitudini și puncte sensibile.....	14
5.4 Estimarea riscurilor.....	14
5.5 Documentare	15
5.6 Monitorizarea și examinarea evaluării riscurilor	15
5.7 Aplicarea evaluării riscurilor pe durata etapelor ciclului de viață	16
6 Selecția tehnicilor de evaluare a riscurilor.....	16
6.1 Generalități	16
6.2 Selectarea tehnicilor.....	16
6.3 Disponibilitatea resurselor	17
6.4 Natura și nivelul de incertitudine	17
6.5 Complexitate.....	17
6.6 Aplicarea evaluării riscurilor pe durata etapelor ciclului de viață	17
6.7 Tipuri de tehnici de evaluare a riscurilor.....	18
Anexa A (cu titlu informativ) Comparatie între tehnicile de evaluare a riscurilor.....	19
Anexa B (cu titlu informativ) Tehnici de evaluarea riscurilor	25

Bibliografie	89
Figura 1 – Contribuția evaluării riscurilor la procesul de management al riscurilor.....	10
Figura B.1 – Curba privind reacția de răspuns la doză.....	35
Figura B.2 – Exemplul unei FTA din CEI 60300-3-9	47
Figura B.3 – Exemplul unui arbore de evenimente	50
Figura B.4 – Exemplu de analiză cauză-consecință	52
Figura B.5 – Exemplu de diagramă Ishikawa sau Os de Pește	55
Figura B.6 – Exemplu de formulare de arbore de tipul analizei cauză-efect	56
Figura B.7 – Exemplu de evaluare a fiabilității factorului uman	62
Figura B.8 – Exemplu de diagramă-papion pentru consecințe nedorite	64
Figura B.9 – Exemplu de diagramă Markov a sistemului.....	69
Figura B.10 – Exemplu de diagramă tranziție stare	70
Figura B.11 – Rețea eșantion Bayes.....	76
Figura B.12 – Conceptul ALARP.....	78
Figura B.13 – Parte a unui exemplu de tabel criterii consecințe.....	83
Figura B.14 – Parte a unui exemplu de matrice de clasificare riscuri	83
Figura B.15 – Parte a unui exemplu de matrice criterii probabilitate	83
Tabelul A.1 – Aplicabilitatea instrumentelor utilizate pentru evaluarea riscurilor	20
Tabelul A.2 – Atribute ale unei selecții de instrumente pentru evaluarea riscurilor	21
Tabelul B.1 – Exemple de cuvinte-cheie HAZOP	32
Tabelul B.2 – Matricea Markov.....	68
Tabelul B.3 – Matricea Markov finală	70
Tabelul B.4 – Exemplu de simulare Monte Carlo.....	73
Tabelul B.5 – Date tabel Bayes.....	76
Tabelul B.6 – Probabilități anterioare pentru nodurile A și B.....	76
Tabelul B.7 – Probabilități condiționale pentru nodul C cu nodul A și nodul B definite.....	77
Tabelul B.8 – Probabilități condiționale pentru nodul D cu nodul A și nodul C definite	77
Tabelul B.9 – Probabilități posterioare pentru nodurile A și B cu nodul D și nodul C definite.....	77
Tabelul B.10 – Probabilități posterioare pentru nodul A cu nodul D și nodul C definite.....	77

Bibliografie	89
Figura 1 – Contribuția evaluării riscurilor la procesul de management al riscurilor.....	10
Figura B.1 – Curba privind reacția de răspuns la doză.....	35
Figura B.2 – Exemplul unei FTA din CEI 60300-3-9	47
Figura B.3 – Exemplul unui arbore de evenimente	50
Figura B.4 – Exemplu de analiză cauză-consecință	52
Figura B.5 – Exemplu de diagramă Ishikawa sau Os de Pește	55
Figura B.6 – Exemplu de formulare de arbore de tipul analizei cauză-efect	56
Figura B.7 – Exemplu de evaluare a fiabilității factorului uman	62
Figura B.8 – Exemplu de diagramă-papion pentru consecințe nedorite	64
Figura B.9 – Exemplu de diagramă Markov a sistemului.....	69
Figura B.10 – Exemplu de diagramă tranziție stare	70
Figura B.11 – Rețea eșantion Bayes.....	76
Figura B.12 – Conceptul ALARP.....	78
Figura B.13 – Parte a unui exemplu de tabel criterii consecințe.....	83
Figura B.14 – Parte a unui exemplu de matrice de clasificare riscuri	83
Figura B.15 – Parte a unui exemplu de matrice criterii probabilitate	83
Tabelul A.1 – Aplicabilitatea instrumentelor utilizate pentru evaluarea riscurilor	20
Tabelul A.2 – Atribute ale unei selecții de instrumente pentru evaluarea riscurilor	21
Tabelul B.1 – Exemple de cuvinte-cheie HAZOP	32
Tabelul B.2 – Matricea Markov.....	68
Tabelul B.3 – Matricea Markov finală	70
Tabelul B.4 – Exemplu de simulare Monte Carlo.....	73
Tabelul B.5 – Date tabel Bayes.....	76
Tabelul B.6 – Probabilități anterioare pentru nodurile A și B.....	76
Tabelul B.7 – Probabilități condiționale pentru nodul C cu nodul A și nodul B definite.....	77
Tabelul B.8 – Probabilități condiționale pentru nodul D cu nodul A și nodul C definite	77
Tabelul B.9 – Probabilități posterioare pentru nodurile A și B cu nodul D și nodul C definite.....	77
Tabelul B.10 – Probabilități posterioare pentru nodul A cu nodul D și nodul C definite.....	77

Introducere

Organizațiile de orice tip și mărime trebuie să facă față unei game de riscuri care sunt susceptibile de a avea un impact asupra obiectivelor acestora.

Aceste obiective pot fi legate de o serie de activități ale organizației, de la inițiative strategice la operațiuni, la procesele și proiectele, și se pot reflecta în rezultatele lor societale, de mediu, tehnologice, de siguranță și securitate, măsuri comerciale, financiare și economice, ca și în impactul social, cultural, politic și reputațional aferent.

Toate activitățile unei organizații implică riscuri care se recomandă să fie gestionate. Procesul de management al riscului contribuie la procesul decizional, luând în considerare incertitudinile și posibilitatea apariției unor evenimente sau împrejurări viitoare (intenționate sau nu) și efectele acestora asupra obiectivelor stabilite.

Managementul riscului include aplicarea de metode logice și sistematice pentru

- comunicare și consultare pe întreaga durată a procesului;
- stabilirea contextului pentru identificarea, analiza, evaluarea, tratarea riscurilor asociate oricărei activități, proces, funcție sau produs;
- monitorizarea și revizuirea riscurilor;
- raportarea și înregistrarea rezultatelor în mod adecvat.

Evaluarea riscului este parte a managementul riscului care identifică modul în care pot fi afectate obiectivele și analizează riscul în termeni de consecințe și probabilitatea lor înainte de a decide dacă este necesar un tratament viitor.

Evaluarea riscurilor încearcă să găsească răspuns la următoarele întrebări fundamentale:

- ce se poate întâmpla și de ce (prin identificarea riscurilor)?
- care sunt consecințele?
- care este probabilitatea apariției lor în viitor?
- există factori care atenuează consecința aferentă riscului sau care reduc probabilitatea riscului?
- Nivelul de risc este tolerabil sau acceptabil și necesită tratament ulterior?

Acest standard are ca scop să reflecte bunele practici curente în selectarea și utilizarea tehnicilor de evaluarea riscului și nu se referă la concepte noi sau în curs de dezvoltare care nu au atins un nivel satisfăcător de consens profesional.

Acest standard este de ordin general, astfel încât poate constitui o modalitate de îndrumare în diverse domenii și tipuri de sistem. Este posibil să existe mai multe standarde specifice în cadrul acestor domenii care să stabilească metodologii și niveluri de evaluare pentru anumite aplicații. Dacă aceste standarde sunt conforme cu prezentul standard, standardele specifice vor fi, în general, suficiente.

1 Domeniu de aplicare

Prezentul standard internațional vine în sprijinul standardului ISO 31000 și asigură îndrumare privind selectarea și aplicarea tehnicilor sistematice pentru evaluarea riscurilor.

Evaluarea riscurilor derulată în conformitate cu acest standard contribuie la alte activități de management al riscurilor.

Se introduce aplicarea unei serii de tehnici cu referiri specifice la alte standarde internaționale în care se prezintă mai detaliat conceptul și aplicarea tehnicilor.

Acest standard nu este destinat certificării, utilizării sale pentru reglementare sau contractare.

Acest standard nu prevede criterii specifice pentru identificarea nevoii de analiza riscurilor, nici nu specifică tipul de metode de analiza riscurilor necesare pentru o anumită aplicare.

Acest standard nu se referă la toate tehnicile, iar omiterea unei tehnici din acest standard nu înseamnă că acest standard își pierde valabilitatea. Faptul că o metodă este aplicabilă într-o anumită împrejurare nu înseamnă că metoda trebuie să fie neapărat aplicată.

NOTĂ Acest standard nu se referă în mod special la siguranță. Este un standard generic de management al riscurilor și orice referire la siguranță este de natură pur informativă. Îndrumarea privind introducerea aspectelor de siguranță în standardele CEI este prevăzută în ISO/CEI Ghid 51.

2 Referințe normative

Documentele următoare la care se face referire sunt indispensabile pentru aplicarea acestui document. Pentru referințe date, se aplică numai ediția citată. Pentru referințe nedatate, se aplică cea mai recentă ediție a documentului la care se face referire (inclusiv orice amendamente).

ISO/IEC Guide 73, Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards

ISO 31000, Risk management – Principles and guidelines

3 Termeni și definiții

În sensul prezentului document, se aplică termenii și definițiile ISO/CEI Ghid 73.

4 Concepte de evaluare a riscurilor

4.1. Scop și beneficii

Scopul evaluării riscurilor este acela de a furniza informații și analize documentate în vederea luării de decizii în cunoștință de cauză privind modul de tratare a riscurilor specifice și modul de a face o selectare între opțiuni.

Câteva beneficii majore ale evaluării riscurilor sunt:

- înțelegerea riscului și a impactului său potențial asupra obiectivelor;
- furnizarea de informații pentru factorii de decizie;
- contribuția la înțelegerea riscurilor pentru a facilita selectarea opțiunilor de tratare;
- identificarea factorilor majori care contribuie la apariția riscurilor și a verigilor slabe din sisteme și organizații;
- compararea riscurilor cu cele din alte sisteme, tehnologii sau abordări;
- comunicarea riscurilor și incertitudinilor;
- contribuie la stabilirea priorităților;
- contribuie la prevenirea incidentelor pe baza unei investigații post-incident;
- selectarea diverselor forme de tratare a riscurilor;
- îndeplinirea cerințelor de reglementare;
- furnizarea de informații care vor contribui la evaluarea acceptabilității riscului când acesta este comparat cu criteriile predefinite;
- evaluarea riscurilor legate de dispensarea la sfârșitul ciclului de viață.

4.2. Evaluarea riscurilor și cadrul privind managementul riscurilor

Acest standard pornește de la premisa că evaluarea riscurilor este efectuată în cadrul și limitele procesului de management al riscurilor descrise în ISO 31000.

Un cadru privind managementul riscurilor furnizează politicile, procedurile și aranjamentele organizaționale care vor integra managementul riscurilor în întreaga organizație, la toate nivelurile.

Ca parte a acestui cadru, se recomandă ca organizația să aibă o politică sau strategie pentru a decide când și cum trebuie evaluate riscurile.

În special, se recomandă ca persoanele care efectuează evaluări ale riscurilor să fie bine informate despre:

- contextul și obiectivele organizației
- mărimea și tipul de riscuri care sunt tolerabile și modul în care ar trebui tratate riscurile inacceptabile
- modul în care evaluarea riscurilor se integrează în procesele organizaționale
- metodele și tehnicile care pot fi utilizate pentru evaluarea riscurilor și contribuția lor la procesul de management al riscurilor
- atribuții, responsabilități și autoritate pentru realizarea evaluării riscurilor
- resursele disponibile pentru efectuarea evaluării riscurilor
- modul de raportare și revizuire a evaluării riscurilor.

4.3. Evaluarea riscurilor și procesul de management al riscurilor

4.3.1. Generalități

Evaluarea riscurilor cuprinde elementele esențiale ale procesului de management al riscurilor care sunt definite în ISO 31000 și conține următoarele elemente:

- comunicare și consultare
- stabilirea contextului
- evaluarea riscurilor (cuprinde identificarea, analiza și estimarea riscurilor)
- tratarea riscurilor
- monitorizare și revizuire.

Evaluarea riscurilor nu este o activitate de sine stătătoare și se recomandă să fie complet integrată în alte componente ale procesului de management al riscurilor.

4.3.2. Comunicare și consultare

Evaluarea reușită a riscurilor depinde de eficacitatea comunicării și consultării cu părțile interesate.

Implicarea părților interesate în procesul de management al riscului va contribui la:

- dezvoltarea unui plan de comunicare
- definirea adecvată a contextului
- asigurarea înțelegerii și luării în calcul a intereselor părților interesate
- abordarea comună a diverselor zone de expertiză pentru identificare și analiză a riscurilor
- asigurarea că la evaluarea riscurilor sunt avute în vedere opinii diferite
- asigurarea că riscurile sunt identificate în mod adecvat
- asigurarea sprijinului pentru un plan de abordare.

Se recomandă ca părțile interesate să contribuie la asigurarea interfetei dintre procesele de evaluare a riscului cu alte procese de management, inclusiv managementul schimbării, de proiect și al programului și de asemenea managementul financiar.

4.3.3. Stabilirea contextului

Stabilirea contextului definește parametrii de bază pentru managementul riscurilor și stabilește obiectul și criteriile pentru restul procesului. Stabilirea contextului include luarea în considerație a parametrilor interni și externi care sunt relevanți pentru organizație ca întreg, precum și a informațiilor disponibile despre riscurile specifice în curs de evaluare.

La stabilirea contextului, obiectivele de evaluare a riscului, criteriile privind riscurile și programul de evaluare a riscurilor sunt determinate și convenite.

Pentru evaluarea unui risc specific, stabilirea contextului se recomandă să includă definirea contextului extern și intern de management al riscurilor și clasificarea criteriilor de risc:

a) stabilirea contextului extern implică familiarizarea cu mediul în care organizația și sistemul operează, incluzând:

- factori culturali, politici, juridici, de reglementare, financiari, economici și de mediu concurențial fie că acesta este internațional, național, regional sau local;
- factori-cheie și tendințe cu impact asupra obiectivelor organizației; și
- percepții și valori ale părților interesate externe;

b) stabilirea contextului intern implică înțelegerea

- capacităților organizației în ce privește resursele și cunoștințele;
- fluxurilor de informații și a proceselor decizionale;
- părților interesate interne;
- obiectivelor și strategiilor implementate pentru atingerea acestora;
- percepțiilor, valorilor și culturii;
- politicilor și proceselor;
- standardelor și modelelor de referință adoptate de organizație și
- structurilor (de exemplu, conducere, roluri și atribuții).

c) Stabilirea contextului procesului de management al riscurilor include:

- definirea atribuțiilor și responsabilităților
- definirea amplitudinii activităților de management al riscurilor ce vor fi desfășurate, inclusiv includeri și excluderi specifice
- definirea mărimii proiectului, procesului, funcției sau activității în termeni de timp și loc
- definirea relațiilor dintre un proiect sau activitate anume și alte proiecte sau activități ale organizației
- definirea metodologiilor de evaluare a riscurilor
- definirea criteriilor de risc
- definirea modului de evaluare a performanței managementului riscului
- identificarea și specificarea deciziilor și acțiunilor care trebuie întreprinse și
- identificarea studiilor necesare pentru domeniul de aplicare sau încadrare, mărimea, obiectivele și resursele necesare pentru aceste studii.

d) definirea criteriilor de risc implică stabilirea

- naturii și tipurilor de consecințe ce trebuie incluse și modul în care acestea vor fi măsurate
- modul în care se vor exprima probabilitățile
- modul de stabilire al unui nivel de risc
- criteriile conform cărora se va decide când un risc trebuie tratat
- criteriile pentru a stabili când un risc este acceptabil și/sau tolerabil
- dacă și cum vor fi luate în considerare combinațiile de riscuri

Criteriile se pot baza pe surse precum

- obiective convenite ale proceselor
- criterii identificate în specificații
- surse de date generale
- criterii general acceptate în domeniu, de exemplu niveluri de integritate a securității
- apetitul pentru risc organizațional
- cerințe juridice sau de altă natură pentru echipamente sau aplicații specifice.

4.3.4. Evaluarea riscurilor

Evaluarea riscurilor reprezintă procesul global de identificare a riscurilor, analiza riscurilor și estimarea riscurilor.

Riscurile pot fi evaluate la nivel organizațional, departamental, pentru proiecte, activități individuale sau riscuri specifice. În contexte diferite pot fi adecvate diferite instrumente sau tehnici.

Evaluarea riscurilor asigură o înțelegere a riscurilor, cauzelor, consecințelor și probabilității acestora. Aceasta furnizează date de intrare pentru decizii privind:

- dacă o activitate trebuie întreprinsă
- modul de optimizare a oportunităților
- necesitatea de tratare a riscurilor
- selectarea între opțiuni cu riscuri diferite
- prioritizarea opțiunilor de tratare a riscurilor
- selecția strategiilor adecvate de tratare a riscurilor care va duce riscurile adverse la un nivel tolerabil.

4.3.5. Tratarea riscurilor

După finalizarea unei evaluări a riscurilor, tratarea riscurilor implică selectarea și stabilirea uneia sau mai multor opțiuni relevante pentru a modifica probabilitatea de apariție a acestora, efectele riscurilor, sau ambele și pentru implementarea acestor opțiuni.

Urmează un proces ciclic de re-evaluare a noului nivel de risc cu scopul de a stabili nivelul de toleranță al acestuia pe baza criteriilor stabilite anterior pentru a stabili dacă este necesară o abordare suplimentară.

4.3.6. Monitorizare și revizuire

Parte a procesului de management al riscurilor se recomandă ca riscurile și mijloacele de control să fie monitorizate și revizuite în mod regulat pentru a verifica dacă:

- ipotezele privind riscurile rămân valide
- ipotezele pe care se bazează evaluarea riscurilor, inclusiv contextul intern și extern, rămân valide
- sunt în curs de a fi atinse rezultatele scontate
- rezultatele evaluării riscurilor sunt aliniate la experiența reală
- tratările riscurilor sunt eficiente.

Se recomandă stabilirea atribuțiilor pentru monitorizare și realizarea revizuirilor.

5 Procesul de evaluare a riscurilor

5.1 Prezentare generală

Evaluarea riscurilor furnizează factorilor de decizie și părților responsabile o înțelegere superioară a riscurilor care ar putea afecta realizarea obiectivelor și acuratețea și eficiența mijloacelor de control deja implementate, ceea ce asigură bază a deciziilor privind abordarea optimă pentru tratarea riscurilor. Rezultatul evaluării riscurilor este o contribuție la procesele decizionale ale organizației.

Evaluarea riscurilor este procesul general de identificare, analiză și evaluare a riscurilor (vezi figura 1). Maniera în care acest proces este aplicat nu depinde nu numai de contextul procesului de management al riscurilor, ci și de metodele și tehnicile utilizate pentru efectuarea evaluării riscurilor.

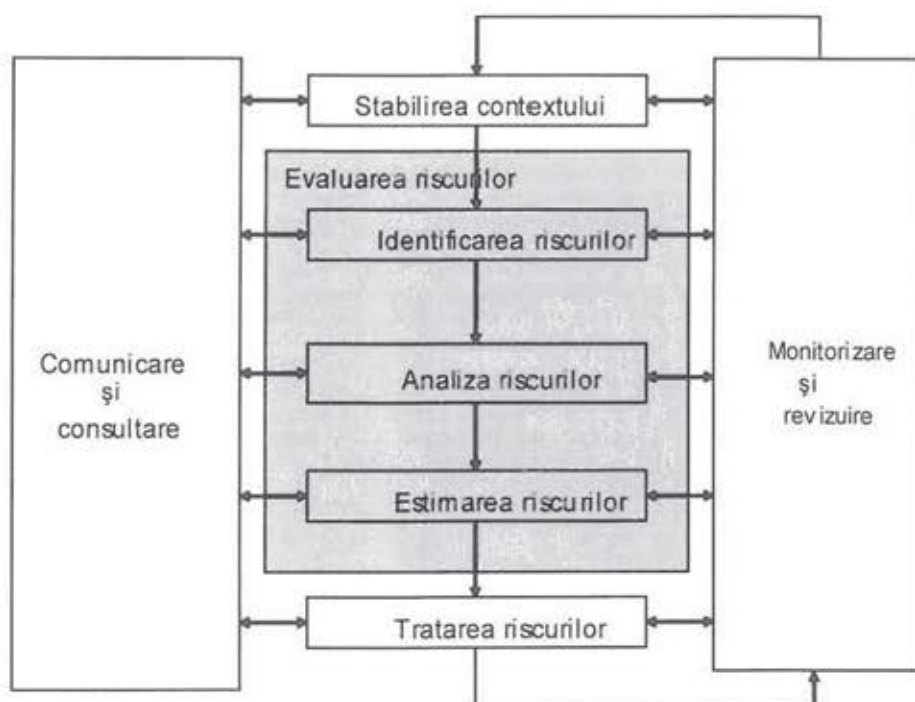


Figura 1 – Contribuția evaluării riscurilor la procesul de management al riscurilor

5.1. Prezentare generală

Evaluarea riscurilor poate necesita o abordare multidisciplinară deoarece riscurile pot acoperi o serie largă de cauze și consecințe.

5.2. Identificarea riscurilor

Identificarea riscurilor este procesul de căutare, recunoaștere și înregistrare a riscurilor.

Scopul identificării riscurilor este acela de a identifica ceea ce s-ar putea întâmpla sau ce situații ar putea apărea care ar putea afecta realizarea obiectivelor sistemului sau organizației. Odată riscurile identificate, se recomandă ca organizația să identifice orice mijloace existente de control, cum ar fi caracteristici de proiectare, resurse umane, procese și sisteme.

Procesul de identificare a riscurilor include identificarea cauzelor și surselor riscului (pericole în contextul unor posibile vătămări corporale), a evenimentelor, situațiilor sau împrejurărilor care ar putea avea un impact material asupra obiectivelor și naturii acestui impact.

Metodele de identificare a riscurilor pot include:

- metode documentate, de exemplu liste de verificare și examinare a datelor istorice
- abordări sistematice în echipă, în care echipa de experți urmează un proces sistematic de identificare a riscurilor prin intermediul unui set structurat de întrebări
- tehnici de raționament inductiv precum HAZOP.

Se pot folosi diverse tehnici ajutătoare pentru a îmbunătăți precizia și integritatea identificării riscurilor, în principal *brainstorming*, și metodologia Delphi.

Indiferent de tehnicile utilizate în procesul de identificare a riscurilor este important să se acorde o recunoaștere adecvată factorilor umani și organizaționali. În consecință, variațiile factorilor umani și organizaționali ar trebui să fie incluse în procesul de identificare a riscurilor pe lângă evenimentele „hardware” și „software”.

5.3. Analiza riscurilor

5.3.1. Generalități

Analiza riscurilor constă în înțelegerea și studierea profundă a riscurilor. Furnizează date de intrare pentru evaluarea riscurilor și pentru luarea deciziilor privind necesitatea tratării riscurilor și strategiile și metodele optime de tratare.

Analiza riscurilor constă în stabilirea consecințelor și probabilităților lor pentru evenimentele identificate de risc luând în considerare prezența (sau absența) și eficacitatea oricăror mijloace de control. Consecințele și probabilitățile lor sunt ulterior combinate pentru a determina un nivel de risc.

Analiza riscurilor implică luarea în considerare a cauzelor și surselor riscului, a consecințelor acestora și a probabilității ca aceste consecințe să apară. Trebuie identificați factorii care afectează consecințele și probabilitatea. Un eveniment poate avea consecințe multiple și poate afecta multiple obiective. Mijloacele de control al riscurilor existente și eficacitatea acestora trebuie luate în considerare. În Anexa B sunt descrise diferite metode pentru aceste analize. Pentru aplicațiile complexe pot fi necesare mai multe tehnici.

Analiza riscurilor include, în mod normal, o estimare a consecințelor posibile care pot apărea dintr-un eveniment, situație sau împrejurare și probabilitățile aferente pentru a măsura nivelul de risc. Totuși, în unele cazuri, de exemplu când consecințele sunt, probabil, nesemnificative sau nivelul de probabilitate se anticipează a fi extrem de redus, poate fi suficientă estimarea unui singur parametru pentru a se lua o decizie.

În unele împrejurări, o consecință poate apărea ca rezultat al unei game de evenimente sau condiții diferite sau când evenimentul în cauză nu este identificat. În acest caz, evaluarea riscurilor se concentrează pe analiza importanței și vulnerabilității componentelor sistemului cu scopul de a defini tratamentele aferente nivelurilor de protecție sau strategiilor de recuperare.

Metodele folosite la analiza riscurilor pot fi calitative, semi-cantitative sau cantitative. Nivelul de detaliere necesar va depinde de aplicația specifică, de disponibilitatea datelor de încredere și de nevoile organizației de a lua decizii. Unele metode și nivelul de detaliere a analizei pot fi stabilite prin lege.

Evaluarea calitativă definește consecințele, probabilitatea și nivelul de risc prin niveluri de importanță, precum „ridicat”, „mediu” și „scăzut”, poate combina consecința și probabilitatea și evaluează nivelul de risc rezultat în raport cu criteriile calitative.

Metodele semi-cantitative folosesc scări numerice pentru cuantificarea consecințelor și probabilității și le combină pentru a obține un nivel de risc în baza utilizării formulei. Scările pot fi liniare, logaritmice și sau pe baza altei relații; de asemenea, formulele folosite pot varia.

Analiza cantitativă estimează valori cu aplicabilitate practică pentru consecințele și probabilitățile lor și produce valori ale nivelului de risc în unități specifice definite la dezvoltarea contextului. Analiza cantitativă completă poate să nu fie posibilă sau de dorit din cauza informațiilor insuficiente privind sistemul sau activitatea analizată, a lipsei de date, a influenței factorilor umani etc. sau pentru că rezultatul analizei cantitative nu este garantat sau necesar. În astfel de împrejurări, poate fi eficientă o clasificare comparativă semi-cantitativă sau calitativă realizată de către experți în domeniul respectiv.

În cazurile în care analiza este calitativă, ar trebui să existe o explicație clară a tuturor termenilor folosiți și trebuie înregistrată fundamentarea tuturor criteriilor.

Chiar și atunci când s-a efectuat o cuantificare completă, trebuie acceptat faptul că nivelurile de risc calculate sunt estimări. Trebuie să se țină seama și să se verifice că nu li s-a atribuit un nivel de precizie și exactitate incompatibil cu precizia datelor și metodelor folosite.

Ar trebui ca nivelurile de risc să fie exprimate în termenii cei mai potriviți pentru tipul de risc respectiv și în forma care să ajute la estimarea riscurilor. În unele cazuri, mărimea riscului poate fi exprimată ca distribuția probabilității pe gama de consecințe.

5.3.2. Evaluarea mijloacelor de control

Nivelul de risc depinde de adecvarea și eficacitatea mijloacelor existente de control. Întrebările la care trebuie să se răspundă:

- care sunt mijloacele de control existente pentru un anumit risc?
- sunt aceste mijloace de control capabile să trateze riscul astfel încât acesta să fie controlat la un nivel tolerabil?
- în practică, mijloacele de control funcționează în maniera prevăzută și eficacitatea lor poate fi demonstrată la cerere?

Aceste întrebări pot primi răspunsuri de încredere numai dacă există documentație adecvată și au fost implementate procesele de asigurare.

Nivelul de eficacitate pentru un anumit mijloc de control sau o serie de mijloace de control conexe pot fi exprimate calitativ, semi-cantitativ sau cantitativ. În majoritatea cazurilor, nu este garantat un nivel ridicat de precizie. Totuși, poate fi util să se exprime și să se înregistreze o măsură a eficacității controlului riscurilor astfel încât să se poată emite concluzii dacă efortul merită făcut pentru îmbunătățirea unui mijloc de control sau pentru aplicarea unei tratări diferite a riscurilor.

5.3.3. Analiza consecințelor

Analiza consecințelor stabilește natura și tipul de impact care ar putea apărea presupunând că a avut loc un anumit eveniment, situație sau împrejurare. Un eveniment poate avea o gamă de impacturi de gravitate diferită și poate afecta o gamă de obiective diferite și de diferite părți interesate. Tipurile de consecințe de analizat și părțile interesate se vor stabili când se stabilește contextul.

Analiza consecințelor poate varia de la o simplă descriere a rezultatelor la o modelare cantitativă detaliată sau o analiză a vulnerabilităților.

Impactul poate avea o consecință de nivel scăzut, dar o probabilitate ridicată, sau o consecință de nivel ridicat și o probabilitate scăzută sau poate avea un rezultat intermediar. În unele cazuri, este indicată concentrarea pe riscuri cu rezultate cu potențiale foarte diferite, acestea solicitând decidenților o atenție deosebită. În alte cazuri, poate fi importată analiza separată a riscurilor cu consecințe de nivel ridicat și scăzut. De exemplu, o problemă frecventă, dar cu impact scăzut (sau cronic) poate avea efecte importante, cumulate sau pe termen lung. În plus, acțiunile de tratare aplicate celor două tipuri separate de riscuri sunt deseori foarte diferite, ceea ce justifică o analiză separată.

Analiza consecințelor poate implica:

- luarea în considerare a mijloacelor de control pentru tratarea consecințelor, împreună cu toți factorii relevanți care contribuie și au un efect asupra consecințelor;
- relaționarea consecințelor riscurilor cu obiectivele inițiale;
- luarea în considerare a consecințelor imediate și a celor care pot apărea după ce a trecut un interval de timp, dacă acest lucru este conform cu obiectul evaluării;
- luarea în considerare a consecințelor secundare, precum cele cu impact asupra sistemelor, activităților, echipamentelor sau organizațiilor asociate.

5.3.4. Analiza plauzabilității și estimarea probabilității

În general, sunt folosite trei abordări generale pentru estimarea probabilității; acestea pot fi folosite împreună sau separat:

a) Utilizarea datelor istorice relevante pentru a identifica evenimentele sau situațiile care au apărut în trecut și, de aici, capacitatea de a extrapola probabilitatea apariției lor în viitor. Datele folosite ar trebui să fie relevante pentru tipul de sistem, instalație, organizație sau activitate avută în vedere și, de asemenea, pentru standardele operaționale ale organizației implicate. Dacă, istoric vorbind, există un nivel redus de frecvență de apariție, atunci orice estimare a probabilității va fi foarte incertă. Aceasta se aplică mai ales nivelului zero de apariție când nu se poate presupune că, pe viitor, nu se va produce niciun eveniment, situație sau împrejurare.

b) Previziunile de probabilitate folosind tehnici predictive, precum analiza arborelui de defecte și analiza arborelui de evenimente (vezi Anexa B). Când datele istorice nu sunt disponibile sau sunt neadecvate, este necesară deducerea probabilității dintr-o analiză a sistemului, activității, echipamentelor sau organizației și din estimarea (eșecului)succesului aferent. Datele numerice privind echipamentele, resursele umane, organizațiile și sistemele provenite din experiența operațională sau sursele de date publicate sunt combinate apoi pentru a realiza o estimare a probabilității evenimentului de vârf. Când se folosesc tehnici predictive, este important să se verifice că, în cadrul analizei, s-a acordat o atenție adecvată posibilității de eșec care implică eșecul simultan al unui număr de mai multe părți diferite sau componente în cadrul sistemului care apar din aceeași cauză. Pot fi necesare tehnici de simulare pentru a estima probabilitatea aferentă echipamentului și defectărilor structurale din cauza îmbătrânirii și a altor procese de degradare prin calculul efectelor incertitudinilor.

c) Pentru a estima probabilitatea se pot folosi opiniile experților într-un proces sistematic și structurat. Concluziile experților ar trebui să se bazeze pe toate informațiile relevante, inclusiv istorice, specifice sistemului, specifice organizației, experimentale, de proiectare etc. Există un număr de metode formale pentru a ajunge la o judecată specializată care să ajute la formularea întrebărilor adecvate. Metodele disponibile includ abordarea Delphi, metoda de comparare pe perechi, clasificarea categoriilor și judecări absolute ale probabilității.

5.3.5. Analiză preliminară

Riscurile pot fi triate pentru a le identifica pe cele mai importante sau pentru a le exclude pe cele mai puțin semnificative sau minore de la analize ulterioare. Scopul este acela de a se asigura că resursele vor fi concentrate pe cele mai importante riscuri. Ar trebui să nu se elimine riscuri scăzute care apar frecvent și care au un efect cumulativ semnificativ.

Selecția trebuie să se bazeze pe criteriile definite în context. Analiza preliminară stabilește una sau mai multe din următoarele direcții de acțiune:

- decizia de a trata riscurile, fără o evaluare ulterioară
- eliminarea riscurilor nesemnificative care nu ar justifica tratarea
- continuarea cu o evaluare mai detaliată a riscurilor.

Premisele inițiale și rezultatele trebuie documentate.

5.3.6. Incertitudini și puncte sensibile

Deseori există incertitudini considerabile asociate cu analiza riscurilor. Este necesară o înțelegere a incertitudinilor pentru a interpreta și comunica eficient rezultatele evaluării riscurilor. Analiza incertitudinilor asociate cu datele, metodele și modelele folosite pentru a identifica și analiza riscul joacă un rol important în aplicarea acestora. Analiza incertitudinilor implică determinarea variației sau impreciziei rezultatelor, provenind de la varierea colectivă a parametrilor și presupunerilor folosite pentru definirea rezultatelor. O zonă strâns legată de analiza incertitudinilor este analiza punctelor sensibile.

Analiza punctelor sensibile implică stabilirea dimensiunii și semnificației mărimii riscului asupra modificărilor parametrilor individuali. Aceasta permite să se facă distincția între datele care ar trebui să fie precise și datele care reprezintă puncte mai puțin sensibile și al căror efect asupra preciziei generale este, corespunzător, mai puțin important.

Integralitatea și precizia evaluării riscurilor ar trebui indicate cât mai complet posibil. Acolo unde este posibil, sursele de incertitudine ar trebui identificate și ar trebui să se refere atât la incertitudini privind datele cât și la cele privind modelul/metodele. Se recomandă să se precizeze parametrii la care analiza este sensibilă și nivelul de sensibilitate.

5.4. Estimarea riscurilor

Estimarea riscurilor implică compararea nivelurilor estimate ale riscului cu criteriile de risc definite când a fost stabilit contextul, pentru a determina importanța nivelului și tipului de risc.

Estimarea riscurilor recurge la înțelegerea riscului dobândită în timpul evaluării riscurilor pentru a lua decizii despre acțiuni viitoare. Considerentele etice, legale, financiare și de altă natură, inclusiv percepții ale riscului, sunt considerate, de asemenea, contribuții la luarea deciziilor.

Deciziile pot include:

- dacă un risc necesită tratare
- priorități pentru tratare
- dacă o activitate trebuie întreprinsă
- care, dintr-un număr de căi alternative, trebuie urmată.

Natura deciziilor care trebuie luate și criteriile care trebuie utilizate pentru luarea acestor decizii au fost stabilite la stabilirea contextului, dar ar trebui reanalizate în detaliu în această etapă, când se cunosc mai multe despre riscurile identificate.

Cel mai simplu cadru de definire a criteriilor de risc este un singur nivel care separă riscurile care necesită tratare de cele care nu necesită tratare. Acest cadru conduce la rezultate simple, dar nu reflectă incertitudinile implicate atât în estimarea riscurilor, cât și în definirea limitei dintre riscurile care necesită tratare de cele care nu necesită tratare.

Decizia privind oportunitatea și modul de tratare a riscurilor poate depinde de costurile și beneficiile acceptării riscului în cauză și de costurile și beneficiile de implementare a mijloacelor de control îmbunătățite.

O abordare frecventă este clasificarea riscurilor în trei categorii:

- a) o categorie superioară unde nivelul de risc este privit ca intolerabil indiferent de beneficiile rezultate din activitatea respectivă, iar tratarea riscului este esențială indiferent de cost;
- b) o categorie medie (sau „zona gri”) unde costurile și beneficiile sunt luate în considerare, iar oportunitățile sunt contrabalansate de posibilele consecințe;
- c) o categorie inferioară unde nivelul de risc este considerat neglijabil sau atât de redus încât nu sunt necesare măsuri de tratare a riscurilor.

Sistemul de criterii „cât mai redus cu putință” („as low as reasonably practicable”) sau ALARP folosit în aplicațiile de siguranță urmează această tratare în care, în categoria medie, există o scară descendentă pentru riscurile de nivel redus unde costurile și beneficiile pot fi comparate direct, în timp

ce pentru riscurile de nivel ridicat potențialul unui impact negativ trebuie redus până când costul unei reduceri ulterioare este complet disproporționat față de beneficiul obținut privind siguranța.

5.5. Documentare

Procesul de evaluare a riscurilor ar trebui documentat împreună cu rezultatele evaluării. Riscurile trebuie exprimate în termeni inteligibili, iar unitățile în care este exprimat nivelul de risc ar trebui să fie clare.

Dimensiunea raportului va depinde de obiectivele și obiectul evaluării. Cu excepția unor evaluări foarte simple, documentația poate include:

- obiective și obiect
- descrierea părților relevante ale sistemului și funcțiile acestora
- un rezumat al contextului extern și intern al organizației și modul în care aceasta se raportează la situația, sistemul sau împrejurările în curs de evaluare
- criteriile de risc și justificarea acestora
- limitări, premise și justificarea ipotezelor
- metodologia de evaluare
- rezultatele identificării riscurilor
- date, premise și sursele și validarea acestora
- rezultatele evaluării riscurilor și evaluarea lor
- analiza punctelor sensibile și a incertitudinilor
- premise critice și alți factori care necesită monitorizare
- discutarea rezultatelor
- concluzii și recomandări
- referințe.

Dacă evaluarea riscurilor sprijină un proces continuu de management al riscurilor, aceasta trebuie derulată și documentată de așa manieră încât să poată fi menținută pe întregul ciclu de viață al sistemului, organizației, echipamentelor sau activității respective. Evaluarea trebuie actualizată pe măsură ce informații noi, importante, devin disponibile, iar contextul se modifică, în funcție de nevoile procesului de management.

5.6. Monitorizarea și examinarea evaluării riscurilor

Procesul de evaluare a riscurilor va evidenția contextul și alți factori despre care se poate anticipa că vor varia în timp și care ar putea schimba sau invalida evaluarea riscurilor. Acești factori ar trebui identificați în mod specific în vederea monitorizării și examinării curente astfel încât evaluarea riscurilor să poată fi actualizată când este necesar.

Datele care vor fi monitorizate pentru a rafina evaluarea riscurilor trebuie, de asemenea, identificate și colectate.

Eficacitatea mijloacelor de control trebuie, de asemenea, monitorizată și documentată pentru a furniza date pentru analiza riscurilor. Trebuie definite atribuțiile pentru crearea și examinarea dovezilor și documentației.

5.7. Aplicarea evaluării riscurilor pe durata etapelor ciclului de viață

Multe activități, proiecte și produse pot fi considerate ca având un ciclu de viață, începând de la conceptul inițial și definire până la realizare și finalizare, care poate include scoaterea din funcțiune și rebutarea componentei *hardware*.

Evaluarea riscurilor se poate aplica în toate etapele ciclului de viață și este, de regulă, aplicată de multe ori, la diverse niveluri de detaliere, pentru a contribui la deciziile care trebuie luate în fiecare etapă.

Etapile ciclului de viață au cerințe diferite și necesită tehnici diferite. De exemplu, pe durata etapei de stabilirea a conceptului și definire, când este identificată o oportunitate, se poate recurge la evaluarea riscurilor pentru a decide dacă să se continue sau nu.

Când sunt disponibile mai multe opțiuni, evaluarea riscurilor se poate folosi pentru a evalua concepte alternative pentru a ajuta la luarea deciziei care asigură echilibrul optim între riscurile pozitive și cele negative.

Pe durata etapei de proiectare și dezvoltare, evaluarea riscurilor contribuie la

- asigurarea că riscurile aferente sistemului sunt tolerabile
- procesul de rafinare a proiectului
- studii privind eficacitatea costurilor
- identificarea riscurilor care au impact asupra etapelor ulterioare ale ciclului de viață.

Pe măsură ce activitatea avansează, evaluarea riscurilor poate fi folosită pentru a furniza informații pentru dezvoltarea de proceduri pentru condiții normale și de urgență.

6 Selecția tehnicilor de evaluare a riscurilor

6.1. Generalități

Acest articol descrie modul în care pot fi selectate tehnicile de evaluare a riscurilor. Anexele prezintă și explică o serie de instrumente și tehnici care pot fi folosite pentru a efectua o analiză a riscurilor sau pentru a contribui la procesul de evaluarea riscurilor. Uneori poate fi necesar să se utilizeze mai mult de o metodă de evaluare.

6.2. Selectarea tehnicilor

Evaluarea riscurilor poate fi efectuată cu diverse grade de profunzime și detaliu folosind una sau mai multe metode de la simple la complexe. Forma de evaluare și rezultatul acesteia trebuie să fie conforme cu criteriile de risc dezvoltate ca parte a stabilirii contextului. Anexa A ilustrează relația conceptuală dintre categoriile largi de tehnici de evaluarea riscurilor și factorii prezenți într-o situație dată și furnizează exemple privind modul în care organizațiile își pot alege tehnicile adecvate de evaluarea riscurilor pentru o anumită situație.

În termeni generali, tehnicile adecvate ar trebui să prezinte următoarele caracteristici:

- ar trebui să fie justificabile și adecvate pentru situația sau organizația în cauză;
- ar trebui să furnizeze rezultate într-o formă care să sporească înțelegerea naturii riscului și a modului în care acesta poate fi tratat
- ar trebui să poată fi utilizate într-o manieră care poate fi detectabilă, repetabilă și verificabilă.

Ar trebui prezentate motivele pentru alegerea tehnicilor cu privire la relevanța și compatibilitatea lor. La integrarea rezultatelor din diverse studii, tehnicile utilizate și rezultatele trebuie să fie comparabile.

Atunci când decizia de realizare a evaluării riscurilor este luată, iar obiectivele și obiectul au fost definite, tehnicile ar trebui selectate pe baza factorilor aplicabili precum:

- obiectivele studiului. Obiectivele evaluării riscurilor vor avea un impact direct asupra tehnicilor folosite. De exemplu, dacă se efectuează un studiu comparativ între diferite opțiuni, poate să fie acceptabil să se utilizeze modele de consecințe mai puțin detaliate pentru acele părți ale sistemului care nu sunt afectate de diferența respectivă;
- nevoile factorilor decizionali. În unele cazuri, este necesar un nivel ridicat de detaliere pentru a lua o bună decizie; în alte cazuri, este suficientă o înțelegere mai generală;
- tipul și gama de riscuri supuse evaluării;

- magnitudinea posibilă a consecințelor. Decizia privind profunzimea evaluării riscurilor trebuie să reflecte percepția inițială a consecințelor (deși poate fi necesar ca aceasta să fie modificată după finalizarea evaluării preliminare);
- gradul de expertiză, resurse umane și alte resurse necesare. O metodă simplă, bine structurată poate furniza rezultate mai bune decât o procedură sofisticată, prost realizată, atâta timp cât îndeplinește obiectivele și obiectul evaluării. În mod normal, efortul depus pentru evaluare trebuie să fie pe măsura nivelul posibil de risc supus evaluării;
- disponibilitatea informațiilor și datelor. Unele tehnici necesită mai multe informații și date decât altele;
- nevoia de modificare/actualizare a evaluării riscurilor. Evaluarea poate necesita modificare/actualizare în viitor și unele tehnici sunt mai ușor de modificat decât altele în acest sens;
- orice cerințe de reglementare și contractuale.

Diverși factori influențează selectarea unei abordări a evaluării riscurilor, precum disponibilitatea resurselor, natura și gradul de incertitudine a datelor și informațiilor disponibile și complexitatea aplicației (vezi Tabelul A.2).

6.3. Disponibilitatea resurselor

Resursele și capacitățile care pot afecta selectarea tehnicilor de evaluare a riscurilor includ:

- abilitățile, experiența, capacitatea și capabilitatea echipei de evaluare a riscurilor
- constrângeri privind timpul și alte resurse din cadrul organizației
- bugetul disponibil dacă sunt necesare resurse externe.

6.4. Natura și nivelul de incertitudine

Natura și nivelul de incertitudine necesită înțelegerea calității, cantității și integrității informațiilor disponibile privind riscul în cauză, ceea ce include măsura în care sunt disponibile informații suficiente despre risc, sursele și cauzele acestuia, precum și consecințele asupra realizării obiectivelor. Incertitudinea poate proveni din slaba calitate a datelor sau lipsa datelor esențiale și de încredere. De exemplu, metodele de colectare a datelor se pot modifica, modurile în care organizațiile folosesc aceste metode se pot modifica sau organizația poate să nu aibă implementată nicio metodă eficientă de colectare a datelor privind riscul identificat.

Incetitudinea poate fi, de asemenea, inerentă contextului extern și intern al organizației. Datele disponibile furnizează întotdeauna o bază solidă pentru previzionarea viitorului. Pentru tipuri unice de riscuri, este posibil să nu fie disponibile date istorice sau pot exista diverse interpretări ale datelor disponibile de către părțile interesate. Cei care realizează evaluarea riscurilor trebuie să înțeleagă tipul și natura incertitudinii și să aprecieze implicațiile privind încrederea în rezultatele evaluării riscurilor. Acestea trebuie comunicate întotdeauna factorilor de decizie.

6.5. Complexitate

Riscurile pot fi complexe, ca de exemplu, în sisteme complexe care necesită evaluarea globală a riscurilor decât să se trateze fiecare componentă separat și să se ignore interacțiunile. În alte cazuri, tratarea unui singur risc poate avea implicații în altă parte și poate avea impact asupra altor activități. Impactul corespunzător și dependențele riscurilor trebuie înțelese pentru a se asigura că, în managementul unui risc, nu se creează o situație intolerabilă în altă parte. Înțelegerea complexității unui singur risc sau a unui portofoliu de riscuri ale unei organizații este crucială pentru selectarea metodei sau tehnicilor adecvate de evaluare a riscurilor.

6.6. Aplicarea evaluării riscurilor pe durata etapelor ciclului de viață

Multe activități, proiecte și produse pot fi avute în vedere ca având un ciclu de viață, începând de la conceptul inițial și definire până la realizare și finalizare, ceea ce poate include scoaterea din funcțiune și rebutarea componentei *hardware*.

Evaluarea riscurilor poate fi aplicată în toate etapele ciclului de viață și este, de regulă, aplicată de multe ori, la diverse niveluri de detaliere, pentru a contribui la decizii care trebuie luate în fiecare etapă.

Etapele ciclului de viață au cerințe diferite și necesită tehnici diferite. De exemplu, pe durata etapei de stabilire a conceptului și definire, când este identificată o oportunitate, se poate recurge la evaluarea riscurilor pentru a decide dacă să se continue sau nu.

Când sunt disponibile câteva opțiuni, evaluarea riscurilor poate fi folosită pentru a evalua concepte alternative, pentru a ajuta la luarea deciziei care asigură echilibrul optim între riscuri.

Pe durata etapei de proiectare și dezvoltare, evaluarea riscurilor contribuie la

- asigurarea că riscurile aferente sistemului sunt tolerabile
- procesul de rafinare a proiectului
- studii privind eficiența costurilor
- identificarea riscurilor care au impact asupra etapelor ulterioare ale ciclului de viață.

Pe măsură ce activitatea avansează, evaluarea riscurilor poate fi folosită pentru a furniza informații pentru dezvoltarea de proceduri pentru condiții normale și de urgență.

6.7. Tipuri de tehnici de evaluare a riscurilor

Tehnicile de evaluare a riscurilor pot fi clasificate în diverse moduri pentru a contribui la înțelegerea punctelor lor tari și a celor nevralgice. Tabelele din Anexa A corelează unele tehnici posibile și categoriile lor în scopul exemplificării.

Fiecare dintre tehnici este detaliată în Anexa B cu privire la natura evaluării pe care o efectuează și îndrumări pentru aplicabilitate în anumite situații.

Anexa A (informativă)

Comparație între tehnicile de evaluare a riscurilor

A.1 Tipuri de tehnici

Prima clasificare indică modul în care tehnicile se aplică fiecărui pas al procesului de evaluare a riscurilor după cum urmează:

- identificarea riscurilor
- analiza riscurilor – analiza consecințelor
- analiza riscurilor – estimare calitativă, semi-calitativă sau cantitativă a probabilității
- analiza riscurilor – evaluarea eficacității mijloacelor de control existente
- analiza riscurilor – determinarea nivelului de risc
- estimarea riscurilor

Pentru fiecare pas în procesul de evaluarea riscurilor, din punct de vedere al aplicabilității, metoda este descrisă ca fiind foarte aplicabilă, aplicabilă sau inaplicabilă (vezi Tabelul A.1.).

A.2 Factori care influențează selecția tehnicilor de evaluarea riscurilor

În continuare, atributele metodelor sunt descrise prin prisma:

- complexității problemei și metodelor necesare pentru analiza acesteia
- naturii și nivelului de incertitudine a evaluării riscurilor pe baza volumului de informații disponibile și a ceea ce este necesar pentru a atinge obiectivele
- mărimea resurselor necesare prin prisma timpului alocat și a nivelului de expertiză, a nevoilor de date sau a costului,
- dacă metoda poate furniza un rezultat cantitativ.

Exemplele de tipuri de metode de evaluarea riscurilor sunt prezentate în Tabelul A.2, unde fiecare metodă este clasată ca având nivel ridicat, mediu sau redus prin prisma atributelor de mai sus.

Tabelul A.1 – Aplicabilitatea instrumentelor utilizate pentru evaluarea riscurilor

Instrumente și tehnici	Procesul de evaluare a riscurilor					A se vedea anexa
	Identificarea riscurilor	Analiza riscurilor			Estimare risc	
		Consecință	Probabilitate	Nivel de risc		
<i>Brainstorming</i>	SA ¹	NA ²	NA	NA	NA	B01
Interviuri structurate sau semistructurate	SA	NA	NA	NA	NA	B02
Delphi	SA	NA	NA	NA	NA	B03
Liste de verificare	SA	NA	NA	NA	NA	B04
Analiza preliminară a pericolelor	SA	NA	NA	NA	NA	B05
Studii ale pericolelor și operabilități (HAZOP)	SA	SA	A ³	A	A	B06
Analiza pericolelor și puncte critice de control (HACCP)	SA	SA	NA	NA	SA	B07
Evaluarea riscurilor de mediu	SA	SA	SA	SA	SA	B08
Structura „Ce s-ar întâmpla dacă...?” („What if”) (SWIFT)	SA	SA	SA	SA	SA	B09
Analiza scenariului	SA	SA	A	A	A	B10
Analiza de impact asupra afacerii	A	SA	A	A	A	B11
Analiza cauzei rădăcină	NA	SA	SA	SA	SA	B12
Analiza efectelor modului de defectare	SA	SA	SA	SA	SA	B13
Analiza arborelui de defecte	A	NA	SA	A	A	B14
Analiza arborelui de evenimente	A	SA	A	A	NA	B15
Analiza cauză-consecință	A	SA	SA	A	A	B16
Analiza cauză și efect	SA	SA	NA	NA	NA	B17
Analiza nivelurilor de protecție (LOPA)	A	SA	A	A	NA	B18
Arbore de decizii	NA	SA	SA	A	A	B19
Analiza fiabilității factorului uman	SA	SA	SA	SA	A	B20
Analiza papion	NA	A	SA	SA	A	B21
Mentenanță bazată pe fiabilitate	SA	SA	SA	SA	SA	B22
Analiza circuitelor parazite	A	NA	NA	NA	NA	B23
Analiza Markov	A	SA	NA	NA	NA	B24
Simulare Monte Carlo	NA	SA	NA	NA	SA	B25
Statistici Bayes și rețele Bayes	NA	SA	NA	NA	SA	B26
Curbele FN	A	SA	SA	A	SA	B27
Indici de risc	A	SA	SA	A	SA	B28
Matricea consecință/probabilitate	SA	SA	SA	SA	A	B29
Analiza cost/beneficiu	A	SA	A	A	A	B30
Analiza deciziei pe baza mai multor criterii (MCDA)	A	SA	A	SA	A	B31
1 Foarte aplicabil. 2 Inaplicabil 3 Aplicabil						

Tabelul A.2 Atribute ale unei selecții de instrumente pentru evaluarea riscurilor

Tip de tehnică de evaluare a riscurilor	Descriere	Relevanța factorilor cu influență			Poate furniza un rezultat calitativ?
		Resurse și capacitate	Natura și gradul de incertitudine	Complexitate	
METODE DE CĂUTARE					
Liste de verificare	O formă simplă de identificare a riscurilor. O tehnică care furnizează o listă a incertitudinilor tipice care trebuie avute în vedere. Utilizatorii se raportează la o listă, coduri și standarde stabilite anterior.	Redus	Redus	Redus	Nu
Analiza preliminară a pericolelor	O metodă simplă inductivă de analiză a cărei obiectiv este de a identifica pericolele, situațiile și evenimentele periculoase care pot afecta negativ o anumită activitate, facilitare sau sistem date	Redus	Ridicat	Mediu	Nu
METODE DE SPRIJIN					
Interviu structurat și brainstorming	Modalitate de a colecta o varietate largă de idei, evaluarea și clasificarea acestora de o echipă. Brainstorming-ul poate fi stimulat prin întrebări sau prin tehnici de interviu cu un singur individ sau mai mulți	Redus	Redus	Redus	Nu
Tehnica Delphi	Modalitate de a combina opiniile experților care pot realiza identificarea surselor și influențelor, estimarea și probabilitatea consecințelor și estimarea riscurilor. Este o tehnică colaborativă pentru a atinge consensul în rândul experților. Implică analiză independentă și votul experților.	Mediu	Mediu	Mediu	Nu
SWIFT (structura „what if”)	Sistem pentru stimularea unei echipe pentru a identifica riscurile. În mod normal utilizată în cadrul unui seminar. În mod normal este legat de o tehnică de analiză și estimare a riscurilor.	Mediu	Mediu	Oricare	Nu
Analiza fiabilității factorului uman(HRA)	HRA se referă la impactul oamenilor asupra performanței sistemului și poate fi utilizată pentru a evalua influențele erorilor umane asupra sistemului.	Mediu	Mediu	Mediu	Da
ANALIZA SCENARIILOR					
Analiza cauzei rădăcină (analiza pierderii singulare)	Se analizează o pierdere singulară care a avut loc pentru a înțelege cauzele care au contribuit la aceasta și modul în care sistemul sau procesul pot fi îmbunătățite pentru a evita astfel de pierderi pe viitor.	Mediu	Redus	Mediu	Nu

	Analiza va avea în vedere ce mijloace de control erau implementate la data la care a avut loc pierderea și modul în care aceste mijloace de control pot fi îmbunătățite.				
Analiza scenariului	Se identifică posibile scenarii viitoare prin imaginație și extrapolare de la situația prezentă și sunt avute în vedere diverse riscuri presupunând că pot avea loc fiecare dintre aceste scenarii. Această activitate poate fi realizată oficial sau neoficial, calitativ sau cantitativ.	Mediu	Ridicat	Mediu	Nu
Evaluarea riscului toxicității	Sunt identificate și analizate pericolele și posibile modalități prin care o țintă particulară poate fi expusă la pericolul respectiv. Informațiile privind nivelul de expunere și natura pericolului cauzat de un anumit nivel de expunere sunt combinate pentru a da măsura probabilității apariției pericolului respectiv.	Ridicat	Ridicat	Mediu	Da
Analiza de impact asupra afacerii	Furnizează o analiză a modului în care riscuri de perturbare majore pot afecta funcționarea unei organizații și identifică și cuantifică capabilitățile care ar fi necesare pentru gestionarea acestora.	Mediu	Mediu	Mediu	Nu
Analiza arborelui de defecte	Tehnică care pornește de la un eveniment nedorit (eveniment primar) și determină toate modalitățile în care acesta poate avea loc. Aceste modalități sunt reprezentate grafic printr-o diagramă logică arborescentă. După dezvoltarea arborelui de defecte trebuie să se acorde atenție mijloacelor de a reduce sau de a elimina cauzele/sursele posibile.	Ridicat	Ridicat	Mediu	Nu
Analiza arborelui de evenimente	Se folosește un raționament inductiv pentru a traduce probabilitățile diferitelor evenimente în posibile consecințe.	Mediu	Mediu	Mediu	Da
Analiza cauză-consecințe	Combinație între analiza arborelui de defecte și analiza arborelui de evenimente care permite includerea de întârzieri. Se au în vedere atât cauzele, cât și consecințele unui eveniment inițiator.	Ridicat	Mediu	Ridicat	Da
Analiza cauză-efect	Un efect poate avea un număr de factori contributory care pot fi grupați în diverse categorii. Factorii contributory sunt identificați deseori prin <i>brainstorming</i> și reprezentați într-o diagramă os de pește.	Redus	Redus	Mediu	Da
ANALIZA FUNCȚIEI					
FMEA și FMECA	Analiza efectelor modului de defectare FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) este o tehnică utilizată pentru a identifica modurile și mecanismele de defectare și efectele acestora.	Mediu	Mediu	Mediu	Da

	Există câteva tipuri de FMEA: FMEA a conceptului (sau produsului) care este utilizată pentru componente și produse, FMEA a sistemului care este utilizată pentru sisteme, FMEA a proceselor utilizată pentru procese de fabricație și asamblare, FMEA a serviciilor și FMEA a software. FMEA poate fi urmată de o analiză de criticitate realizată pentru a defini semnificația fiecărui mod de defectare, calitativ, semi-cantitativ sau cantitativ (FMECA). Analiza de criticitate se poate baza pe probabilitatea că modul de defectare va conduce la defectarea sistemului, sau la nivelul de risc asociat cu modul de defect sau la un ordin de prioritate al riscului.				
Mentenanță bazată pe fiabilitate	Metodă de identificare a politicilor care se recomandă să fie implementate pentru gestionarea defectelor astfel încât să se realizeze eficient și efectiv nivelul de siguranță necesar, disponibilitatea și economia în funcționare pentru toate tipurile de echipamente.	Mediu	Mediu	Mediu	Da
Analiza viciilor ascunse (analiza circuitelor parazite)	Metodologie pentru identificarea erorilor de proiectare. O condiție ascunsă este un <i>hardware</i> , <i>software</i> sau condiție integrată care poate conduce la apariția unui eveniment nedorit sau poate inhiba un eveniment dorit și care nu este cauzat de o defectare a componentei. Aceste condiții sunt caracterizate de natura lor aleatorie și de capacitatea de a scăpa nedetectate pe durata celor mai riguroase teste standardizate ale sistemului. Condițiile ascunse pot conduce la o funcționare necorespunzătoare, pierderea disponibilității sistemului, întârzieri ale programului sau chiar decesul sau vătămarea personalului	Mediu	Mediu	Mediu	Nu
HAZOP Studii privind pericolele și operabilitatea	Proces general de identificare a riscurilor pentru a defini posibile devieri de la performanța anticipată sau dorită. Utilizează un sistem pe bază de cuvânt-cheie. Se evaluează criticitatea devierilor.	Mediu	Ridicat	Ridicat	Nu
HACCP Analiza pericolelor și puncte critice de control	Un sistem proactiv și preventiv pentru asigurarea calității produselor, a fiabilității și siguranței proceselor, prin măsurare și monitorizarea caracteristicilor specifice care trebuie menținute între limitele stabilite	Mediu	Mediu	Mediu	Nu

EVALUAREA MIJLOACELOR DE CONTROL					
LOPA (Analiza nivelurilor de protecție)	(Poate fi denumită și analiza obstacolelor.) Permite evaluarea mijloacelor de control și a eficienței acestora.	Mediu	Mediu	Mediu	Da
Analiza papion	Modalitate simplă, sub formă de diagramă, care descrie și analizează traseul unui risc pornind de la pericole până la consecințe și care analizează mijloacele de control. Poate fi considerată o combinație între logica unui arbore de defecte care analizează cauza unui eveniment (reprezentată printr-un nod de cravată) și analiza tip arbore de evenimente care analizează consecințele.	Mediu	Ridicat	Mediu	Da
METODE STATISTICE					
Analiza Markov	Uneori denumită analiza <i>stare-spațiu</i> , este în mod normal utilizată în analiza sistemelor complexe reparabile care pot exista în multiple stări, inclusiv diverse stări de degradare.	Ridicat	Redus	Ridicat	Da
Analiza Monte-Carlo	Simularea Monte Carlo este utilizată pentru a stabili variația totală a sistemului care rezultă din variații ale sistemului, pentru un număr de intrări, în care fiecare intrare are o distribuție definită, iar intrările sunt raportate la rezultate prin relații definite. Analiza se poate utiliza pentru un model specific în care interacțiunile diverselor intrări pot fi definite matematic. Intrările se pot baza pe o varietate de tipuri de distribuție conform naturii incertitudinii pe care o reprezintă. În mod obișnuit, pentru evaluarea riscurilor sunt utilizate distribuțiile triunghiulare sau beta.	Ridicat	Redus	Ridicat	Da
Analiza Bayes	Procedură statistică care utilizează date anterioare privind distribuția pentru a evalua probabilitatea rezultatului. Analiza bayesiană depinde de acuratețea distribuției anterioare pentru a deduce un rezultat precis. Rețelele de tip bayesian modelează relațiile cauză-efect într-o varietate de domenii, prin surprinderea relațiilor probabilistice ale intrărilor variabile pentru a deduce un rezultat.	Ridicat	Redus	Ridicat	Da

Anexa B (informativă)

Tehnici de evaluare a riscurilor

B.1 Brainstorming

B.1.1. Prezentare generală

Brainstorming implică stimularea și încurajarea conversației libere în cadrul unui grup de persoane competente în vederea identificării modurilor posibile de defectare și a pericolelor aferente, a riscurilor și a criteriilor privind deciziile și/sau opțiunile pentru tratarea riscurilor. Termenul de „*brainstorming*” este deseori utilizat cu sensul larg de discuție în grup. Totuși, adevăratul proces de *brainstorming* implică anumite tehnici prin care se încearcă să se stimuleze imaginația participanților cu ajutorul gândurilor și opiniilor celorlalte persoane din grup.

Facilitarea efectivă este foarte importantă în cadrul acestei tehnici și include stimularea discuției la început și încurajarea periodică pentru a face grupul să abordeze alte zone relevante și să surprindă subiectele generate de discuție (care, de obicei, este una însuflețită).

B.1.2 Domeniu de utilizare

Tehnica de *brainstorming* poate fi folosită împreună cu alte metode de evaluarea riscurilor descrise mai jos sau poate fi utilizată în mod independent ca o tehnică de stimulare a gândirii imaginative în orice etapă a procesului de management al riscurilor și în orice etapă a ciclului de viață a unui sistem. Poate fi utilizată pentru discuții la un nivel ridicat în cadrul cărora sunt identificate probleme, pentru o revizuire mai detaliată sau la un nivel detaliat pentru probleme particulare.

Brainstorming pune puternic accentul pe imaginație. Este așadar, utilă în special la identificarea riscurilor implicate de o nouă tehnologie în cazurile în care nu există date sau este necesară găsirea unor soluții originale la probleme.

B.1.3 Date de intrare

O echipă cu cunoștințe privind organizarea, sistemul, procesul sau aplicația supuse evaluării.

B.1.4 Proces

Brainstorming poate fi formal sau informal. Varianta formală este mai structurată cu participanții pregătiți în prealabil, iar sesiunea are un scop și rezultate definite și un mijloc de evaluare a ideilor discutate. Varianta informală este mai puțin structurată și deseori mai spontană.

În cadrul unui proces formal:

- înaintea sesiunii, moderatorul pregătește cuvinte-cheie și stimuli adecvați contextului;
- sunt definite obiectivele sesiunii și sunt explicate regulile;
- moderatorul inițiază un șir de idei, iar participanții explorează ideile identificând cât mai multe probleme posibil. În acest stadiu, nu se discută dacă ideile care apar trebuie sau nu incluse într-o listă sau ce semnificație au anumite formulări pentru că aceasta tinde să inhibe libera circulație a ideilor. Toate contribuțiile sunt acceptate, niciuna nu este criticată, iar grupul se mișcă rapid pentru a permite ideilor să conducă la gândire laterală;
- moderatorul poate direcționa participanții în alt sens când o direcție a fost epuizată sau discuția deviază prea mult. Totuși, scopul este de a aduna cât mai multe idei diferite pentru o analiză ulterioară.

B.1.5 Date de ieșire

Rezultatele depind de stadiul procesului de management al riscurilor la care se aplică. De exemplu în etapa de identificare, rezultatele pot fi o listă de riscuri și mijloace curente de control al acestora.

Răspunsurile trebuie luate în considerație cu un grad de flexibilitate pentru a furniza ocazia de a se explora zone în care interviuatul vrea să pătrundă.

B.2.5. Date de ieșire

Rezultatele sunt opiniile părților interesate asupra problemelor care au făcut obiectul interviurilor.

B.2.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale interviurilor structurate sunt:

- lasă persoanelor interviuate timp să reflecteze la un anumit subiect
- comunicarea față în față poate permite o reflectare mai aprofundată asupra subiectelor
- interviurile structurate permit implicarea unui număr mai mare de părți interesate decât tehnica *brainstorming* care recurge la un grup relativ redus.

Punctele slabe constau în faptul că:

- în acest mod moderatorul trebuie să aloce mult timp pentru a obține mai multe opinii
- părerile aparte sunt tolerate și nu sunt excluse din discuțiile de grup
- este posibil ca stimularea imaginației, o caracteristică a *brainstorming*-lui, să nu fie obținută.

B.3 Tehnica Delphi

B.3.1 Prezentare generală

Tehnica Delphi este o procedură de obținere a unui consens de opinie de la un grup de experți. Deși, în prezent, termenul este deseori folosit în sens larg pentru a face referire la *brainstorming*, o caracteristică esențială a tehnicii Delphi, așa cum a fost inițial formulată, a fost aceea că experți și-au exprimat opiniile în mod individual și anonim, având acces la punctele de vedere ale altor experți pe măsură ce procesul avansa.

B.3.2 Domeniu de utilizare

Tehnica Delphi poate fi aplicată în orice stadiu al procesului de management al riscurilor sau în orice etapă a ciclului de viață a sistemului în orice situație în care este necesar un consens al opiniilor experților.

B.3.3 Date de intrare

Set de opțiuni pentru care este necesar un consens.

B.3.4 Proces

Este chestionat un grup de experți, folosindu-se un chestionar semistrukturat. Experții nu se întâlnesc, deci opiniile lor sunt independente.

Procedura este după cum urmează:

- formarea unei echipe pentru inițierea și monitorizarea procesului Delphi
- selectarea unui grup de experți (poate fi vorba de unu sau mai multe grupuri de experți)
- elaborarea unui chestionar inițial
- testarea chestionarului
- trimiterea chestionarului la listele de experți, în mod independent
- sunt analizate și combinate informațiile provenite de la prima tranșă de răspunsuri și retransmise listelor de experți
- experții răspund și procesul este repetat până se ajunge la un consens.

Răspunsurile trebuie luate în considerație cu un grad de flexibilitate pentru a furniza ocazia de a se explora zone în care interviuatul vrea să pătrundă.

B.2.5. Date de ieșire

Rezultatele sunt opiniile părților interesate asupra problemelor care au făcut obiectul interviurilor.

B.2.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale interviurilor structurate sunt:

- lasă persoanelor interviuate timp să reflecteze la un anumit subiect
- comunicarea față în față poate permite o reflectare mai aprofundată asupra subiectelor
- interviurile structurate permit implicarea unui număr mai mare de părți interesate decât tehnica *brainstorming* care recurge la un grup relativ redus.

Punctele slabe constau în faptul că:

- în acest mod moderatorul trebuie să aloce mult timp pentru a obține mai multe opinii
- părerile aparte sunt tolerate și nu sunt excluse din discuțiile de grup
- este posibil ca stimularea imaginației, o caracteristică a *brainstorming*-lui, să nu fie obținută.

B.3 Tehnica Delphi

B.3.1 Prezentare generală

Tehnica Delphi este o procedură de obținere a unui consens de opinie de la un grup de experți. Deși, în prezent, termenul este deseori folosit în sens larg pentru a face referire la *brainstorming*, o caracteristică esențială a tehnicii Delphi, așa cum a fost inițial formulată, a fost aceea că experții și-au exprimat opiniile în mod individual și anonim, având acces la punctele de vedere ale altor experți pe măsură ce procesul avansa.

B.3.2 Domeniu de utilizare

Tehnica Delphi poate fi aplicată în orice stadiu al procesului de management al riscurilor sau în orice etapă a ciclului de viață a sistemului în orice situație în care este necesar un consens al opiniilor experților.

B.3.3 Date de intrare

Set de opțiuni pentru care este necesar un consens.

B.3.4 Proces

Este chestionat un grup de experți, folosindu-se un chestionar semistrukturat. Experții nu se întâlnesc, deci opiniile lor sunt independente.

Procedura este după cum urmează:

- formarea unei echipe pentru inițierea și monitorizarea procesului Delphi
- selectarea unui grup de experți (poate fi vorba de unu sau mai multe grupuri de experți)
- elaborarea unui chestionar inițial
- testarea chestionarului
- trimiterea chestionarului la listele de experți, în mod independent
- sunt analizate și combinate informațiile provenite de la prima tranșă de răspunsuri și retransmise listelor de experți
- experții răspund și procesul este repetat până se ajunge la un consens.

B.3.5 Date de ieșire

Convergența spre atingerea unui consens privind subiectul în cauză.

B.3.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari includ:

- opiniile fiind anonime, este posibil să se exprime și opinii mai puțin populare;
- toate opiniile au aceeași pondere, fapt ce permite evitarea problemei privind personalitățile dominante
- permite obținerea proprietății asupra rezultatelor
- participanții nu trebuie reușiți în același loc simultan.

Punctele slabe includ:

- necesită mult efort și timp
- participanții trebuie să se poată exprima clar în scris.

B.4 Liste de verificare

B.4.1 Prezentare generală

Listele de verificare sunt liste de pericole, riscuri și eșecuri ale mijloacelor de control care au fost dezvoltate, de regulă, empiric, fie ca rezultat al unei evaluări anterioare a riscurilor sau ca rezultat al unor eșecuri anterioare.

B.4.2 Domeniu de utilizare

Poate fi utilizată o listă de verificare pentru a identifica pericolele și riscurile sau pentru a evalua eficacitatea mijloacelor de control. Acestea se pot folosi în orice stadiu al ciclului de viață a produsului, procesului sau sistemului. Poate fi folosită ca parte a altor tehnici de evaluarea riscurilor; totuși, sunt mai utile când se aplică pentru a verifica dacă au fost acoperite toate aspectele după aplicarea unei tehnici mai imaginative care identifică noi probleme.

B.4.3 Date de intrare

Informații sau expertiză anterioare privind problema în cauză astfel încât să poată fi selectată sau dezvoltată o listă de verificare relevantă și, preferabil, validată.

B.4.4 Proces

Procedura este următoarea:

- se definește obiectul activității;
- se selectează o listă de verificare care acoperă în mod adecvat obiectul în cauză. Listele trebuie selectate cu atenție în acest scop. De exemplu, o listă de verificare a mijloacelor standard de control nu poate fi folosită pentru a identifica noi pericole sau riscuri
- persoana sau echipa care utilizează pașii din lista de verificare prin fiecare element al procesului sau sistemului revizuieste dacă componentele listei sunt prezente.

B.4.5 Date de ieșire

Rezultatele depind de stadiul procesului de management al riscurilor. De exemplu, rezultatul poate fi o listă de mijloace de control care sunt necorespunzătoare sau o listă de riscuri.

B.4.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale listelor de verificare includ:

- pot fi folosite de neexperți
- când sunt bine concepute, combină o expertiză largă într-un sistem ușor de utilizat
- contribuie la faptul că problemele obișnuite nu sunt uitate.

Punctele slabe includ:

- tind să inhibe imaginația în cadrul procesului de identificare a riscurilor
- se referă la „cunoștințele pe care știm că le cunoaștem” și nu „cunoștințele pe care știm că nu le cunoaștem” sau la „cunoștințele pe care nu știm că nu le cunoaștem”
- încurajează comportamentul de tip „bifează căsuța”
- tind să se bazeze pe observație, așa că sunt trecute cu vederea problemele care nu sunt ușor de depistat

B.5 Analiza preliminară a pericolelor (PHA)

B.5.1 Prezentare generală

PHA este o metodă simplă, inductivă de analiză a cărui obiectiv este de a identifica pericolele și situațiile și evenimentele periculoase care pot afecta negativ o activitate, o facilitare sau un sistem.

B.5.2 Domeniu de utilizare

Cel mai frecvent este pusă în practică în faza inițială a dezvoltării unui proiect atunci când există puține informații privind detaliile conceptuale sau procedurile de operare și adeseori poate fi precursorul unor studii ulterioare sau poate furniza informații pentru specificația proiectării unui sistem. De asemenea, poate fi utilă la analiza sistemelor existente pentru ierarhizarea pericolelor și riscurilor pentru o analiză ulterioară sau în cazurile în care împrejurările nu permit utilizarea unei tehnici mai extinse.

B.5.3 Date de intrare

Intrările includ:

- informații privind sistemul care va fi evaluat
- detalii privind proiectarea sistemului care sunt disponibile și relevante.

B.5.4. Proces

Este formulată o listă a pericolelor, a situațiilor periculoase și a riscurilor generice avându-se în vedere caracteristici precum:

- materialele produse sau utilizate și reactivitatea lor
- echipamentele utilizate
- mediul de funcționare
- amplasamentul
- interfețele între componentele sistemului etc.

Pentru identificarea riscurilor în vederea unei evaluări ulterioare se realizează o analiză calitativă a consecințelor unui eveniment nedorit sau o analiză a probabilității acestora.

PHA trebuie actualizată în etapele de proiectare, construcție sau testare pentru a depista orice noi pericole și pentru a face corecții dacă este necesar. Rezultatele obținute pot fi prezentate în diverse moduri, de exemplu tabele și scheme arborescente.

B.5.5 Date de ieșire

Rezultatele includ:

- o listă a pericolelor și riscurilor
- recomandări sub formă de acceptare, mijloace de control recomandate, specificație de proiectare sau cerințe pentru o evaluare mai detaliată.

B.5.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari includ:

- poate fi folosită când informațiile sunt limitate
- permite luarea în considerare a riscurilor foarte devreme în ciclul de viață a sistemului.

Punctele slabe includ:

- o PHA furnizează numai informații preliminare; nu este cuprinzătoare, nici nu furnizează informații detaliate privind riscurile și modul în care acestea pot fi prevenite cel mai bine.

B.6 HAZOP

B.6.1. Prezentare generală

HAZOP este acronimul pentru *HAZard and OPerability study* sau studiul pericolelor și operabilității și este o examinare structurată și sistematică a unui produs, proces, procedură sau sistem viitoare sau existente. Este o tehnică de identificare a riscurilor la adresa persoanelor, echipamentelor, mediului și/sau obiectivelor organizaționale. De asemenea, se anticipează ca echipa care se ocupă de studiu să prezinte o soluție pentru tratarea riscului, ori de câte ori este posibil.

Procesul HAZOP este o tehnică calitativă bazată pe utilizarea de cuvinte-cheie, prin care se interoghează modul în care este posibil ca intenția de proiectare sau condițiile de operare să nu fie puse în practică în fiecare etapă a proiectului, procesului, procedurii sau sistemului. În general, HAZOP este realizat de o echipă multidisciplinară pe durata unei serii de întâlniri.

HAZOP este similar cu FMEA prin faptul că identifică modurile de defectare ale unui proces, sistem sau procedură, cauzele și consecințele acestora. Diferența constă în faptul că echipa are în vedere rezultatele și devierile nedorite de la rezultatele și condițiile care trebuie realizate și identifică posibilele cauze și moduri de defectare, în timp ce FMEA începe prin a identifica modurile de defectare.

B.6.2 Domeniu de utilizare

Tehnica HAZOP a fost dezvoltată inițial pentru a analiza sisteme de procese chimice, dar ulterior a fost extinsă la alte tipuri de sisteme și operațiuni complexe. Acestea includ sisteme mecanice și electronice, proceduri și sisteme *software* și se referă inclusiv la modificări organizaționale și elaborarea și revizuirea contractelor.

Procesul HAZOP poate aborda toate formele de deviere de la intenția de proiectare determinate de deficiențe ale proiectării, componentelor, procedurilor și acțiunilor umane planificate.

Este folosită pe scară largă pentru revizuirea proiectării *software*. Când se aplică controlului instrumentelor critice de siguranță și sistemelor computerizate, poate fi denumit CHAZOP (Control HAZards and OPerability Analysis sau Computer HAZard and OPerability Analysis)

Un studiu HAZOP este, de obicei, întreprins în etapa de proiectare de detaliu, când este disponibilă o diagramă completă a procesului avut în vedere, totuși când modificările aduse proiectării sunt încă practicabile. Cu toate acestea, poate fi efectuat printr-o tratare etapizată, cu diverse cuvinte-cheie pentru fiecare etapă, pe măsură ce se detaliază proiectul. Un studiu HAZOP poate fi, de asemenea, realizat în timpul funcționării, dar modificările necesare pot fi costisitoare în acea etapă.

B.6.3 Date de intrare

Intrările esențiale la un studiu HAZOP cuprind informațiile curente privind sistemul, procesul sau procedura ce vor fi revizuite și intenția și specificațiile de proiectare. Intrările pot include: scheme, fișe de specificații, diagrame de flux, diagrame de control al proceselor și diagrame logice, scheme de amplasare, proceduri de operare și întreținere și proceduri de răspuns în situații de urgență. Pentru HAZOP care nu sunt *hardware*, intrările pot consta în orice document care descrie funcțiile și elementele sistemului sau procedura în curs de studiere. De exemplu, intrările pot fi diagrame organizaționale și descrieri de roluri, un contract preliminar sau chiar o procedură preliminară.

B.6.4. Proces

HAZOP preia „proiectul” și specificația procesului, procedurii sau sistemului studiat și revizuieste fiecare parte a acestora pentru a descoperi ce devieri de la performanțele prevăzute pot apărea, care sunt cauzele posibile și care sunt consecințele probabile ale unei devieri. Acest lucru este realizat prin examinarea sistematică a modului în care fiecare parte din sistem, proces sau procedură va răspunde la modificările parametrilor-cheie, prin utilizarea cuvintelor-cheie adecvate. Aceste cuvinte pot fi personalizate pentru un anumit sistem, proces sau procedură sau pot fi folosite cuvinte generice care să cuprindă toate tipurile de deviere. Tabelul B.1 furnizează exemple de cuvinte-cheie folosite frecvent pentru sisteme tehnice. Cuvinte-cheie similare, precum „prea devreme”, „prea târziu”, „prea mult”, „prea puțin”, „prea lung”, „prea scurt”, „direcție greșită”, „obiect greșit”, „acțiune greșită” pot fi folosite pentru a identifica moduri de eroare umană.

Etapile uzuale ale unui studiu HAZOP includ:

- nominalizarea unei persoane cu responsabilitatea și autoritatea necesare pentru a derula studiul HAZOP și pentru a se asigura că se finalizează orice acțiuni generate de studiu;
- definirea obiectivelor și obiectului studiului;
- stabilirea unui set de cuvinte-cheie pentru studiu;
- definirea unei echipe responsabile cu studiul HAZOP; această echipă este, de regulă, multidisciplinară și ar trebui să includă personal cu atribuții de proiectare și operare, cu expertiză tehnică adecvată pentru a evalua efectele devierilor de la proiectul viitor sau curent. Se recomandă ca echipa să includă persoane care nu sunt direct implicate în proiectarea, sistemelor, proceselor sau procedurilor în curs de revizuire;
- colectarea documentației necesare

În cadrul unui seminar cu participarea echipei responsabile cu studiul:

- defalcarea sistemului, procesului sau procedurii în elemente mai mici sau sub-sisteme, sub-procese sau sub-elemente pentru a face revizuirea posibilă;
- stabilirea intenției de proiectare pentru fiecare sub-sistem, sub-proces sau sub-element, și apoi pentru fiecare componentă în acel sistem sau element aplicarea de cuvinte-cheie, unul după altul, pentru a postula posibile devieri care vor avea rezultate nedorite;
- când se identifică un rezultat nedorit, stabilirea cauzei și consecințelor în fiecare caz și sugerarea modului în care acestea pot fi tratate pentru a preveni apariția lor sau pentru a le atenua consecințele;
- documentarea discuției și stabilirea de acțiuni specifice pentru a trata riscurile identificate.

Tabelul B.1 Exemple de posibile cuvinte-cheie HAZOP

Termeni	Definiții
Nu sau niciun	Nu se realizează nicio parte din rezultatul dorit sau condiția dorită este inexistentă.
Mai mult (superior)	Creșterea cantitativă a rezultatului sau condiției de operare
Mai puțin(inferior)	Reducerea cantitativă
Precum și	Creșterea cantitativă (de exemplu, material suplimentar)
Parte a	Reducerea cantitativă (de exemplu, numai una sau două componente într-un amestec)
Invers/opus	Opus (de exemplu, reflux)
Altul decât	Nu se realizează nicio parte din intenția inițială, are loc ceva complet diferit (de exemplu, flux sau material greșit)
Compatibilitate	Material, mediu
Cuvintele-cheie se aplică parametrilor precum	
	Proprietăți fizice ale unui material sau proces Condiții fizice precum temperatură, viteză Intenția specificată a unei componente a unui sistem sau proiect (de exemplu, transfer de informații) Aspecte operaționale

B.6.5 Date de ieșire

Procesul verbal al ședințelor din cadrul HAZOP, cu înregistrarea elementelor pentru fiecare punct a revizuirii. Acesta ar trebui să includă: cuvântul-cheie utilizat, devierile, cauzele posibile, acțiunile pentru abordarea problemelor identificate și a persoanei responsabile pentru acțiunea respectivă.

Pentru orice deviere care nu poate fi corectată, trebuie evaluat riscul de deviere.

B.6.6 Puncte tari și puncte slabe

O analiză HAZOP oferă următoarele avantaje:

- asigură mijloacele de examinare sistematică și riguroasă a unui sistem, proces sau procedură;
- implică o echipă multidisciplinară, inclusiv persoane cu experiență operațională practică și persoane care este posibil să trebuiască să deruleze acțiuni de remediere;
- generează soluții și acțiuni de tratare a riscurilor;
- este aplicabilă unei game largi de sisteme, procese și proceduri;
- permite identificarea explicită a cauzelor și consecințelor erorii umane;
- creează evidențe scrise ale procesului, care pot fi folosite pentru a demonstra conformitatea.

Punctele slabe includ:

- o analiză detaliată poate fi de lungă durată și prin aceasta costisitoare;
- o analiză detaliată necesită un nivel ridicat de documentare sau specificație privind sistemul/procesul și procedura;
- se poate concentra pe găsirea de soluții detaliate mai degrabă decât pe punerea în discuție a premiselor fundamentale (totuși, acest lucru poate fi atenuat pentru o tratare etapizată);
- discuția se poate concentra pe probleme de detaliu privind proiectul și nu pe probleme mai mari sau externe;
- există constrângerea proiectului (preliminar) și a intenției de proiectare, a obiectului și obiectivelor stabilite echipei;
- procesul se bazează mult pe expertiza proiectanților care pot întâmpina dificultăți în a fi suficient de obiectivi pentru a identifica problemele proiectelor lor.

B.6.7. Document de referință

IEC 61882, *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application Guide*

B.7 Analiza pericolelor și puncte critice de control (HACCP)**B.7.1 Prezentare generală**

Analiza pericolelor și puncte critice de control (HACCP) furnizează o structură pentru identificarea pericolelor și implementarea de mijloace de control la nivelul tuturor părților relevante dintr-un proces pentru a asigura protecție împotriva pericolelor și pentru a menține un nivel adecvat de calitate și siguranță a unui produs. HACCP are ca scop să asigure faptul că riscurile sunt minimalizate prin mijloace de control aplicate pe întreaga durată a procesului, în loc de a proceda la inspecția produsului finit.

B.7.2 Domeniu de utilizare

HACCP a fost concepută pentru a asigura calitatea alimentelor pentru programul spațiului al NASA. În prezent, este utilizată de organizații cu activități în domeniul alimentar pentru a controla riscurile de contaminare fizică, chimică sau biologică a alimentelor. De asemenea, utilizarea acesteia a fost extinsă la industria farmaceutică și fabricarea de dispozitive medicale. Principiul de identificare a componentelor care pot influența calitatea produselor și de definire a punctelor dintr-un proces unde parametri critici pot fi monitorizați și pericolele controlate poate fi generalizat la alte sisteme tehnice.

B.7.3 Date de intrare

HACCP pornește de la diagrama de bază a fluxului sau diagrama procesului și de la informații privind pericolele care pot afecta calitatea, siguranța și nivelul de încredere pe care îl prezintă un produs sau proces. Informațiile privind pericolele, riscurile și modurile în care acestea pot fi controlate constituie o intrare a analizei HACCP.

B.7.4 Proces

HACCP constă în următoarele șapte principii:

- identifică pericolele și măsurile de prevenire aferente acestor pericole;
- stabilește punctele din cadrul procesului unde pericolele pot fi controlate sau eliminate (puncte critice de control sau PCC);
- stabilește limitele critice necesare pentru a controla pericolele, de exemplu, pentru a asigura că pericolul este controlat, fiecare PCC trebuie să opereze în limitele unor parametri specifici;
- monitorizează limitele critice pentru fiecare PCC la intervale definite;
- stabilește acțiunile corective dacă procesul depășește limitele stabilite;
- stabilește procedurile de verificare;
- implementează proceduri de menținere de evidențe și documentație pentru fiecare etapă.

B.7.5 Date de ieșire

Evidențele documentate, inclusiv o fișă de analiză a pericolelor și un plan HACCP.

Fișa de analiza pericolelor enumeră pentru fiecare etapă a procesului:

- pericolele care pot fi introduse, controlate sau exacerbate în această etapă
- dacă pericolele prezintă un risc semnificativ (ținând cont de consecințele și probabilitatea determinate pe baza experienței, datelor și documentației tehnice)
- o justificare a semnificației
- măsuri preventive posibile pentru fiecare pericol
- dacă măsurile de monitorizare sau control pot fi aplicate în această etapă (adică este vorba de un PCC?)

Planul HACCP descrie procedurile ce vor fi urmate pentru a se asigura controlul unui anumit proiect, produs, proces sau procedură. Planul include o listă a tuturor PCC-rile și pentru fiecare dintre acestea:

- limitele critice pentru măsuri preventive
- activități de monitorizare și control continuu (inclusiv ce, cum și când va fi efectuată monitorizarea și de către cine)
- acțiuni corective necesare dacă sunt detectate devieri de la limitele critice
- activități de verificare și menținere de înregistrări.

B.7.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari includ:

- un proces structurat care asigură evidențe documentate pentru controlul calității, ca și identificarea și reducerea riscurilor;
- accent pe aspectele practice „cum” și „unde”, în cadrul unui proces, pot fi împiedicate pericolele care și pot fi controlate riscurile;
- un mai bun control al riscurilor pe parcursul procesului în loc de a pune bază pe inspecția finală a produsului;
- abilitatea de a identifica pericole generate de acțiuni umane și modul în care acestea pot fi controlate la momentul introducerii sau ulterior.

Punctele slabe includ:

- HACCP ca pericolele să fie identificate, riscurile reprezentate de acestea să fie definite și semnificația lor să fie înțeleasă ca intrare la proces. Mijloacele adecvate de control trebuie să fie, de asemenea, definite. Acestea sunt necesare pentru a specifica punctele critice de control și parametri de control pe durata HACCP și pentru atingerea acestui scop poate fi necesar să fie combinate cu alte instrumente.
- acționând atunci când parametri de control depășesc limitele definite se pot pierde din vedere modificările graduale suferite de parametri de control care sunt semnificativi statistic și care necesită la rândul lor să se acționeze.
-

B.7.7 Document de referință

ISO 22000, *Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain*

B.8 Evaluarea toxicității

B.8.1 Prezentare generală

Evaluarea riscurilor privind mediul înconjurător este utilizată aici pentru a cuprinde procesul destinat evaluării riscurilor la adresa plantelor, animalelor și oamenilor ca rezultat al expunerii la o serie de pericole privind mediul. Managementul riscurilor se referă la etape decizionale, inclusiv evaluarea și tratarea riscurilor.

Metoda implică analiza pericolului sau sursei nocive și modul în care aceasta afectează populația-țintă, precum și mijloacele în care pericolul poate ajunge la o populația-țintă susceptibilă. Aceste informații sunt combinate pentru a prezenta o estimare a extinderii probabile și a naturii vătămării.

B.8.2 Domeniu de utilizare

Procesul este utilizat pentru a evalua riscurile care afectează plantele, animalele și oamenii ca rezultat al expunerii la pericole, precum substanțe chimice, microorganisme sau de altă natură.

Aspecte privind metodologia, precum analiza parcursului care explorează diversele rute prin care o țintă poate fi expusă la o sursă de risc, pot fi adaptate și utilizate într-o gamă foarte largă de zone diferite de risc, în afara zonei de sănătate umană și mediu, și este utilă în identificarea modurilor de reducere a riscurilor.

B.8.3 Date de intrare

Metoda implică deținerea de date sigure în ceea ce privește natura și proprietățile pericolelor considerate, predispozițiile populației (iilor) țintă și modul în care acești doi factori interacționează. În general, aceste date se bazează pe o cercetare în laborator sau epidemiologică.

B.8.4 Proces

Procedura este următoarea:

- Formularea problemei – include stabilirea obiectului evaluării prin definirea populațiilor-țintă și a tipurilor de pericole relevante;
- Identificarea pericolelor – implică identificarea tuturor surselor posibile de pericole la adresa populației-țintă în cadrul obiectului studiului. Identificarea pericolelor se bazează, în mod normal, pe cunoștințele experților și pe literatura de specialitate;
- Analiza pericolelor – implică înțelegerea naturii pericolului și a modului în care acesta interacționează cu ținta. De exemplu, când se are în vedere expunerea oamenilor la efectele substanțelor chimice, pericolul poate include toxicitate acută și cronică, potențialul de afectare a ADN-ului sau potențialul de a cauza apariția cancerului sau a malformațiilor congenitale. Pentru fiecare efect, magnitudinea efectului (răspuns) este comparată cu echivalentul cuantificat al pericolului la care ținta este expusă (doza) și, unde este cazul, mecanismul prin care efectul produs este stabilit. Se notează nivelurile la care nu există efect observabil (NOEL) și la care nu există efect advers observabil (NOAEL). Uneori sunt folosite criterii pentru acceptabilitatea riscului.

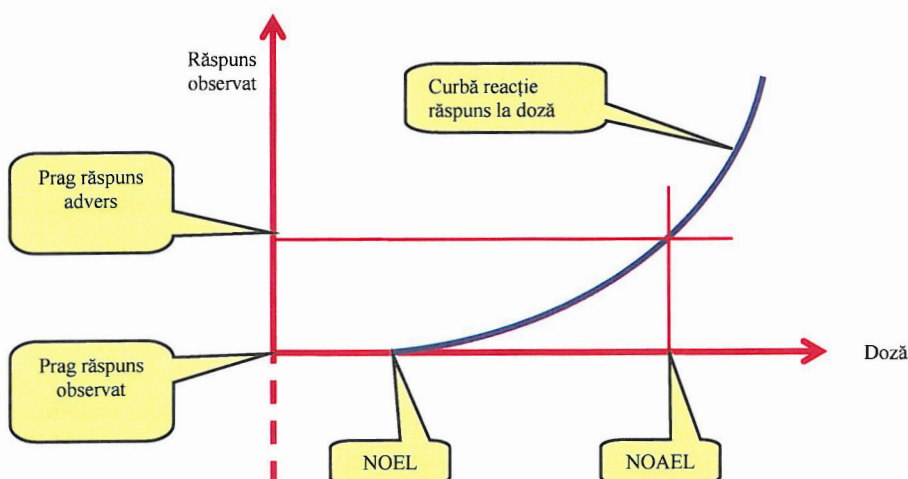


Figura B.1 Curba privind reacția de răspuns la doză

Pentru expunerea la substanțe chimice, rezultatele testelor sunt folosite pentru a obține curbele de reacție la doză, conform schemei din Figura B.1. Acestea sunt, de regulă, obținute din teste pe animale sau din sisteme experimentale precum țesuturile sau celulele de cultură.

Efectele altor pericole, precum microorganisme sau specii introduse, pot fi stabilite din datele din teren și studii epidemiologice. Se stabilește natura interacțiunii bolilor sau dăunătorilor cu ținta și se estimează probabilitatea unui anumit nivel de vătămare ca urmare a unei expuneri la pericol.

- Analiza expunerii – acest pas examinează modul în care o substanță periculoasă sau reziduuri din aceasta pot ajunge la o populație-țintă susceptibilă și în ce cantitate. Acest lucru implică deseori o analiză a parcursului care ia în considerare diversele căi prin care pericolul poate apărea, barierele care îl pot împiedica să atingă ținta și factorii care pot influența nivelul de expunere. De exemplu, când se are în vedere pulverizarea de substanțe chimice, analiza expunerii ar avea în vedere volumul pulverizat, modul în care pulverizarea a fost efectuată și

În ce condiții, existența unei expuneri directe a oamenilor sau animalelor, cât poate fi volumul de reziduuri rămase pe plante, evoluția în mediu a pesticidelor ajunse în sol, posibilitatea de acumulare în animale sau posibilitatea pătrunderii în pânza freatică. În cadrul problemei de securitate biologică, analiza poate avea în vedere modul în care orice substanțe dăunătoare care intră în țară pot ajunge, rămâne și împrăștiat în mediu.

- e) Caracterizarea riscurilor – în această etapă, informațiile provenite din analiza pericolelor și analiza expunerii sunt combinate pentru a estima probabilitățile consecințelor când sunt combinate efectele provenite din toate căile. Dacă există pericole multiple sau căi de manifestare a acestora, poate fi efectuată o evaluare inițială, iar analiza detaliată a pericolelor și expunerii și caracterizarea riscurilor pot fi efectuate pe baza unor scenarii de risc ridicat.

B.8.5 Date de ieșire

În mod normal, rezultatul constă în indicarea nivelului de risc provenit din expunerea unei anumite ținte la un anumit pericol în contextul dat. Riscul poate fi exprimat cantitativ, semi-cantitativ sau calitativ. De exemplu, riscul apariției cancerului este deseori exprimat cantitativ ca probabilitatea ca o persoană să se îmbolnăvească de cancer pe o perioadă specificată ca urmare a unei expuneri specificate la un contaminant. Se poate folosi analiza semi-cantitativă pentru a obține un indice de risc pentru un anumit contaminant sau substanță dăunătoare, iar rezultatul calitativ poate fi un nivel de risc (de exemplu, ridicat, mediu, redus) sau o prezentare de date practice privind efectele probabile.

B.8.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale acestei analize constau în faptul că asigură o înțelegere foarte detaliată a naturii problemei și a factorilor care sporesc riscul.

Analiza traseului este, în general, un instrument util pentru toate zonele de risc și permite identificarea modului și locurilor în care mijloacele de control pot fi îmbunătățite sau se pot introduce unele noi.

Totuși, sunt necesare date de încredere care deseori nu sunt disponibile sau sunt caracterizate de un nivel ridicat de incertitudine. De exemplu, curbele privind reacția de răspuns la doze, derivate din expunerea animalelor la niveluri ridicate de pericol, trebuie extrapolate pentru a estima efectele nivelurilor foarte reduse de agenți contaminanți la oameni; în acest sens, există multiple modele de urmat. În situațiile în care ținta este mediul înconjurător, și nu oamenii, iar pericolul nu este unul de natură chimică, datele direct relevante pentru anumite condiții ale studiului pot fi limitate.

B.9 Tehnica structurată „ce s-ar întâmpla dacă...” („*what if*”) (SWIFT)

B.9.1 Prezentare generală

SWIFT a fost concepută inițial ca o simplă alternativă la HAZOP. Tehnica este un studiu sistematic, bazat pe lucrul în echipă, prin utilizarea unui set de cuvinte sau expresii-cheie de către un moderator în cadrul unui seminar pentru a stimula participanții să identifice riscurile. Moderatorul și echipa utilizează expresii standard de tipul „ce s-ar întâmpla dacă...” („*what if*”) în combinație cu cuvinte-cheie pentru a investiga modul în care un sistem, o componentă a unei instalații, o organizație sau o procedură vor fi afectate de devieri de la operațiunile și comportamentul normal. SWIFT este aplicat, în general, la mai mult de un nivel al sistemului, având un grad de detaliere mai redus decât cel al HAZOP.

B.9.2 Domeniu de utilizare

Inițial, SWIFT a fost destinată studiului pericolelor în instalațiile chimice sau petrochimice. În prezent, tehnica este aplicată, în general, sistemelor, componentelor de instalații, procedurilor și organizațiilor. Se utilizează, în special, pentru a examina consecințele modificărilor și riscurile modificate sau create de acestea.

B.9.3 Date de intrare

Sistemul, procedura, componenta instalației și/sau modificarea trebuie definite cu atenție înainte de începerea studiului. Atât contextul extern, cât și cel intern sunt stabilite prin interviuri și studiul documentației, planurilor și schemelor furnizate de moderator. În mod normal, componenta, situația

sau sistemul sunt defalcate pe noduri sau elemente-cheie pentru a facilita analiza, însă acest lucru are loc la nivelul de definire impus de HAZOP.

O altă intrare-cheie constă în expertiza și experiența echipei responsabile cu studiul, echipă care trebuie selectată cu atenție. Toate părțile interesate trebuie să fie reprezentate, dacă este posibil, împreună cu persoane care au experiență în componente, sisteme, modificări sau situații similare.

B.9.4 Proces

Procedura generală decurge astfel:

a) Înainte de începerea studiului, moderatorul întocmește o listă de cuvinte sau expresii-cheie adecvate care se pot baza pe un set standard sau care poate fi creată pentru a permite o revizuire completă a pericolelor sau riscurilor.

b) În cadrul seminarului, contextul extern și intern al componentei, sistemului, modificării sau situației și obiectul studiului sunt discutate și convenite de comun acord.

c) Moderatorul cere participanților să se ridice și să discute:

- riscurile și pericolele cunoscute
- experiența și incidentele anterioare
- mijloacele de control și protecție cunoscute și existente
- cerințele și constrângerile de reglementare.

d) Discuția este facilitată prin punerea unei întrebări de tipul „ce s-ar întâmpla dacă...” („what if”) și prin folosirea unui cuvânt-cheie sau subiect. Expresiile de acest tip sunt „ce s-ar întâmpla dacă...”, „ce-ar fi dacă...”, „ar putea cineva sau ceva să ...”, „a făcut cineva sau ceva vreodată următorul lucru...”. Intenția este aceea de a stimula echipa studiului să exploreze posibile scenarii, cauzele, consecințele și impactul acestora.

e) Riscurile sunt sintetizate, iar echipa reflectează asupra mijloacelor de control implementate.

f) Descrierea riscului, cauzelor, consecințelor și mijloacelor anticipate de control sunt confirmate cu echipa și înregistrate.

g) Echipa are în vedere dacă mijloacele de control sunt adecvate și eficiente și convine asupra declarării eficienței modalității de controlul riscului. Dacă eficiența are un nivel mai puțin satisfăcător, echipa are ulterior în vedere sarcinile de remediere a riscurilor și definirea mijloacelor potențiale de control.

h) Pe durata acestei discuții, sunt puse alte întrebări de tipul „ce s-ar întâmpla dacă...” pentru identificarea altor riscuri.

i) Moderatorul utilizează lista de cuvinte-cheie pentru a monitoriza discuția și pentru a sugera probleme suplimentare și scenarii supuse echipei pentru a fi discutate.

j) Este normal să se recurgă la o metodă de evaluarea calitativă sau semicalitativă a riscurilor pentru a prioritiza acțiunile create. Această evaluare a riscurilor este, în mod obișnuit, derulată avându-se în vedere mijloacele existente de control și eficiența acestora.

B.9.5 Date de ieșire

Rezultatele includ un registru al riscurilor, cu acțiuni și sarcini clasificate în funcție de acestea. Aceste sarcini pot deveni baza unui plan de remediere.

B.9.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale SWIFT:

- tehnica are o aplicabilitate largă asupra tuturor formelor de instalații sau sisteme, situații sau împrejurări, organizații sau activități
- necesită o minimă pregătire a echipei
- este relativ rapidă, iar pericolele și riscurile majore devin rapid vizibile în cadrul seminarului
- studiul este orientat spre sisteme și permite participanților să descopere reacția sistemului la devieri mai degrabă decât să examineze consecințele defectării componentelor

- poate fi folosită pentru a identifica oportunitățile de îmbunătățire a proceselor și sistemelor și, în general, poate fi aplicată pentru a identifica acțiunile care conduc și măresc probabilitatea de succes
- implicarea în seminar a persoanelor care sunt responsabile de mijloacele existente de control și de acțiuni ulterioare pentru tratarea riscurilor; accentuarea răspunderii acestora
- crearea unui registru al riscurilor și a unui plan de tratare a riscurilor cu ceva mai mult efort
- în condițiile în care se utilizează o formă calitativă sau semicantitativă de evaluare a riscurilor și de prioritizare a acțiunilor rezultate, SWIF poate fi aplicată pentru identificarea riscurilor și pericolelor care pot fi abordate într-un studiu cantitativ.

Punctele slabe SWIFT:

- are nevoie de un moderator eficient, capabil și cu experiență
- este necesară pregătirea atentă astfel încât să nu se piardă inutil timpul echipei
- dacă echipa nu are suficient de multă experiență sau dacă sistemul bazat pe simulare nu este cuprinzător, este posibil ca unele riscuri sau pericole să nu poată fi identificate
- este posibil ca aplicarea la nivel ridicat al tehnicii să nu conducă la cauze complexe, detaliate sau corelate.

B.10 Analiza scenariului

B.10.1 Privire generală

Analiza scenariului este o denumire dată dezvoltării modelelor descriptive despre turnura pe care o poate lua viitorul. Poate fi folosită pentru a identifica riscurile prin luarea în considerare a dezvoltării viitoare posibile și explorarea implicațiilor acestora. Seturile de scenarii reflectând (de exemplu) „cel mai bun caz” „cel mai rău caz” și „cazul așteptat” pot fi utilizate pentru a analiza consecințele potențiale și probabilitățile lor pentru fiecare scenariu ca formă de analiză a sensibilității atunci când se trece la analizarea riscului.

Puterea analizei scenariului este ilustrată prin luarea în considerare a schimbărilor produse în tehnologie pe o durată mai mare de 50 de ani, preferințele consumatorului, atitudini sociale, etc. Analiza scenariului nu poate prezice probabilitățile unor astfel de schimbări, dar poate lua în considerare consecințele și poate ajuta organizațiile să dezvolte capacitățile și elasticitatea necesară pentru a se adapta la schimbările din viitorul apropiat.

B.10.2 Domeniu de utilizare

Analiza scenariului poate fi folosită pentru a ajuta la luarea deciziilor politice și la planificarea strategiilor viitoare, precum și la luarea în considerare a activităților existente. Poate juca un rol în toate cele trei componente ale evaluării riscului. Pentru identificare și analiză, seturile de scenarii reflectând (de exemplu) cel mai bun caz, cel mai rău caz și cazul „așteptat” pot fi utilizate în identificarea a ceea ce se poate întâmpla în circumstanțe particulare și analizează consecințele potențiale și probabilitățile pentru fiecare scenariu.

Analiza scenariului poate fi utilizată pentru a anticipa cum se pot dezvolta amenințările și oportunitățile și poate fi utilizată pentru toate tipurile de riscuri, fie în cadre de timp pe termen lung, fie pe termen scurt. Pentru cadre de timp pe termen scurt și cu date valabile, asemenea scenarii pot fi extrapolate pornind de la prezent. Pentru cadre de timp pe termen lung sau date insuficiente, analiza scenariului devine mult mai imaginativă și poate fi luată în considerare pentru analize viitoare.

Analiza scenariului poate fi utilă acolo unde există diferențe de distribuție puternice între rezultatele pozitive și rezultatele negative în spațiu, în timp și în grupurile dintr-o comunitate sau dintr-o organizație.

B.10.3 Date de intrare

Condiția necesară pentru o analiză a scenariului este reprezentată de o echipă de oameni care, între ei, denotă o înțelegere a naturii schimbărilor relevante (de exemplu, posibilele progrese în tehnologie) și capacitatea de a gândi în viitor fără a realiza o extrapolare a trecutului. Este utilă, de asemenea, exploatarea documentației și a datelor relative la evoluțiile în curs.

B.10.4 Proces

Structura pentru o analiză a scenariului poate fi informală sau formală.

Având stabilită o echipă și canale de comunicare relevante și după ce s-a definit contextul problemei și al chestiunilor ce trebuie luate în considerare, pasul următor este acela de a identifica natura schimbărilor care se pot produce. Acest lucru are nevoie de o cercetare în tendințele majore și de o determinare a momentului probabil la care vor avea loc schimbările în tendințe, precum și o gândire imaginativă despre viitor.

Schimbările ce trebuie luate în considerare pot include:

- schimbări externe (precum schimbările tehnologice);

- decizii ce trebuie luate în viitorul apropiat, dar care pot genera o varietate de consecințe;
- nevoile părților interesate și cum se pot schimba acestea;
- schimbări în macromediu (de reglementare, demografice, etc). Unele vor fi inevitabile și altele vor fi nesigure.

Uneori, o schimbare poate fi datorată consecințelor unui alt risc. De exemplu, riscul unei schimbări climatice provoacă schimbări în cererea consumatorului legată de distanța de aprovizionare cu alimente. Aceasta va influența ce alimente să se exporte în mod profitabil, precum și ce alimente pot fi produse local.

Factorii și tendințele macro și locale pot fi acum listate și aranjate din punct de vedere al (1) importanței (2) nesiguranței. Se acordă o atenție specială factorilor cei mai importanți și cei mai nesiguri. Factorii sau tendințele cheie sunt puși în corespondență unii cu alții astfel încât să fie evidențiate zonele unde pot fi dezvoltate scenariile.

Este propusă o serie de scenarii, fiecare dintre acestea, concentrându-se pe o schimbare plauzibilă în parametri.

După aceea este scrisă o "poveste" pentru fiecare scenariu care transmite cum se înaintează în direcția subiectului scenariului. Poveștile pot include detalii plauzibile care adaugă valoare scenariului.

Scenariile pot fi apoi folosite pentru a încerca sau pentru a evalua chestiunea originală. Încercarea ia în calcul orice factori semnificativi, dar predictibili (de ex. tiparele utilizate) și apoi, explorează cât este de „reușită” politica (activitatea) în acest nou scenariu și face o "încercare prealabilă" prin întrebări "what if" - ce s-ar întâmpla dacă ? - bazate pe ipotezele modelului.

Atunci, când a fost evaluată problema sau propunerea în concordanță cu fiecare scenariu, poate fi evident că este nevoie să fie modificat pentru a-l face mult mai robust sau mai puțin riscant. Ar trebui să fie posibilă identificarea unor indicatori de îndrumare care arată când se produce o schimbare. Monitorizarea și răspunsul la indicatorii de îndrumare pot asigura oportunitatea unei schimbări în strategiile planificate.

Deoarece scenariile sunt numai „felii” definite ale unui viitor posibil, este important să se țină cont de probabilitatea apariției unui anumit rezultat (scenariu) ce s-ar putea produce, adică de adoptat un cadru de risc. De exemplu, atunci când sunt utilizate scenarii precum cel mai bun caz, cel mai rău caz și cazul așteptat, ar trebui încercată calificarea sau a exprimarea probabilității de apariție a fiecărui scenariu.

B.10.5 Date de ieșire

Poate că nu există un scenariu care să se potrivească cel mai bine, dar trebuie să reiasă o percepție clară asupra gamei de opțiuni și asupra posibilității de a modifica cursul ales al acțiunii, potrivit mișcării indicatorilor.

B.10.6 Puncte tari și puncte slabe

Analiza scenariului ține cont de o gamă de posibilități viitoare ce pot fi preferabile unei abordări tradiționale bazate pe estimări ridicate-medii-scăzute care presupun, prin intermediul utilizării datelor istorice, că viitoarele evenimente vor continua probabil să urmeze tendințele trecute. Acest lucru este important pentru situațiile unde există puține cunoștințe curente pe care să se bazeze predicțiile sau unde riscurile sunt luate în considerare într-un viitor pe termen lung.

Acest avantaj prezintă totuși o slăbiciune asociată, și anume că acolo unde există o incertitudine ridicată, unele scenarii pot fi nerealiste.

Principalele dificultăți întâmpinate în utilizarea analizei scenariului sunt asociate cu disponibilitatea datelor și abilitatea analiștilor și a factorilor de decizie de a fi în măsură să dezvolte scenarii realiste ce sunt capabile de a explora rezultate posibile.

Pericolele care ar putea apărea prin utilizarea analizei scenariului ca un instrument de luare a deciziilor sunt acelea că este posibil ca scenariile folosite să nu aibă un fundament adecvat, datele să fie speculative și rezultatele nerealiste să nu poată fi recunoscute ca atare.

B.11 Analiza de impact asupra afacerii (BIA)

B.11.1 Generalități

Analiza impactului asupra afacerii cunoscută de asemenea și ca evaluarea impactului asupra afacerii analizează modul în care principalele riscuri de perturbare pot afecta funcționarea organizației și apoi identifică și cuantifică aptitudinile necesare pentru gestionarea acestora. O BIA asigură, în special, o înțelegere acceptată pentru:

- identificarea și criticitatea proceselor cheie ale afacerii, funcțiilor și resurselor asociate și interdependențelor principale ce există într-o organizație;
- cum evenimentele catastrofale rapide vor afecta capacitatea și capabilitatea de îndeplinire a obiectivelor critice de afaceri;
- capacitatea și capabilitatea necesară pentru a gestiona impactul unei subminări și revenirea organizației la niveluri de operare acceptate.

B.11.2 Domeniu de utilizare

BIA este folosită pentru a determina starea critică și graficele de timp necesare pentru refacerea proceselor și resurselor de susținere (oameni, echipament, tehnologia informației) a asigura îndeplinirea continuă a obiectivelor. În plus, BIA oferă asistență în determinarea interdependențelor și relațiilor dintre procese, părți interne și externe și orice legături din interiorul unui lanț de aprovizionare.

B.11.3 Date de intrare

Intrările includ:

- o echipă care să își asume realizarea unei analize și dezvoltarea unui plan;
- informații referitoare la obiective, mediu, operațiuni și interdependențe ale organizației;
- detalii asupra activităților și operațiunilor organizației, inclusiv procesele, resursele de susținere, relațiile cu alte organizații, înțelegerile externe, părți interesate;
- consecințe financiare și operaționale ale pierderilor înregistrate în procesele critice;
- chestionare pregătite;
- lista intervievaților din ariile relevante ale organizației și/sau părțile interesate ce vor fi contactate.

B.11.4 Proces

O BIA poate fi inițiată prin utilizarea chestionarelor, interviurilor, atelierelor de lucru structurate sau a unei combinații din toate cele trei, pentru a obține o înțelegere a proceselor critice, a efectelor pierderii acestor procese și a graficelor de timp de refacere și a resurselor de susținere necesare.

Pașii cheie includ:

- în baza evaluării riscului și vulnerabilității, confirmarea proceselor cheie și a consecințelor asupra organizației pentru a determina starea critică a proceselor;
- determinarea consecințelor unei catastrofe asupra proceselor critice identificate, în termenii operaționali și/sau financiari, pe o perioadă definită;
- identificarea interdependențelor cu părțile interesate cheie interne și externe. Acest lucru poate include cartografierea naturii interdependențelor din lanțul de aprovizionare;
- determinarea resurselor disponibile curente și nivelul esențial de resurse necesare pentru a continua funcționarea la un nivel minim acceptabil, imediat după catastrofă;
- identificarea unor căi și procese alternative aflate în mod curent în uz sau planificate de a fi dezvoltate. Căile și procesele alternative pot fi dezvoltate unde resursele sau capacitatea de operare este inaccesibilă sau insuficientă pe parcursul catastrofei;

- determinarea unei durate maxime acceptabile a ieșirii din funcțiune (MAO) pentru fiecare proces în baza consecințelor identificate și factorilor critici de succes pentru funcționare. MAO reprezintă perioada maximă de timp în care o organizație poate tolera pierderea capacității;
- determinarea obiectivului(elor) de recuperare a timpului (RTO) pentru orice echipament specializat sau tehnologie a informației. RTO reprezintă timpul în care o organizație își propune să recupereze capacitatea echipamentului specializat sau a infrastructurii de tehnologia informației;
- confirmarea nivelului curent de pregătire a proceselor critice pentru rezolva o situație catastrofală. Acest lucru poate include evaluarea nivelului de redundanță din cadrul procesului (de ex. echipamentul disponibil) sau existența unor furnizori alternativi.

B.11.5 Date de ieșire

Ieșirile sunt următoarele:

- o listă de prioritate a proceselor critice și interdependențelor asociate;
- impacturile financiare și operaționale documentate înregistrate ca urmare a pierderii proceselor critice;
- resursele de susținere necesare pentru identificarea proceselor critice;
- graficele perioadelor de indisponibilitate a proceselor critice și graficele perioadelor de recuperare a tehnologiei informației asociate.

B.11.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari BIA includ:

- o înțelegere a proceselor critice ce asigură organizației capacitatea de a-și îndeplini obiectivele stabilite;
- o înțelegere a resurselor necesare;
- o oportunitatea pentru a redefini procesul operațional al unei organizații pentru a ajuta la revenirea organizației.

Punctele slabe includ:

- lipsa cunoștințelor din partea participanților implicați în completarea chestionarelor, realizarea interviurilor și atelierelor de lucru;
- dinamica grupurilor poate afecta o analiză completă a proceselor critice;
- așteptările simpliste sau supra-optimiste în ceea ce privește cerințele de refacere;
- dificultate în obținerea unui nivel adecvat de înțelegere a operațiunilor și activităților organizației.

B.12 Analiza Cauzei Rădăcină (RCA)

B.12.1 Privire generală

Analiza unei pierderi majore pentru a preveni reapariția acesteia este în mod obișnuit denumită Analiza Cauzei Rădăcină (RCA), Analiza Cauzei Rădăcină a Defectărilor (RCFA) sau analiza pierderii. RCA se concentrează asupra pierderilor de bunuri din cauza unor tipuri variate de defectări, în timp ce analiza pierderii este preocupată în principal de pierderile economice sau financiare cauzate de factori sau catastrofe externe. Astfel se încearcă identificarea cauzelor rădăcină sau cauzelor originale, în loc de a se remedia numai simptomele evidente imediate. Este recunoscut faptul că acțiunea corectivă nu este întotdeauna în întregime eficientă și din acest motiv este necesară o îmbunătățire continuă. RCA este cel mai adesea aplicată evaluării unei pierderi majore, dar poate fi de asemenea utilizată pentru a analiza pierderile pe o bază globală pentru a determina unde se pot opera îmbunătățiri.

B.12.2 Domeniu de utilizare

RCA se aplică în contexte variate, în următoarele arii largi de utilizare:

- RCA bazată pe siguranță este utilizată pentru investigarea accidentelor și în legătură cu sănătatea și siguranța ocupațională;
- analiza defectării este utilizată în sistemele tehnologice legate de siguranța în exploatare și mentenanță;
- RCA bazată pe producție este aplicată în domeniul controlului calității pentru producția industrială;

- RCA bazată pe proces se concentrează pe procesele de afaceri;
- RCA bazată pe sistem se dezvoltă ca o combinație a domeniilor precedente. Se referă la tratarea sistemelor complexe, cu aplicație în managementul schimbării, managementul riscului și analiza sistemelor.

B.12.3 Date de intrare

Datele de intrare de bază într-o RCA sunt toate dovezilor adunate dintr-un eșec sau pierdere. Datele strânse din alte eșecuri similare pot fi de asemenea luate în considerare în cadrul analizei. Alte intrări pot fi rezultatele stabilite pentru a testa ipotezele specifice.

B.12.4 Proces

Atunci când este identificată nevoia de a realiza o RCA, este desemnat un grup de experți pentru a efectua analiza și pentru a face recomandări. Tipul expertului poate fi dependent în cea mai mare parte de expertiza specifică necesară pentru a analiza eșecul.

Chiar dacă pot fi folosite diferite metode pentru a realiza analiza, pașii de bază în execuția unei RCA sunt similari și includ:

- formarea echipei;
- stabilirea scopului și obiectivelor RCA;
- strângerea datelor și dovezilor legate de un eșec sau pierdere;
- realizarea unei analize structurate pentru a determina cauza rădăcină;
- dezvoltarea soluțiilor și efectuarea unor recomandări;
- implementarea recomandărilor;
- verificarea succesului recomandărilor implementate.

Tehnicile de realizare a unei analize structurate pot consta într-una din următoarele:

- tehnica celor „5 de ce”, adică întrebarea repetată „de ce?” (pentru a îndepărta în mai multe etape învelișul cauzei și subcauzei);
- analiza modului de defectare și a efectelor;
- analiza arborelui de defecte;
- diagramele „Os de Pește” (Fishbone) și Ishikawa;
- analiza Pareto;
- cartografierea cauzei rădăcină.

Evaluarea cauzelor progresează adesea de la cauze fizice evidente inițiale la cauze legate de om și în final la cauze legate de management sau fundamentale. Factorii cauzali trebuie să fie în măsură să fie eliminați sau controlați de către părțile implicate pentru a ca acțiunea corectivă să fie eficientă și valoroasă.

B.12.5 Date de ieșire

Ieșirile unei RCA includ:

- Documentarea datelor și dovezilor strânse;
- Luarea în considerare a ipotezelor;
- Concluzii asupra cauzelor rădăcină cele mai probabile ale unui eșec sau pierdere;
- Recomandări pentru acțiunea corectivă.

B.12.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari includ:

- Implicarea experților adecvați într-un mediu de lucru de echipă;
- Analiza structurată;
- Luarea în considerare a tuturor ipotezelor posibile;
- Documentarea rezultatelor;
- Nevoia de a produce recomandări finale.

Punctele slabe ale unei RCA:

- Experții necesari pot să nu fie disponibili;
- Dovezile critice pot să fi fost distruse în timpul defectării sau înlăturate pe parcursul procesului de curățare;

- Echipa poate să nu aibă suficient timp la dispoziție sau resurse pentru a evalua pe deplin situația;
- Poate să nu fie posibil să se implementeze adecvat recomandările.

B.13 Analiza modurilor de defectare și a efectelor lor (FMEA) și Analiza modurilor de defectare, a efectelor și criticității lor (FMECA)^{N1)}

B.13.1 Privire generală

Analiza modului de defectare și a efectelor (FMEA) este o tehnică folosită pentru a identifica căile prin care componentele, sistemele sau procesele pot eșua în îndeplinirea intenției inițiale.

FMEA identifică:

- toate modurile de defectare potențiale din diferite părți ale unui sistem (un mod de defectare este acela observat că s-a defectat sau că funcționează incorect);
- Efectele pe care defectările le pot avea asupra sistemului;
- Mecanismele de defectare;
- Cum să eviți defectările și/sau să limitezi efectele provocate de defectările din sistem.

FMECA extinde o FMEA, astfel încât fiecare mod de defect identificat este catalogat conform cu importanța sau situația sa critică.

Această analiză a stării critice este de obicei calitativă sau semi-cantitativă, dar poate fi cuantificată folosind ratele de defectare efective.

B.13.2 Domeniu de utilizare

Există mai multe aplicații ale FMEA: FMEA - Proiectare (sau de produs) care este folosită pentru componente și produse, FMEA de sistem, care este folosit pentru sisteme, FMEA - Proces, care este folosită pentru procesele de fabricare și asamblare, FMEA - Service și FMEA - Software.

FMEA/FMECA pot fi aplicate pe parcursul proiectării, fabricării sau operării unui sistem fizic.

Totuși, pentru a îmbunătăți fiabilitatea, schimbările sunt de obicei mult mai ușor de implementat în stadiul de proiect. FMEA și FMECA pot fi de asemenea aplicate proceselor și procedurilor. De exemplu, este utilizat pentru identificarea potențialului de erori medicale în sistemele de sănătate și în eșecurile înregistrate în procedurile de mentenanță.

FMEA/FMECA pot fi utilizate în:

- Asistare în selecția alternativelor de proiectare cu o siguranță în funcționare ridicată,
- Asigurarea că toate modurile de defectare ale sistemelor și proceselor și efectele lor asupra reușitei funcționării au fost luate în considerare;
- Identificarea modurilor de erori umane și a efectelor acestora,
- Asigurarea unei baze pentru planificarea încercării și mentenanței sistemelor fizice,
- Îmbunătățirea proiectării procedurilor și proceselor,
- Asigurarea informațiilor calitative și cantitative pentru analiza tehnicilor precum analiza arborelui de defecte

^{N1)} NOTĂ NAȚIONALĂ: Pentru cele două tipuri de analiză în practică se mai folosesc și abrevierile provenite din limba franceză, dar care au o bună acoperire în limba română, AMDE și respectiv AMDEC.

FMEA și FMECA pot asigura elemente de intrare către alte analize ale tehnicilor precum analiza arborelui de defecte, fie la nivel calitativ sau la nivel cantitativ.

B.13.3 Date de intrare

FMEA și FMECA au nevoie de informații în detalii suficiente despre elementele sistemului pentru o analiză semnificativă a modalităților prin care fiecare element se poate defecta. Pentru FMEA - Proiectare detaliată, elementul poate fi la un nivel detaliat al componentei individuale, în timp ce pentru FMEA - Sistem de nivel superior, elementele pot fi definite la un nivel mai ridicat.

Informațiile pot include:

- schițe sau diagrame de flux ale sistemului ce urmează a fi analizat și a ale componentelor sale sau ale pașilor procesului;
- o înțelegere a funcției fiecărui pas al unui proces sau componentă a unui sistem;
- detalii asupra parametrilor de mediu și a altor parametri, ce pot afecta operarea;
- o înțelegere a consecințelor anumitor defectări;
- informații istorice asupra defectărilor, inclusiv date privind rata de defectare, acolo unde sunt disponibile.

B.13.4 Proces

Procesul FMEA este următorul:

- a) se definește scopul și obiectivele studiului;
- b) se alcătuiește echipa;
- c) se înțelege sistemul/procesul ce va fi subiectul FMECA;
- d) se divizează sistemul în componente sau pași;
- e) se definește funcția fiecărui pas sau componentă;
- f) se identifică pentru fiecare componentă sau pas enumerat:
 - cum se poate defecta fiecare parte?
 - ce mecanisme pot produce aceste moduri de defectare?
 - care ar fi efectele, dacă se produc defectări?
 - defectul este nedăunător sau provoacă daune?
 - cum se poate detecta un defect?
- g) se identifică prevederile inerente în proiectare pentru a compensa defectarea.

În cazul FMECA, echipa de studiu se concentrează pe clasificarea fiecărui mod de defectare identificat conform cu starea sa critică.

Există mai multe modalități prin care se poate face acest lucru. Metodele obișnuite includ:

- indicele stării critice a modului,
- nivelul riscului,
- numărul de prioritate a riscului.

Modelul stării critice reprezintă o măsură a probabilității că considerat va conduce la defectarea sistemului ca întreg; este definit drept:

Probabilitatea efectului de defectare * Rata de defectare a modului * Timpul de funcționare al sistemului

Cel mai adesea se aplică defectărilor de echipamente unde fiecare dintre acești termeni poate fi definit cantitativ și toate modurile de defectare au aceleași consecințe.

Nivelul de risc este obținut prin combinarea consecințelor unui mod de defectare cu probabilitatea de defectare. Este utilizat atunci când consecințele diferitelor moduri de defectare diferă și poate fi aplicat sistemelor de echipamente sau proceselor. Nivelul de risc poate fi exprimat calitativ, semi-calitativ sau cantitativ.

Numărul de prioritate a riscului (RPN) reprezintă o măsură semi-cantitativă a stării critice obținută prin multiplicarea numerelor scării de clasificare (de obicei cuprinse între 1 și 10) corespunzător consecinței unei defectări, probabilității unei defectări și abilității de a detecta problema. (Unei defectări îi este acordată o prioritate mai ridicată dacă este dificil de detectat.) Această metodă este utilizată adesea în aplicațiile de asigurare a calității.

Odată ce sunt identificate modurile și mecanismele de defectare, pot fi definite și implementate acțiunile corective pentru cele mai semnificative moduri de defectare.

FMEA este documentat într-un raport ce conține:

- detaliile sistemului ce a fost analizat;
- modalitatea în care a fost realizată analiza;
- ipotezele din cadrul analizei;
- sursele datelor;
- rezultatele, inclusiv fișele de lucru completate;
- starea critică (dacă este tratată) și metodologia utilizată pentru a o defini;
- orice recomandări pentru analize viitoare, schimbări în proiectare sau particularități ce trebuie încorporate în planurile de încercare, etc.

Sistemul poate fi reevaluat printr-un alt ciclu de FMEA, după ce au fost finalizate acțiunile.

B.13.5 Date de ieșire

Ieșirea principală a FMEA este o listă a modurilor de defectare, mecanismelor de defectare și efectelor pentru fiecare componentă sau pas al unui sistem sau proces (care poate include informații asupra probabilității unei defectări). Informații sunt, de asemenea, oferite despre cauzele defectării și despre consecințele asupra sistemului ca întreg. Ieșirea FMECA include o clasificare a importanței bazat pe probabilitatea de defectare a sistemului, nivelul de risc rezultat din modul de defectare sau o combinație dintre nivelul de risc și „detectabilitatea” modului de defectare.

FMECA poate oferi o ieșire cantitativă dacă se face uz de rata de defectare adecvată și de consecințele cantitative.

B.13.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari FMEA/FMECA sunt după cum urmează:

- în mare măsură aplicabile modurilor de defectare datorate factorului uman, echipamentului și sistemului și sistemelor hardware, software și procedurilor;
- identifică modurile de defectare a componentei, cauzele și efectele acestora asupra sistemului și le prezintă într-un format ușor de descifrat;
- evită nevoia de modificări de echipamente costisitoare aflate în exploatare prin identificarea problemelor de timpuriu, în procesul de proiectare;
- identifică modurile de defectare localizate și cerințele pentru redundanță sau sisteme de siguranță;
- asigură rezultatul pentru dezvoltarea programelor de monitorizare prin punerea în evidență a particularităților cheie ce vor fi monitorizate.

Punctele slabe includ:

- acestea pot fi folosite numai pentru identificarea modurilor de defectare localizate și nu a combinațiilor de moduri de defectare;
- în afară de cazul în care când sunt controlate și puse la punct adecvat, studiile pot fi consumatoare de timp și costisitoare;
- acestea pot fi dificile și anoste pentru sistemele multi-stratificate complexe.

B.13.7 Document de referință:

IEC 60812, Analysis techniques for system reliability – Procedures for failure mode and effect analysis (FMEA)

B.14 Analiza arborelui de defecte (FTA)

B.14.1 Privire generală

FTA este o tehnică pentru identificarea și analizarea factorilor ce pot contribui la un eveniment nedorit specific (denumit „eveniment de vârf”). Factorii cauzali sunt identificați în mod deductiv, organizați într-o manieră logică și reprezentați grafic într-o diagramă arbore ce înfățișează factorii cauzali și relația acestora logică cu evenimentul de vârf.

Factorii identificați în arbore pot fi evenimente ce sunt asociate cu defectările componentelor hardware erorile umane sau orice alte evenimente pertinente ce conduc la un eveniment nedorit.

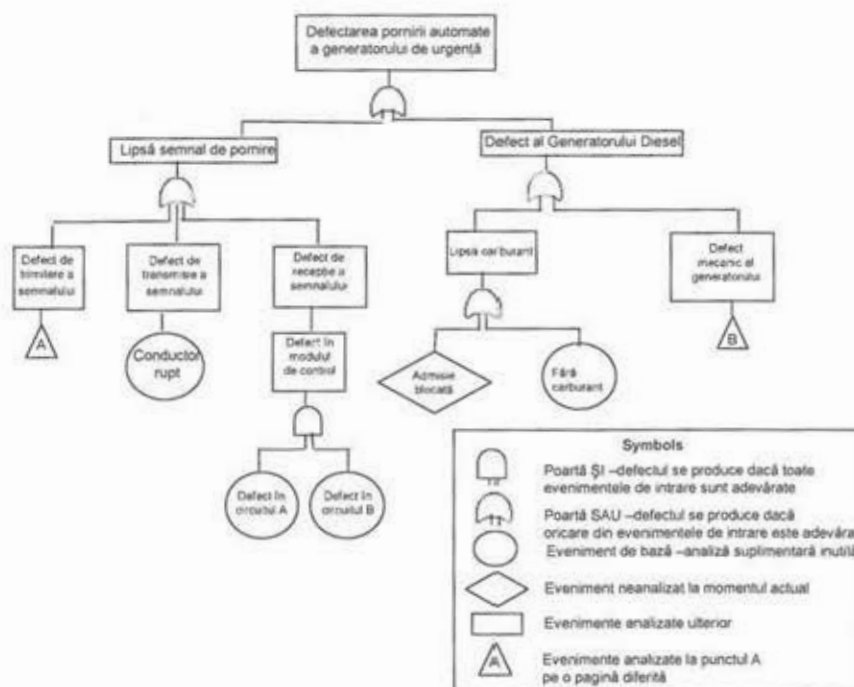


Figura B.2 – Exemplul unei FTA din CEI 60300-3-9

B.14.2 Domeniu de utilizare

Un arbore de defecte poate fi utilizat calitativ pentru a identifica cauzele și traseele potențiale care dau naștere la o defectare (evenimentul de vârf) sau cantitativ pentru a calcula probabilitatea apariției evenimentului de vârf, oferind cunoștințe asupra probabilității evenimentelor cauzale.

Poate fi utilizat în stadiul de proiectare al unui sistem pentru a identifica cauzele potențiale de defectare și pornind de aici, de a alege între diferitele opțiuni de proiectare. Poate fi utilizat în faza de operare pentru a identifica cum se pot produce defectări majore și importanța relativă a diferitelor trasee către evenimentul central. Un arbore de defecte poate fi folosit de asemenea pentru a analiza o defectare ce s-a produs și pentru a demonstra schematic cum evenimente diferite survin împreună pentru a provoca o defectare.

B.14.3 Date de intrare

Pentru o analiză calitativă este necesară o înțelegere a sistemului și a cauzelor unei defectări, precum și o înțelegere de natură tehnică a faptului cum un sistem se poate defecta. Diagramele detaliate sunt utile pentru a sprijini analizele.

Pentru o analiză cantitativă, sunt necesare datele asupra ratelor de defectare sau probabilitatea de a fi într-o stare de defectare pentru toate evenimentele de bază dintr-un arbore de defecte.

B.14.4 Proces

Pașii pentru realizarea unui arbore de defecte sunt următorii:

- Este definit evenimentul de vârf ce trebuie analizat. Acesta poate fi o defectare sau o consecință mai generală a acelei defectări. Acolo unde consecința este analizată, arborele poate conține o secțiune legată de atenuarea defectării prezente.
- Începând cu evenimentul de vârf, sunt identificate cauzele imediate posibile sau modurile de defectare ce conduc la evenimentul de vârf.
- Fiecare dintre aceste cauze/moduri de defectare sunt analizate pentru a identifica cum s-a produs defectarea.
- Identificarea treptată a funcționării nedorite a sistemului este continuată la nivele de sistem reduse succesiv până când orice analiza aprofundată devine neproductivă. Într-un sistem hardware acesta poate fi nivelul de defectare al componentei. Evenimentele și factorii cauzali de la nivelul de sistem cel mai redus analizat sunt cunoscute drept evenimente de bază.
- Acolo unde probabilitățile pot fi atribuite evenimentelor de bază, poate fi calculată probabilitatea evenimentului de vârf. Pentru ca acea cuantificare să fie valabilă trebuie să fie prezentate, pentru fiecare poartă, toate intrările ce sunt necesare și suficiente pentru a produce evenimentul rezultat. În caz contrar, arborele de defecte nu este valabil pentru analiza probabilității, dar poate fi un instrument util pentru prezentarea relațiilor cauzale.

Ca parte a cuantificării, poate să fie nevoie ca arborele de defecte să fie simplificat, folosind algebra booleană pentru a calcula modurile de defectare duplicate.

La fel ca și în cazul asigurării unei estimări a probabilității evenimentului principal, pot fi identificate tăieturi minimale, ce formează trasee individuale separate către evenimentul principal și poate fi calculată influența acestora asupra evenimentului de vârf.

Cu excepția arborilor de defecte simpli, este necesar un pachet software pentru a executa adecvat calculele, atunci când sunt prezente evenimente repetate în mai multe locuri din cadrul arborelui de defecte și pentru a calcula tăieturile minimale. Instrumentele software ajută la asigurarea consistenței, corectitudinii și verificabilității.

B.14.5 Date de ieșire

Ieșirile dintr-un arbore de defecte sunt după cum urmează:

- o reprezentare grafică asupra faptului cum se poate produce un eveniment de vârf ce arată traseele de interacțiune unde se pot produce două sau mai multe evenimente simultane;
- o listă a tăieturilor minimale (trasee individuale spre defectare) cu (unde datele sunt disponibile) probabilitatea prin care fiecare se va produce;
- probabilitatea producerii evenimentului de vârf.

B.14.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari FTA:

- Prilejuiește o abordare disciplinară extrem de sistematică, dar în același timp suficient de flexibilă pentru a permite analiza unei varietăți de factori, inclusiv interacțiunile umane și fenomenele fizice.
- Aplicarea abordării „sus-jos”, implicit și în tehnică, concentrează atenția pe acele efecte ale defectării ce sunt direct legate de evenimentul de vârf.
- FTA este utilizată în special pentru analizarea sistemelor cu multe interfețe și interacțiuni.
- Reprezentarea grafică conduce la o înțelegere mai ușoară a comportamentului unui sistem și a factorilor incluși, dar devreme ce arborii sunt adesea extinși, procesarea arborilor de defecte poate necesita sisteme computerizate. Această trăsătură permite includerea unor relații logice mult mai complexe (de ex. NAND și NOR) dar, de asemenea, face dificilă verificarea arborelui de defecte.
- Analiza logică a arborelui de defecte și identificarea tăieturilor minimale este utilă în identificarea traseelor simple de defectare într-un sistem foarte complex și unde combinațiile specifice de evenimente ce pot duce la evenimentul de vârf pot fi ignorate.

Punctele slabe includ:

- Incertitudinile în probabilitățile evenimentelor de bază sunt incluse în calculele probabilității evenimentului de vârf. Acest lucru poate duce la nivele ridicate de incertitudine, acolo unde probabilitățile de defectare a evenimentului de bază nu sunt cunoscute cu precizie; totuși, este posibil un grad înalt de încredere într-un sistem bine cunoscut.
- În unele situații, evenimentele cauzale nu sunt legate împreună și poate dificil de constatat dacă sunt incluse toate traseele importante ce duc la evenimentul de vârf. De exemplu, includerea tuturor surselor de aprindere într-o analiză a unui incendiu ca eveniment de vârf. În această situație analiza probabilității nu este posibilă.
- Arborele de defecte reprezintă un model static; interdependențele de timp nu se iau în calcul.
- Arborele de defecte se poate raporta numai la stările binare (defect/non-defect).
- Deși modurile de eroare umană pot fi incluse într-un arbore de defecte calitativ, în general nu este ușor de inclus defectările în care gradul sau calitatea prezintă semne ale erorii umane;
- Un arbore de defecte nu poate permite ca efectele de tip domino sau defectările condiționate să fie incluse cu ușurință.

B.14.7 Documente de referință:

IEC 61025, Fault tree analysis (FTA)

IEC 60300-3-9, Dependability management — Part 3: Application guide — Section 9: Risk analysis of technological systems

B.15 Analiza arborelui de defecte (ETA)

B.15.1 Privire generală

ETA este o tehnică grafică pentru reprezentarea secvențelor de evenimente exclusive mutuale ce urmează unui eveniment de inițiere conform funcționării/nefuncționării sistemelor variate concepute pentru a diminua consecințele (vezi Figura B.3.). Poate fi aplicată atât cantitativ, cât și calitativ.

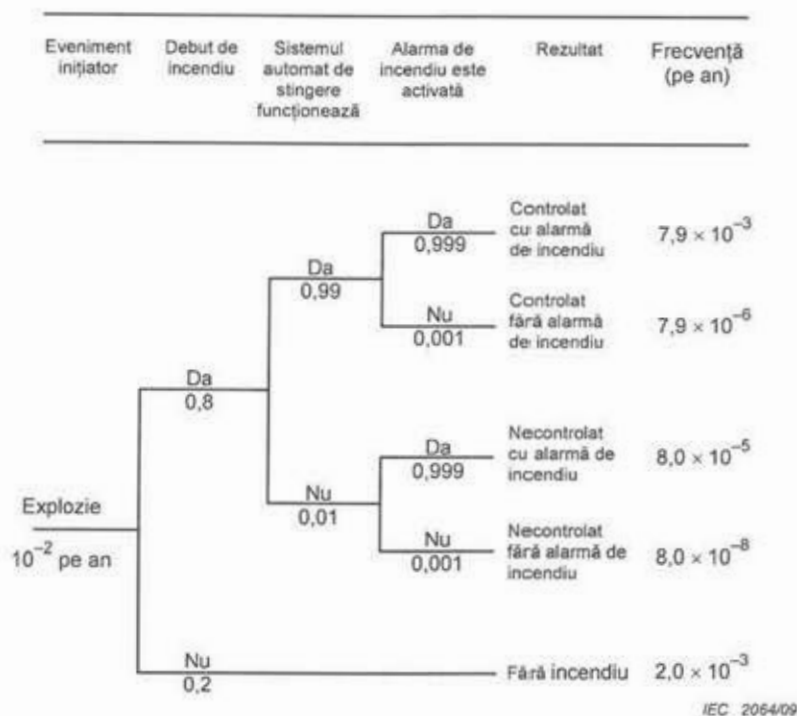


Figura B.3 – Exemplul unui arbore de evenimente

Figura B.3 prezintă calcule simple pentru o mostră de arbore de defecte, atunci când ramificațiile sunt pe deplin independente.

Întinzându-se ca un arbore, ETA este în măsură să reprezinte evenimentelor agravante sau limitatoare ca răspuns la evenimentul de inițiere, ținând cont de sisteme adiționale, funcții sau bariere.

B.15.2 Domeniu de utilizare

ETA poate fi utilizată pentru modelarea, calcularea și ierarhizarea (din perspectiva riscului) diferitelor scenarii de accidente ce urmează evenimentului de inițiere.

ETA poate fi folosită în orice stadiu în ciclul de viață al unui produs sau proces. Poate fi utilizată din punct de vedere calitativ pentru a sprijini scenariile cu potențial deosebit și secvențele de evenimente ce urmează unui eveniment de inițiere și cum rezultatele sunt afectate de diferite tratări, bariere sau controale ce intenționează să limiteze rezultatele nedorite.

Analiza cantitativă ia în considerare caracterul acceptabil al controalelor. Se folosește mai adesea în cazul modelului de defectare unde există dispozitive de protecție multiple.

ETA poate fi folosită pentru a modela evenimentele de inițiere ce ar putea aduce pierdere sau profit. Totuși, circumstanțele de căutare a traseelor pentru optimizarea profitului sunt mult mai adesea modelate folosind un arbore de decizie.

B.15.3 Date de intrare

Intrările includ:

- o listă a evenimentelor de inițiere adecvate;
- informații asupra tratărilor, barierelor și controalelor și probabilităților acestora de defectare (pentru analizele cantitative);
- înțelegerea proceselor prin care o defectare inițială se agravează.

B.15.4 Proces

Un arbore de evenimente este conceput prin selectarea unui eveniment de inițiere. Acesta poate fi un incident, precum o explozie datorată prafului sau un eveniment cauzal precum o pană de energie. Funcțiile sau sistemele ce sunt în funcțiune pentru a diminua avariile sunt listate apoi în secvență. Pentru fiecare funcție sau sistem, este trasată o linie pentru a reprezenta succesul sau eșecul acestora. O probabilitate specifică a unei defectări poate fi atribuită fiecărei linii, cu această probabilitate condițională estimată de ex. prin judecata unui expert sau o analiză a arborelui de defecte. În acest mod sunt modelate diferite trasee de la evenimentul de inițiere.

Trebuie avut în vedere faptul că probabilitățile din arborele de evenimente sunt probabilități condiționale, de exemplu probabilitatea funcționării unui aspersor nu reprezintă o probabilitate obținută din încercări efectuate în condiții normale, ci probabilitatea funcționării în condiții de incendiu provocat de o explozie.

Fiecare traseu reprezentat în arbore reprezintă probabilitatea că se vor produce toate evenimentele de pe acel traseu. Astfel, frecvența avariei este reprezentată de produsul probabilităților condiționale individuale și al frecvenței evenimentului de inițiere, fiind dat stabilit că diferitele evenimente sunt independente.

B.15.5 Date de ieșire

Ieșirile din ETA includ următoarele:

- descrierile calitative ale potențialelor probleme, ca și combinații de evenimente producând tipuri variate de probleme (gama de avarii) derivate din evenimentele de inițiere;
- estimările cantitative de frecvențe și probabilități ale evenimentului și relativa importanță a diferitelor secvențe de defectare și evenimente contributive;
- listele de recomandări pentru reducerea riscurilor;
- evaluări cantitative asupra eficienței recomandărilor.

B.15.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale ETA includ următoarele:

- ETA prezintă cum sunt analizate scenariile potențiale ce urmează unui eveniment de inițiere și influența succesului sau eșecului sistemelor și funcțiilor de diminuare într-o modalitate grafică clară;
- țin cont de durata, dependența și efectele de tip domino care îngreunează modelarea arborelui de defecte;
- reprezintă grafic secvențele de evenimente ce nu sunt posibil de reprezentat atunci când sunt folosiți arbori de defecte.

Punctele slabe includ:

- pentru a utiliza ETA ca parte a unei evaluări coerente, trebuie identificate toate evenimentele de inițiere potențiale. Acest lucru poate fi făcut prin utilizarea unei alte metode de analiză (de ex. HAZOP, PHA), totuși, există întotdeauna un potențial pentru lipsa unor importante evenimente de inițiere;
- în cazul arborilor de evenimente, sunt luate în calcul numai stările de reușită și de defectare ale unui sistem și este dificil să se încorporeze reușitele întârziate sau evenimentele de refacere întârziate;
- orice traseu este condiționat de evenimentele ce se produc la punctele de ramificații anterioare, de-a lungul traseului. Multe dependențe de-a lungul traseelor posibile sunt astfel luate în considerare. Totuși, unele dependențe, precum componentele obișnuite, sistemele de utilități și operatorii pot fi ignorate, dacă nu sunt corect tratate, și pot duce la estimări optimiste ale riscului.

B.16 Analiza cauză-consecință

B.16.1 Privire generală

Analiza cauză-consecință reprezintă o combinație de analiză a arborelui de defecte și analiză a arborelui de evenimente. Pornește de la un eveniment critic și analizează consecințele prin combinații de porți logice DA/NU care reprezintă condițiile ce pot apărea sau defectările de sisteme concepute pentru a limita consecințele evenimentului de inițiere. Cauzele condițiilor sau defectărilor sunt analizate prin mijloacele arborilor de defectare (vezi Clauza B.15)

B.16.2 Domeniu de utilizare

Analiza cauză-consecință a fost dezvoltată inițial ca un instrument de fiabilitate pentru sisteme de siguranță critice pentru a oferi o mai completă înțelegere a defectărilor de sistem. La fel ca și în cazul analizei arborelui de defecte este folosită pentru a reprezenta o conducere logică a defectării către un eveniment critic, dar se adaugă funcționalității unui arbore de defecte permițând analiza defectărilor secvențiale în timp. Metoda permite de asemenea ca întârzierile de timp să fie incorporate într-o analiză a consecințelor care nu este posibilă în cazul arborilor de evenimente.

Metoda este utilizată pentru a analiza diferite căi pe care un sistem le poate folosi, urmând unui eveniment critic și depinzând de comportamentul anumitor subsisteme. (precum sistemele de răspuns de urgență). Dacă se cuantifică va oferi o estimare a probabilității diferitelor consecințe posibile derivate dintr-un eveniment critic.

Deoarece fiecare secvență dintr-o diagramă cauză-consecință este o combinație de subarbori de defecte, analiza cauză-consecință poate fi utilizată ca instrument pentru a construi arbori de defecte de dimensiuni mari.

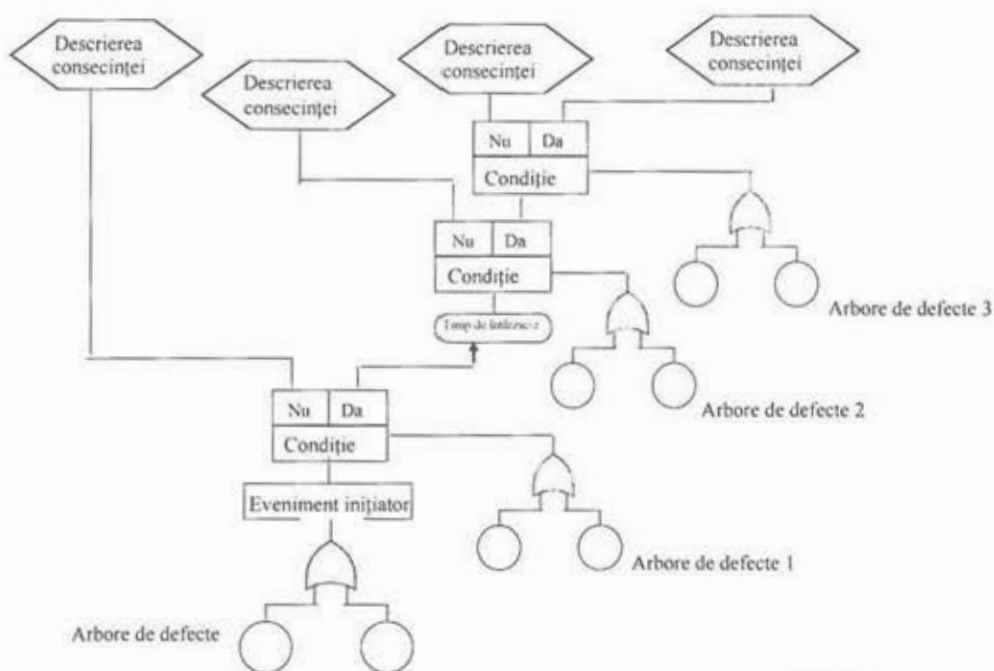
Diagramele sunt complexe de produs și utilizat și tind să fie utilizate atunci când magnitudinea consecinței potențiale a defectării justifică efortul intensiv.

B.16.3 Date de intrare

Este necesară o înțelegere a sistemului și a modurilor sale de defectare și a scenariilor de defectare.

B.16.4 Proces

Figura B.4 prezintă o diagramă conceptuală a unei analize cauză-consecință tipice.



IEA 2063 09

Figura B.4 – Exemplu de analiză cauză-consecință

Procedura este astfel:

- Identificarea evenimentului (echivalent evenimentului de vârf al unui arbore de defecte și evenimentul de inițiere dintr-un arbore de evenimente) critic (sau de inițiere).
- Dezvoltarea și validarea arborelui de defecte pentru cauzele evenimentului de inițiere așa cum este prezentat în B.14. Aceleași simboluri sunt utilizate ca și în analiza arborelui de defecte convențional.
- Decide ordinea în care condițiile trebuie luate în considerare. Aceasta trebuie să fie o secvență logică precum secvența de timp în care se pot produce.
- Construiește traseele pentru consecințele ce depind de condiții diferite. Acest lucru este similar unui arbore de evenimente, dar separarea în trasee ale arborelui de evenimente este prezentată ca o cutie etichetată în condițiile specifice ce se aplică.
- Cu condiția ca defectările pentru fiecare casetă de condiții să fie independente, probabilitatea fiecărei consecințe poate fi calculată. Acest lucru este realizat mai întâi prin stabilirea probabilităților pentru fiecare ieșire a cutiei de condiții (utilizând arborii de defecte relevanți, adecvați). Probabilitatea oricărei secvențe ce conduce la o consecință specifică este obținută prin multiplicarea probabilităților fiecărei secvențe de condiții ce se finalizează în acea consecință specifică. Dacă mai mult de o secvență sfârșește în aceeași consecință sunt adăugate probabilitățile pentru fiecare secvență. Dacă acolo există dependențe între condițiile de defectare dintr-o secvență (de exemplu o pană de energie poate cauza mai multe condiții care să ducă la defectare) atunci dependențele trebuie tratate cu prioritate în calculare.

B.16.5 Date de ieșire

Ieșirea analizei cauză-consecință este o reprezentare schematică despre cum un sistem poate eșua, arătând atât cauzele cât și consecințele. O estimare a probabilității de producere a fiecărei

consecințe potențiale bazate pe analiza probabilităților de producere în anumite condiții de după evenimentul critic.

B.16.6 Puncte tari și puncte slabe

Avantajele analizei cauză-consecință sunt aceleași cu ale acelor arbori de evenimente și arbori de defectare, în combinație. În plus, surclasează unele punctele slabe ale acelor tehnici prin capacitatea de a analiza ce se dezvoltă în timp. Analiza cauză-consecință oferă o viziune comprehensivă a sistemului.

Punctele slabe sunt că este mult mai complexă decât analiza arborelui de defecte și analiza arborelui de evenimente, ambele construite în maniera în care dependențele sunt tratate pe parcursul cuantificării.

B.17 Analiza cauză și efect

B.17.1 Privire generală

Analiza cauză și efect este o metodă structurată pentru a identifica cauzele posibile ale unui eveniment nedorit sau problemă. Se organizează factorii contributori posibili în categorii largi, astfel încât pot fi luate în considerare toate ipotezele posibile. Nu punctează, totuși, cauzele reale, devreme ce acestea pot fi determinate numai prin dovezi reale și testări empirice ale ipotezelor. Informația este organizată fie în Os de Pește (de asemenea denumită Ishikawa) sau uneori într-o diagramă arbore (a se vedea B.17.4).

B.17.2 Domeniu de utilizare

Analiza cauză și efect furnizează o reprezentare grafică structurată a unei liste de cauze ale unui anumit efect. Efectul poate fi pozitiv (un obiectiv) sau negativ (o problemă), totul depinzând de context.

Este utilizată pentru a permite luarea în considerare a tuturor scenariilor și a cauzelor posibile generate de o echipă de experți și permite stabilirea unui consens asupra celor mai probabile cauze care pot fi apoi încercate empiric sau prin evaluarea datelor disponibile. Este cel mai valoros ca la începutul unei analize să se facă o judecată extinsă asupra cauzelor posibile și apoi să se stabilească ipotezele potențiale care pot fi avute în vedere mult mai formal.

Construirea unei diagrame cauză și efect poate fi realizată atunci când este nevoie de:

- identificarea cauzelor rădăcină posibile, motivele de bază pentru un anumit efect, problemă sau condiție;
- trierea și asocierea anumitor interacțiuni dintre factorii ce afectează un anumit proces;
- analizarea problemelor existente, astfel încât să poată fi realizată

acțiunea corectivă

Beneficiile din construirea unei diagrame cauză și efect includ:

- concentrarea atenției experților asupra unei anumite probleme;
- sprijin în determinarea cauzelor rădăcină ale unei probleme, utilizând o abordare structurată;
- încurajarea participării de grup și utilizarea cunoștințelor de grup pentru produse sau procese;
- folosirea unui format ordonat, ușor de parcurs pentru relațiile diagramei cauză-efect;
- indicarea cauzelor posibile de variație dintr-un proces;
- identificarea ariilor unde datele trebuie colectate pentru studiile viitoare.

Analiza cauză - efect poate fi folosită ca metodă în realizarea analizei cauzei rădăcină (a se vedea B.12).

B.17.3 Date de intrare

Intrările dintr-o analiză cauză și efect pot veni din expertiza și experiența participanților sau dintr-un model dezvoltat anterior ce a fost utilizat în trecut.

B.17.4 Proces

Analiza cauză și efect trebuie efectuată de către o echipă de experți bine informați asupra problemei ce necesită o rezolvare.

Pașii de bază în îndeplinirea analizei cauză și efect sunt următorii:

- stabilirea efectului ce trebuie analizat și plasarea într-o cutie. Efectul poate fi pozitiv (un obiectiv) sau negativ (o problemă) depinzând de circumstanțe;
- determinarea categoriilor principale de cauze reprezentate de cutiile din diagrama Os de Pește. Pentru o problemă în sistem, categoriile tipice pot fi oamenii, echipamentul, mediul, procesele, etc. Totuși, acestea sunt selectate pentru a se potrivi cu un anumit context;
- specificarea unor cauze posibile pentru fiecare categorie majoră cu ramificații și sub-ramificații pentru a descrie relația dintre acestea;
- continuă să întrebi „de ce?” sau „ce a cauzat asta?” pentru a face legătura între cauze;
- revizuieste toate ramificațiile pentru a verifica consistența și caracterul complet și asigură-te că acele cauze se aplică efectului principal;
- identificarea cauzelor celor mai probabile bazate pe opinia echipei și disponibilitatea dovezilor.

leșirile sunt normal prezentate, fie în diagrama Os de Pește sau Ishikawa, fie în diagrama arbore. Diagrama Os de Pește este structurată prin separarea cauzelor în categorii majore (reprezentată prin liniile de pe spatele peștelui) cu ramificații și sub-ramificații ce descriu mai multe cauze specifice în acele categorii.

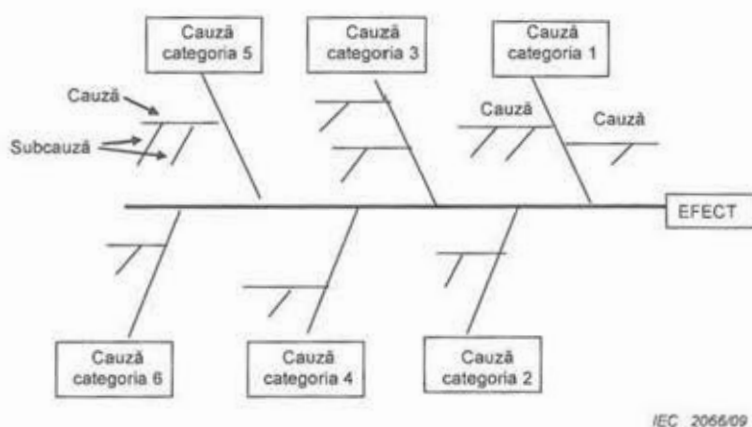


Figura B.5 – Exemplu de diagramă Ishikawa sau Os de Pește

Reprezentarea arbore este similară în aparență unui arbore de defecte, deși este adesea reprezentată ca un arbore realizat de la stânga la dreapta, mai degrabă decât de sus în josul paginii. Totuși, nu poate fi cuantificat pentru a produce o probabilitate a evenimentului central drept pentru care, cauzele sunt posibili factori contributivi, mai degrabă decât defectările cu o probabilitate de producere cunoscută.

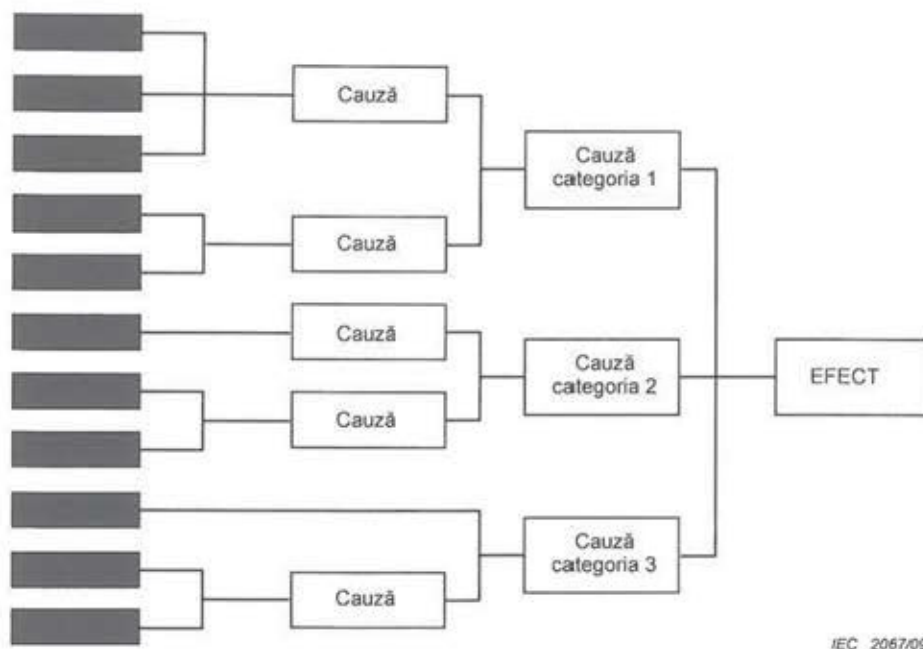


Figura B.6 – Exemplu de formulare de arbore de tipul analizei cauză-efect

Diagramele cauză și efect sunt în general utilizate din punct de vedere calitativ. Este posibil să asumi faptul că probabilitatea problemei este 1 și să atribui probabilitățile unor cauze generice și, subsecvent, sub-cauzelor, în baza gradului de încredere legat de relevanța acestora. Totuși, factorii contributivi adesea interacționează și contribuie la efect în feluri complexe, fapt ce invalidează cuantificarea.

B.17.5 Date de ieșire

Ieșirea obținută din analiza cauză și efect este o diagramă Os de Pește sau diagramă arbore ce arată cauzele posibile, cele mai probabile. Înainte ca să fie făcute recomandările, acest lucru trebuie verificat și testat empiric.

B.17.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari includ:

- implicarea experților adecvați ce lucrează într-un mediu de echipă;
- analiza structurată;
- luarea în considerare a tuturor ipotezelor posibile;
- ilustrarea grafică și cât mai ușor de parcurs a rezultatelor;
- identificarea ariilor unde este nevoie de date viitoare;
- poate fi folosită pentru identificarea factorilor contributivi la efectele dorite, cât și nedorite.

Concentrarea pozitivă asupra unei chestiuni ce poate încuraja apartenența și participarea

Punctele slabe includ:

- echipa poate să nu posede expertiza necesară;
- nu este un proces complet în sine, iar nevoile trebuie să fie parte a analizei cauzei sursă pentru a produce recomandări;

- este o tehnică de prezentare pentru o discuție între specialiști, mai degrabă decât o tehnică de analiză separată;
- separarea factorilor cauzali în categorii majore la începutul analizei, înseamnă că interacțiunile dintre categorii nu pot fi luate în considerare în mod adecvat, de ex. unde defectarea echipamentului este provocată de eroarea umană sau probleme umane printr-o proiectare slabă.

B.18 Analiza nivelurilor de protecție (LOPA)

B.18.1 Privire generală

LOPA este o metodă semi-cantitativă pentru estimarea riscurilor asociate cu un eveniment sau scenariu nedorit. Analizează dacă sunt suficiente măsuri pentru a controla sau limita riscul.

O pereche cauză-consecință este selectată și sunt identificate nivelurile de protecție ce previn cauza ce duce la o consecință nedorită. Este realizată o ordine de calcul de magnitudine pentru a determina dacă protecția este adecvată pentru a reduce riscul la un nivel tolerabil.

B.18.2 Domeniu de utilizare

LOPA poate fi utilizată pur și simplu din punct de vedere calitativ pentru a revizui nivelurile de protecție dintre un eveniment cauzal sau un eveniment întâmplător și o avarie. În mod normal, se va aplica o abordare semi-cantitativă pentru a adăuga o mai mare rigoare proceselor de selecție, de exemplu, după HAZOP sau PHA.

LOPA asigură o bază pentru specificarea nivelurilor de protecție independente (IPLs) și nivelele de integritate a siguranței (nivele SIL) pentru sistemele instrumentate, așa cum sunt descrise în seriile CEI 61508 și în CEI 61511, în determinarea cerințelor nivelului de integritate a siguranței (SIL) pentru siguranța sistemelor instrumentate. LOPA poate fi folosită pentru a sprijini alocarea eficientă a resurselor de reducere a riscurilor prin analizarea reducerii riscului produs de către fiecare nivel de protecție.

B.18.3 Date de intrare

Intrările în LOPA includ:

- informarea de bază asupra riscurilor, inclusiv pericolelor, cauzelor și consecințelor precum cele asigurate de o PHA;
- informarea asupra controlului la locul potrivit sau propus;
- frecvențele evenimentului cauzal și probabilitatea defectării nivelului de protecție, măsuri luate pe măsura consecințelor și o definire a riscului tolerabil;
- frecvențelor din cauze inițiatore, probabilităților defectării nivelului de protecție, măsuri ale consecințelor și o definire a riscului tolerabil.

B.18.4 Proces

LOPA este realizată folosindu-se o echipă de experți ce aplică procedura următoare:

- identificarea cauzelor inițiale ale unei avarii nedorite și căutarea datelor asupra frecvenței și consecințelor;
- selectarea unei singure perechi cauză-consecință;
- nivelurile de protecție ce previn cauza ce duce la o consecință nedorită sunt identificate și

analizate pentru eficiența lor;

- identificarea nivelurilor de protecție independente (IPLs) (nu toate nivelurile de protecție sunt IPLs);
- estimarea probabilității unei defectări pentru fiecare IPL;
- frecvența cauzei inițiatoare este combinată cu probabilitatea de defectare a fiecărui IPL și cu probabilitățile oricărui modificador condițional (un modificador condițional este de exemplu o persoană ce va fi prezentă și va fi afectată) pentru a determina frecvența de producere a unei consecințe nedorite. Ordinele de magnitudine sunt utilizate pentru frecvențe și probabilități;
- nivelul calculat de risc este comparat cu nivelele de toleranță a riscului pentru a determina dacă este necesară o protecție suplimentară.

Un IPL este un dispozitiv, sistem sau o acțiune ce este capabilă să prevină un scenariu ce duce la o consecință nedorită, independent de evenimentul cauzal sau orice alt nivel de protecție asociat cu scenariul.

IPL-urile includ:

- particularități de proiectare;
- dispozitive de protecție fizică;
- sisteme de interblocare și închidere;
- alarme pentru momente critice și intervenție manuală;
- protecție fizică post-eveniment;
- sisteme de răspuns în situații de urgență (procedurile și inspecțiile nu sunt e IPL-uri).

B.18.5 Date de ieșire

Sunt oferite recomandările pentru orice controale viitoare și eficiența acestor controale în reducerea riscului.

LOPA este una dintre tehnicile folosite pentru evaluarea SIL, atunci când este vorba de sisteme instrumentate/legate de siguranță.

B.18.6 Puncte tari și puncte slabe

Puncte tarile includ:

- se cere mai puțin timp și resurse decât în cazul analizei arborelui de defecte sau a evaluării complete cantitative a riscului, dar este mult mai riguroasă decât o opiniile subiective calitative;
- ajută la identificarea și concentrarea resurselor pe cele mai critice niveluri de protecție;
- identifică operațiunile, sistemele și procesele ce nu sunt suficient protejate;
- se concentrează pe consecințele cele mai serioase.

Punctele slabe includ:

- LOPA se concentrează pe rând pe perechea cauză-consecință și pe un scenariu. Interacțiunile complexe între riscuri și controale nu sunt acoperite;
- riscurile cuantificate nu țin cont de obicei de modurile de defectare obișnuite;
- LOPA nu se aplică scenariilor foarte complexe, unde există numeroase perechi cauze - consecințe, sau unde există o varietate de consecințe ce afectează diferite părți interesate

B.18.7 Documente de referință:

IEC 61508 (toate părțile), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

IEC 61511, Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector

B.19 Analiza prin arbore de decizie**B.19.1. Prezentare generală**

Un arbore de decizie reprezintă alternativele și rezultatele unei decizii într-o manieră secvențială care ia în considerare rezultatele incerte. Arborele decizional este similar arborelui evenimentelor în aceea că pleacă de la un eveniment de pornire sau o decizie inițială și modelează diverse căi și rezultate care se pot produce urmare a evenimentelor care pot apare și a deciziilor care se pot lua.

B.19.2. Domeniu de utilizare

Arborele decizional este utilizat în managementul riscurilor în proiecte precum și în alte situații pentru a ajuta la stabilirea celui mai bun curs de acțiune în caz de incertitudine. Reprezentările grafice mai pot ajuta la comunicarea motivelor care au stat la baza deciziilor.

B.19.3 Date de intrare

Un plan al proiectului cu puncte de decizie. Informații asupra posibilelor rezultate ale deciziilor și asupra evenimentelor ocazionale care ar putea afecta deciziile.

B.19.4 Proces

Un arbore decizional pornește de la decizia inițială, de exemplu decizia de a iniția proiectul A mai devreme decât proiectul B. Pe măsură ce cele două proiecte progresează, se produc diferite evenimente și trebuie luate diferite decizii previzibile. Acestea sunt prezentate sub forma unui arbore, asemănător arborelui de evenimente. Probabilitatea evenimentelor poate fi estimată împreună cu costul sau utilitatea rezultatului final al parcursului.

Informațiile privind parcursul celei mai bune decizii sunt în mod logic cele care produc valoarea cea mai ridicată așteptată, care este calculată ca produsul dintre toate probabilitățile condiționale de pe parcurs și valoarea rezultatului.

B.19.5 Date de ieșire

Ieșirile includ:

- o analiză logică a riscurilor prezentând opțiuni diverse care pot fi luate
- un calcul al valorii estimate pentru fiecare parcurs posibil

B.19.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari includ:

- asigură o reprezentare grafică clară a detaliilor unei probleme decizionale;
- permite calcularea celui mai bun parcurs pentru o situație

Punctele slabe:

- arborii mari de decizie pot deveni prea complecși pentru a permite comunicarea ușoară cu ceilalți;
- poate apare tendința de a simplifica exagerat situația pentru a permite reprezentarea ei sub forma diagramei unui arbore

B.20 Evaluarea fiabilității factorului uman (HRA)

B.20.1 Prezentare generală

Evaluarea fiabilității factorului uman (HRA) se ocupă de impactul persoanelor asupra performanței sistemului și poate fi utilizată pentru evaluarea influenței erorii umane asupra sistemului.

Numeroase procese lasă loc pentru erori umane, în special acolo unde timpul de care dispune operatorul pentru luarea unei decizii este limitat. Probabilitatea ca problemele să evolueze de așa natură încât să devină grave este mică. Intervenția factorului uman poate fi, totuși, uneori singura modalitate de a împiedica o eroare inițială să se transforme într-un accident.

Importanța HRA a fost exemplificată de numeroase accidente în care erori umane critice au contribuit la o evoluție catastrofală a evenimentelor. Astfel de accidente reprezintă un avertisment contra evaluărilor riscurilor canalizate numai pe partea hardware și software a unui sistem. Ele ilustrează pericolul ignorării posibilității contribuției erorii factorului uman. Mai mult, evaluările fiabilității factorului uman sunt utile în evidențierea erorilor care stau în calea productivității precum și în dezvoltarea modalității în care aceste erori și alte defectări (de hardware și software) pot fi „reparate” de operatori și personalul de întreținere.

B.20.2 Domeniu de utilizare

HRA poate fi utilizată calitativ sau cantitativ. Se utilizează calitativ pentru a identifica potențialul erorilor umane și determină reducerea probabilității apariției erorilor. Se utilizează cantitativ pentru a asigura date despre erorile umane în FTA sau alte tehnici.

B.20.3 Date de intrare

Intrările pentru HRA includ:

- informații pentru stabilirea sarcinilor care trebuie îndeplinite de angajați;
- experiența tipurilor de erori care apar în practică și potențialul de producere a erorilor;
- cunoștințe despre erorile umane și cuantificarea acestora

B.20.4 Proces

Procesul HRA este alcătuit din:

- **Definirea problemei** – ce tipuri de intervenții umane vor fi investigate/evaluate?
- **Analiza sarcinilor**, cum se va executa sarcina și ce ajutoare vor fi necesare pentru realizarea acestor sarcini?
- **Analiza erorilor umane** – în ce condiții nu se pot realiza sarcinile: ce erori se pot produce și cum pot fi reparate acestea?
- **Reprezentare** – cum pot fi aceste erori, sau greșeli în realizarea sarcinilor, integrate cu alte elemente de hardware, software și evenimente din mediul înconjurător, pentru a putea calcula posibilitatea defectării întregului sistem?
- **Depistare** – există cumva erori sau sarcini care nu necesită o cuantificare detaliată?
- **Cuantificare** – cât de probabile sunt erorile individuale și cazurile de nerealizare a sarcinilor?
- **Evaluare impact** – care erori și sarcini sunt cele mai importante, adică care sunt cele care au cea mai importantă contribuție la fiabilitate sau risc?
- **Reducere erori** – cum se poate realiza o fiabilitate a factorului uman mai ridicată?
- **Documentație** – ce detalii ale HRA trebuie documentate?

În practică procesul HRA se execută pe etape deși, uneori, anumite etape (de exemplu, analiza sarcinilor și identificarea erorilor) se pot executa în paralel.

B.20.5 Date de ieșire

ieșirile includ:

- o listă de erori care se pot produce și metode prin care pot fi reduse – preferabil prin reproiectarea sistemului;
- modalități de erori, cauze și consecințe ale tipurilor de erori;
- o evaluare calitativă și cantitativă a riscurilor ridicate de erori

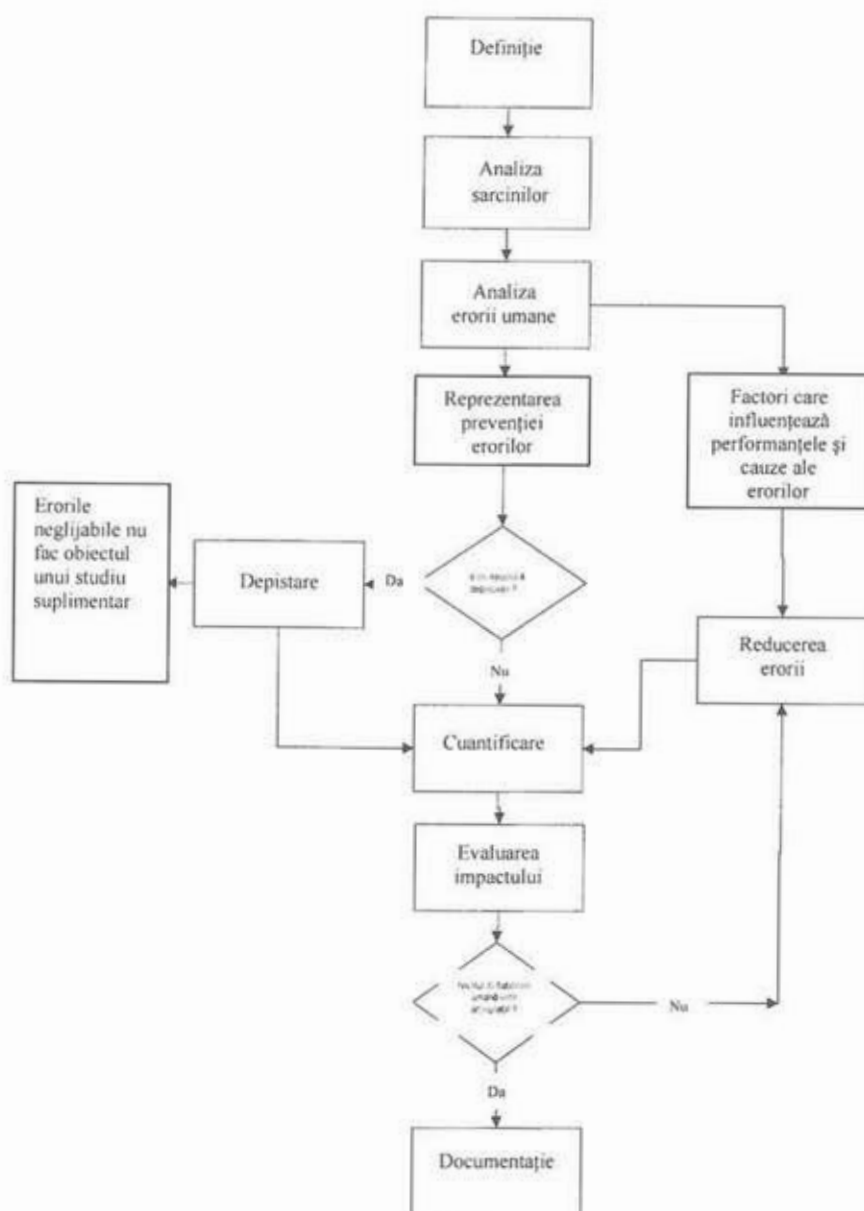
B.20.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale HRA includ:

- HRA asigură un mecanism formal pentru includerea erorilor umane în evaluarea riscurilor legate de sistemele la care factorul uman joacă adesea un rol important;
- evaluarea formală a modalității și mecanismelor de producere a erorilor umane poate ajuta la reducerea probabilității defectărilor cauzate de erori.

Punctele slabe:

- complexitatea și diversitatea oamenilor fac dificilă definirea modalităților și probabilităților erorilor;
- numeroase activități nu permit o distincție simplă între modalități corecte și greșite. HRA are ca atare dificultăți în tratarea erorilor parțiale sau al erorilor calitative sau al proceselor necorespunzătoare de luare a deciziilor.



IEC 2008 09

Figura B.7 – Exemplu de evaluare a fiabilității factorului uman

B.21. Analiză papion

B.21.1 Prezentare generală

Analiza „papion” este o simplă diagramă care descrie și analizează parcursurile unui element de risc de la cauze la consecințe. Poate fi considerată o combinație a unui arbore de defecte analizând cauza producerii unui eveniment (reprezentat prin nodul unui papion) și un arbore de evenimente analizând consecințele. Analiza papion se concentrează totuși pe barierele dintre cauze și risc și dintre risc și consecințe. Diagramele papion pot fi elaborate pornind de la arborii de defecte și evenimente, dar cel mai adesea sunt trasate direct într-o sesiune de brainstorming.

B.21.2 Domeniu de utilizare

Analiza papion este utilizată pentru a reprezenta un risc arătând gama de cauze și consecințe posibile. Este utilizată acolo unde situația existentă nu garantează complexitatea unei analize pe baza unui arbore de defecte complet sau acolo unde se pune accentul mai degrabă pe asigurarea că există o barieră sau un „mijloc de control” pentru fiecare parcurs al defectării. Este utilă acolo unde există parcursuri independente clare care conduc la defectare.

Analiza papion este adesea mai ușor de înțeles decât arborii de defectare și evenimente, motiv pentru care se poate dovedi un instrument util de comunicare acolo unde analiza se realizează prin utilizarea de tehnici mai complexe.

B.21.3 Date de intrare

Se impune înțelegerea informațiilor privind cauzele și consecințele riscului și a barierelor și mijloacelor de control care îl pot preveni, limita sau stimula.

B.21.4 Proces

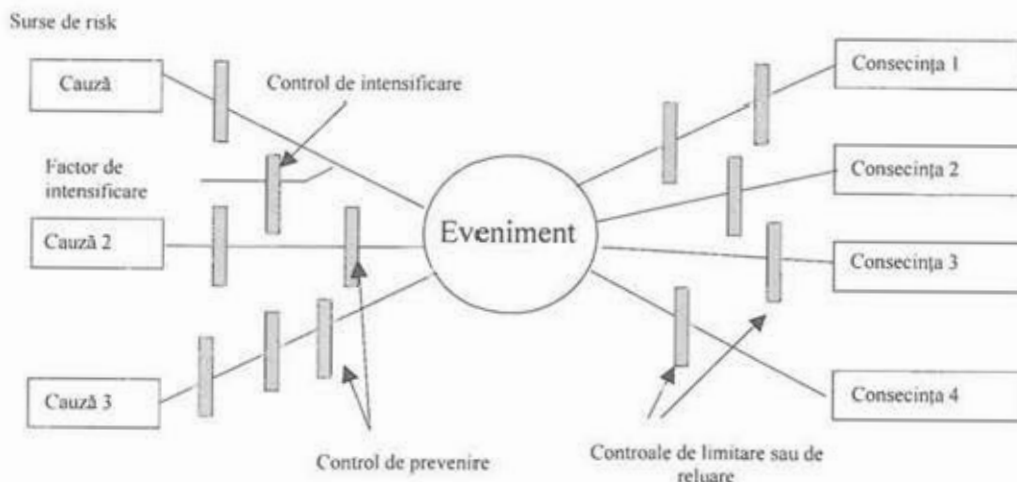
Diagrama papion se desenează astfel:

- Se identifică un risc anume care urmează a fi analizat și reprezentat ca nodul central al unui papion.
- Se listează cauzele evenimentului luând în calcul sursele riscului (sau pericolele dacă suntem într-un context referitor siguranță).
- Se identifică mecanismul prin care sursa de risc conduce la un eveniment critic.
- Se trasează linii între fiecare cauză și eveniment, construind partea stângă a papionului. Se pot identifica și introduce în desen factorii care conduc la escaladarea riscurilor.
- Barierile care ar trebui să prevină ca fiecare cauză să conducă la consecințele nedorite pot fi reprezentate ca bare verticale de-a curmezișul liniei. Acolo unde există factori care pot conduce la agravarea riscurilor, se pot de asemenea desena bariere contra escaladării riscurilor. Metoda poate fi utilizată pentru consecințe pozitive, în care caz barele reprezintă „controale” care stimulează generarea evenimentului.
- Pe partea dreaptă a papionului sunt identificate diverse consecințe potențiale ale riscului și sunt trasate linii plecând de la evenimentul de risc la fiecare consecință potențială.
- Barierile contra consecințelor sunt desenate sub formă de bare perpendiculare pe liniile dintre evenimentul de risc și consecințele acestuia. Metoda poate fi utilizată pentru consecințe pozitive, situație în care barele reprezintă „controale” care susțin generarea consecințelor.
- Funcțiile de management care susțin mijloacele de control (ca de exemplu perfecționarea personalului sau inspecțiile) pot fi reprezentate sub papion și legate de mijlocul de control corespunzător.

Este posibil un oarecare nivel de cuantificare a diagramei-papion, acolo unde parcursurile sunt independente, se cunoaște probabilitatea unei consecințe sau a unui anumit rezultat și se poate estima o cifră pentru eficiența unui mijloc de control. Parcursurile și barierele nu sunt totuși de regulă independente iar mijloacele de control pot fi procedurale, și deci eficiența acestora incertă. Cuantificarea este adesea mai bine realizată utilizând FTA și ETA.

B.21.5 Date de ieșire

Ieșirea este o diagramă simplă prezentând principalele parcursuri ale riscului și barierele care previn sau combat consecințele nedorite sau stimulează și promovează consecințele dorite.



IEA 2009 09

Figura B.8 – Exemplu de diagramă-papion pentru consecințe nedorite

B.21.6 Puncte tari și puncte slabe

Puncte tari ale analizei-papion:

- este ușor de înțeles și oferă o reprezentare grafică clară a problemei;
- pune accentul pe mijloacele de control care ar trebui să existe atât pentru prevenirea cât și pentru combaterea riscurilor precum și pe eficiența acestora;
- poate fi utilizată și pentru analiza consecințelor dorite;
- nu necesită o specializare ridicată pentru a fi utilizată.

Punctele slabe includ:

- nu poate reprezenta cazul în care apar simultan mai multe cauze care conduc la consecințe (de exemplu, acolo unde există porți și într-un arbore de defecte care descrie partea stângă a papionului);
- poate conduce la simplificarea exagerată a situațiilor complexe, în special acolo unde se încearcă cuantificarea.

B.22 Menținerea bazată pe fiabilitate

Menținerea bazată pe fiabilitate (RCM) este metoda prin care sunt identificate strategiile care trebuie adoptate pentru managementul defectărilor astfel încât să se atingă efectiv și eficient nivelul de siguranță, de disponibilitate și de exploatare economică cerut pentru funcționarea tuturor tipurile de echipamente.

RCM reprezintă în prezent o metodologie verificată și acceptată utilizată în numeroase ramuri industriale.

RCM asigură un proces al deciziei care permite identificarea cerințelor de întreținere preventivă eficientă a echipamentelor în conformitate cu consecințele referitoare la siguranță, operaționale și economice ale unor defectări identificabile și a mecanismului de degradare responsabil de producerea acestor defectări. Rezultatul final al aplicării acestui proces este realizarea necesității

executării unei lucrări de întreținere sau al unei alte acțiuni ca de exemplu modificări operaționale. Detalii privind utilizarea și aplicarea RCM sunt prezentate în CEI 60300-3-11.

B.22.2 Domeniu de utilizare

Toate sarcinile se bazează pe siguranța personalului și a mediului înconjurător precum și pe probleme de funcționare și de natură economică. A se reține totuși că criteriile luate în considerare vor depinde de natura produsului și de aplicațiile acestuia. Un proces de producție, de exemplu, va trebui să fie viabil din punct de vedere economic și poate să fie sensibil la considerații stricte legate de mediu, în timp ce o parte componentă a unui echipament de apărare ar trebui să fie reușit din punct de vedere operațional, dar să se supună unor criterii de siguranță, economice și de mediu mai puțin stricte. Se pot obține beneficii maxime prin canalizarea analizei spre defectările care pot conduce la efecte grave din punct de vedere al impactului asupra siguranței, mediului, aspectelor economice sau operaționale.

RCM este utilizată pentru a asigura că se realizează mentenanța justă și eficientă și se aplică de regulă în faza de proiectare și cea de dezvoltare, după care se implementează în faza de funcționare și întreținere.

B.22.3 Date de intrare

Aplicarea cu succes a RCM necesită o bună înțelegere a echipamentului și a structurii acestuia, a mediului operațional, a sistemelor, subsistemelor aferente și a părților componente ale echipamentului, precum și a defectărilor posibile și a consecințelor acestor defectări.

B.22.4 Proces

Pașii de bază ai unui program RCM sunt:

- inițiere și planificare
- analiza defectărilor funcționale
- selecția sarcinilor
- implementare
- îmbunătățire continuă

RCM se bazează pe riscuri având în vedere că urmează pașii de bază din evaluarea riscurilor. Tipul de evaluare a riscurilor este analiza modurilor de defectare, a efectelor lor și criticității (FMECA) dar necesită o abordare specifică a analizei atunci când este utilizată în acest context.

Identificarea riscurilor se focalizează pe situațiile în care defectări potențiale pot fi eliminate sau reduse ca frecvență și/sau consecințe prin efectuarea de lucrări de întreținere. Se realizează prin identificarea funcțiilor și standardelor de performanță cerute și a defectărilor la echipamente sau părți componente care pot întrerupe acele funcții.

Analiza riscurilor constă în estimarea frecvenței fiecărei defectări în absența execuției lucrărilor de mentenanță. Sunt stabilite consecințele prin definirea efectelor defectărilor. O matrice a riscurilor care combină frecvența defectărilor și consecințele acestora permite definirea de categorii de niveluri de risc.

Se realizează apoi evaluarea riscurilor prin selectarea strategiei corespunzătoare de management al riscurilor pentru fiecare mod de defectare.

Întregul proces RCM este documentat pe larg pentru referințe și revizii viitoare. Colectarea datelor privind defectarea și lucrările de mentenanță permite monitorizarea rezultatelor și implementarea îmbunătățirilor.

B.22.5 Date de ieșire

RCM asigură o definire a sarcinilor de mentenanță ca de exemplu monitorizarea funcționării, a lucrărilor planificate de reabilitare, a înlocuirilor planificate, a lucrărilor de depistare a defectărilor sau a lucrărilor de întreținere ne-preventive. Alte acțiuni posibile care pot rezulta din această analiză pot include re-proiectarea, modificări în procedurile de funcționare sau întreținere sau cursuri suplimentare de perfecționare. Sunt identificate apoi intervalele de timp pentru sarcini și resursele necesare.

B.22.6 Bibliografie

IEC 60300-3-11, Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance

B.23 Analiza viciilor ascunse (SA) și analiza circuitelor parazite (SCA)**B.23.1. Prezentare generală**

Analiza viciilor ascunse (SA) este o metodologie destinată să identifice erorile de proiectare. Un viciu ascuns poate fi un defect latent într-un hardware, software sau la nivel integrat care poate provoca producerea unui eveniment nedorit sau inhiba un eveniment dorit și nu este cauzat de defectarea unei părți componente. Aceste vicii ascunse se caracterizează prin natura lor aleatorie și abilitatea lor de a nu fi depistate chiar și la cele mai riguroase testări standardizate ale sistemului. Viciile ascunse pot provoca funcționarea necorespunzătoare, căderea sistemului, întârzieri ale programului și chiar decesul sau vătămarea personalului.

B.23.2. Domeniu de utilizare

Analiza circuitelor parazite (SCA) a fost dezvoltată în ultima parte a anilor 60 pentru a da NASA posibilitatea de a verifica integritatea și funcționarea proiectelor sale. A servit drept un instrument util pentru descoperirea traseelor nedorite ale circuitelor electrice și a ajutat la conceperea de soluții pentru izolarea fiecărei funcții. Pe măsura ce a avansat tehnologia au trebuit să se modernizeze și instrumentele pentru analiza circuitelor parazite. Analiza viciilor ascunse include și depășește de departe aria de cuprindere a analizei circuitelor parazite. Poate localiza probleme atât pe partea de hardware cât și pe cea de software utilizând orice tehnologie. Instrumentele analizei viciilor ascunse pot integra mai multe analize ca de exemplu arbori de defecte, analiza modurilor de defectare și a efectelor lor (FMEA), estimări fiabilitate, etc. într-o singură analiză realizând economii de timp și buget la proiect.

B.23.3 Date de ieșire

Analiza viciilor ascunse se deosebește de procesul de proiectare prin faptul că utilizează instrumente diferite (arbori rețea, păduri și indicii sau întrebări pentru a ajuta analistul să identifice viciile ascunse) pentru descoperirea unui tip anume de probleme. Arborii rețea și pădurile sunt grupări topologice ale sistemului real. Fiecare arbore de rețea reprezintă o sub-funcție și prezintă toate intrările care pot afecta ieșirea sub-funcției. Pădurile sunt construite prin combinarea arborilor de rețea care contribuie la o anumită ieșire a sistemului. O pădure corespunzătoare prezintă ieșirea sistemului în funcție de toate intrările aferente. Acestea, împreună cu altele, devin intrări ale analizei.

B.23.4 Proces

Pașii de bază în realizarea unei analize a viciilor ascunse sunt:

- pregătirea datelor
- construirea arborelui de rețea
- evaluarea traseelor rețelei
- recomandări finale și raport

B.23.5 Date de ieșire

Un circuit parazit este un parcurs neașteptat sau un flux logic din cadrul unui sistem care poate iniția, în anumite condiții specifice, o funcție nedorită sau inhiba o funcție dorită. Parcursul poate fi alcătuit din hardware, software, acțiuni ale operatorului, sau combinații ale acestor elemente. Circuitele parazite nu sunt rezultatul unei defectări a hardware-ului ci sunt condiții latente, proiectate greșit în sistem, codificate în aplicația software sau declanșate de erori umane. Există patru categorii de circuite parazite:

- a) trasee eronate: trasee neașteptate prin care curentul, energia electrică sau un parcurs logic ajung într-o direcție ce nu le-a fost destinată;
- b) intervale eronate: evenimente care se produc la intervale de timp neașteptate sau într-o cronologie greșită;
- c) indicații eronate: afișaj ambiguu sau fals al condițiilor de funcționare a sistemului care poate cauza sistemului sau unui operator să ia măsuri nedorite;
- d) etichete eronate: etichetare incorectă sau echivocă a funcțiilor sistemului, de exemplu intrări ale sistemului, comenzi, afișaje care pot îl pot determina pe un operator să aplice un stimul incorect sistemului.

B.23.6. Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari includ:

- analiza viciilor ascunse este utilă pentru depistarea erorilor de proiectare
- are cele mai bune rezultate când este aplicată în combinație cu HAZOP
- este deosebit de utilă pentru sistemele care au stări multiple ca de exemplu stațiile de dozare.

Punctele slabe pot include:

- procesul este oarecum diferit, după cum este aplicat circuitelor electrice, fabricilor de prelucrare, echipamentelor mecanice sau aplicațiilor software.
- metoda este dependentă de stabilirea de arbori corecți de rețea.

B.24. Analiza Markov**B.24.1. Prezentare generală**

Analiza Markov este utilizată acolo unde starea viitoare a unui sistem depinde numai de starea sa actuală. Este utilizată de regulă pentru analiza sistemelor reparabile care pot exista în mai multe stări și utilizarea unei analize-bloc a fiabilității nu ar asigura o analiză corespunzătoare a sistemului. Metoda poate fi extinsă pentru analiza sistemelor mai complexe prin utilizarea de procese Markov de clasă superioară și singurele restricții de utilizare sunt impuse de model, calculele matematice și ipoteze.

Procesul analizei Markov este o tehnică cantitativă și poate fi discretă (utilizând probabilități de trecere de la o stare la alta) sau continuă (utilizând rate de schimb între stări).

Deși analiza Markov poate fi efectuată și manual, natura tehnicilor o face adecvată utilizării pe programe informatice, multe existând în mod curent pe piață.

B.24.2 Domeniu de utilizare

Tehnica de analiză Markov poate fi utilizată pe diverse structuri de sistem, cu sau fără reparații, incluzând:

- componente independente în paralel;
- componente independente în serie;
- sisteme cu sarcină partajată

- sisteme în stand-by, inclusiv cazurile în care se poate produce o defectare a comutării;
- sisteme degradate.

Tehnica de analiză Markov poate fi de asemenea utilizată pentru calcularea disponibilității, inclusiv prin luarea în considerare a pieselor de rezervă pentru reparații.

B.24.3 Date de intrare

Intrările esențiale pentru analiza Markov sunt următoarele:

- lista diverselor stări ale sistemului, sub-sistemului sau ale părții componente care pot fi, de exemplu, complet operaționale, parțial operaționale (adică în stare degradată), căzute, etc.;
- înțelegere clară a tranzițiilor posibile care necesită a fi modelate. De exemplu, o pană la un cauciuc de mașină trebuie să ia în calcul starea roții de rezervă și deci frecvența inspecțiilor;
- rata de trecere de la o stare la alta, reprezentată de regulă fie prin probabilitatea trecerii de la o stare la alta pentru evenimente discrete sau rata de defectare (λ) și/sau rata reparațiilor (μ) pentru evenimentele continue.

B.24.4. Proces

Tehnica de analiză Markov este centrată în jurul conceptului de „stări”, de exemplu „disponibil” și „defect” și pe tranziția dintre cele două stări de-a lungul timpului în baza unei probabilități constante de tranziție. Este utilizată o matrice a probabilităților aleatorii de tranziție pentru a descrie trecerea de la o stare la alta și a permite calcularea diverselor ieșiri.

Pentru a ilustra tehnica de analiză Markov se ia în considerare un sistem complex care poate avea numai trei stări: de funcționare, stare degradată și de nefuncționare, definite ca stările S1, S2 și respectiv S3. Sistemul există în fiecare zi într-una din cele trei stări. Tabelul B.3 arată probabilitatea ca sistemul să fie mâine în starea S_i , în care i poate fi 1, 2 sau 3.

Tabelul B.2 – Matricea Markov

		Starea de astăzi		
		S1	S2	S3
Starea de mâine	S1	0,95	0,3	0,2
	S2	0,04	0,65	0,6
	S3	0,01	0,05	0,2

Această gamă de probabilități este denumită matricea Markov, sau matricea de tranziție. Se poate observa că suma fiecărei coloane este 1 fiind suma tuturor rezultatelor posibile în fiecare caz. Sistemul mai poate fi reprezentat printr-o diagramă Markov în care cercurile reprezintă stările iar săgețile reprezintă tranziția împreună cu probabilitățile aferente.

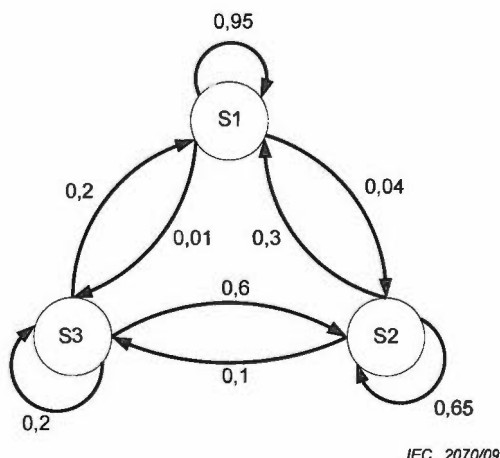


Figura B.9 – Exemplu de diagramă Markov a sistemului

Săgețile de la o stare înapoi la aceeași stare nu sunt de regulă prezentate în diagramă, prezentarea lor în aceste exemple având ca scop redarea unei imagini cât mai complete.

Să presupunem că P_i reprezintă probabilitatea să găsim sistemul în starea i pentru $i = 1, 2, 3$, în care caz ecuațiile simultane care trebuie rezolvate sunt:

$$P_1 = 0,95 P_1 + 0,30 P_2 + 0,20 P_3 \quad (\text{B.1})$$

$$P_2 = 0,04 P_1 + 0,65 P_2 + 0,60 P_3 \quad (\text{B.2})$$

$$P_3 = 0,01 P_1 + 0,05 P_2 + 0,20 P_3 \quad (\text{B.3})$$

Aceste trei ecuații nu sunt independente și nu vor rezolva cele trei necunoscute. Se va utiliza următoarea ecuație și renunța la una din ecuațiile de mai sus.

$$1 = P_1 + P_2 + P_3 \quad (\text{B.4})$$

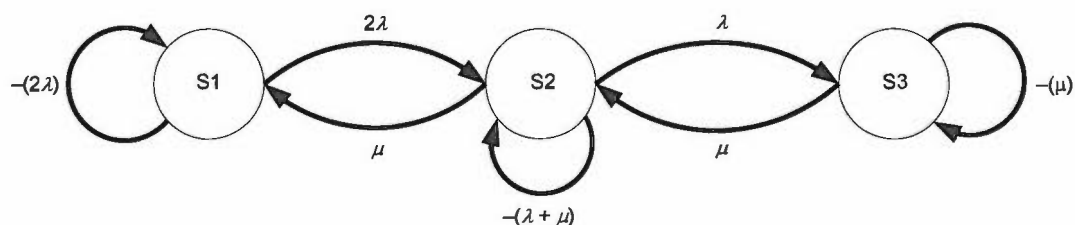
Soluția este 0,85, 0,13 și 0,02 pentru stările respective 1, 2, 3. Sistemul este complet funcțional 85% din timp, în stare degradată 13% din timp și nefuncțional 2% din timp.

Se iau în considerare două elemente funcționând în paralel fiecare trebuind să fie operațional pentru a asigura funcționarea sistemului. Elementele pot fi fie operaționale sau defectate iar funcționarea sistemului este condiționată de statutul acestor două elemente.

Stările pot fi considerate drept:

- | | |
|----------|---|
| Starea 1 | Ambele elemente funcționează corect; |
| Starea 2 | Un element este defect și se află în reparații, celălalt este în funcțiune; |
| Starea 3 | Ambele elemente sunt defecte și unul se află în reparații. |

Dacă se presupune că rata de defectare continuă a fiecărui element este λ și rata de reparații este μ , în acest caz diagrama stării de tranziție este:



IEC 2071/09

Figura B.10 – Exemplu de diagramă tranziție stare

Se va observa că tranziția de la starea 1 la starea 2 este 2λ având în vedere că defectarea oricăruia din elemente va duce sistemul la starea 2.

Să luăm $P_i(t)$ drept probabilitatea de a fi în starea inițială i în momentul t ; și

Să luăm $P_i(t + \delta t)$ drept probabilitatea de a fi în starea finală în momentul $t + \delta t$ $P_i(t)$

Matricea probabilităților de tranziție devine:

Tabelul B.3 – Matricea Markov finală

		Starea inițială		
		$P1(t)$	$P2(t)$	$P3(t)$
Starea finală	$P1(t + \delta t)$	-2λ	μ	0
	$P2(t + \delta t)$	2λ	$-(\lambda + \mu)$	μ
	$P3(t + \delta t)$	0,01	λ	$-\mu$

Merită să reținem că valorile zero se produc întrucât nu este posibil să treci de la starea 1 la starea 3 sau de la starea 3 la starea 1. De asemenea, coloanele dau totalul zero când se specifică ratele.

Ecuatiile simultane devin:

$$dP1/dt = -2\lambda P1(t) + \mu P2(t) \quad (B.5)$$

$$dP2/dt = 2\lambda P1(t) + -(\lambda + \mu) P2(t) + \mu P3(t) \quad (B.6)$$

$$dP3/dt = \lambda P2(t) + -\mu P3(t) \quad (B.7)$$

Pentru a simplifica lucrurile, se va pleca de la premisa că gradul de disponibilitate cerut este disponibilitatea în stare de funcționare stabilă.

Când δt tinde spre infinit, dP_i/dt va tinde spre zero și ecuațiile sunt mai ușor de rezolvat. Se va utiliza de asemenea ecuația suplimentară prezentată în Ecuația (B.4) de mai sus:

De remarcat că ecuația $A(t) = P1(t) + P2(t)$ poate fi acum exprimată astfel:

$$A = P1 + P2$$

$$\text{Deci } A = (\mu^2 + 2\lambda\mu) / (\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2)$$

B.24.5 Date de ieșire

Ieșirea unei analize Markov reprezintă diversele posibilități de a fi în stări diferite, și deci o estimare a probabilităților de defectare și/sau funcționare, una din componentele esențiale ale sistemului.

B.24.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale analizei Markov includ:

- Abilitatea de a calcula probabilitățile pentru sisteme cu capacitate de reparație și stări multiple de nefuncționare.

Punctele slabe ale analizei Markov includ:

- asumarea de probabilități constante de tranziție de la o stare la alta; defectare sau reparații;
- toate evenimentele sunt statistic independente având în vedere că stările viitoare sunt independente de toate stările anterioare, exceptând starea imediat prealabilă;
- necesită cunoștințe privind toate probabilitățile de schimbare a stării;
- necesită cunoștințe de operare matrici;
- rezultatele sunt greu de comunicat personalului fără o pregătire tehnică.

B.24.7 Comparații

Analiza Markov este similară unei analize Petri-Net fiind capabilă să monitorizeze și să observe stările sistemului deși diferă de analiza Petri-Net având în vedere că Petri-Net poate exista în stări multiple în același moment.

B.24.8 Bibliografie

IEC 61078, Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram and boolean methods

IEC 61165, Application of Markov techniques

ISO/IEC 15909 (toate părțile), Software and systems engineering – High-level Petri nets

B. 25 Metoda de simulare Monte Carlo**B.25.1 Prezentare generală**

Numeroase sisteme sunt prea complexe pentru ca efectele incertitudinii acestora să fie modelate utilizând tehnici analitice, dar pot fi evaluate prin luarea în considerare a intrărilor ca variabile aleatorii și efectuând un număr de N calculații (așa zisele simulări) prin eșantionarea intrării pentru a obține N rezultate posibile ale rezultatului dorit.

Această metodă poate fi utilizată pentru situații complexe care ar fi foarte greu de înțeles și de rezolvat printr-o metodă analitică. Pot fi dezvoltate sisteme utilizând tabele și alte instrumente convenționale, dar există și se găsesc cu ușurință alte instrumente mai sofisticate care pot satisface cerințe mai complexe, multe din acestea fiind disponibile la prețuri accesibile. Când s-a dezvoltat inițial această tehnică, numărul de repetiții impus de simulările Monte Carlo făcea procesul greoi și mare consumator de timp, dar progresul informatic și evoluțiile teoretice, ca de exemplu eșantionarea Latin-hypercube, au redus drastic timpul de prelucrare pentru majoritatea aplicațiilor.

B.25.2. Domeniu de utilizare

Metoda de simulare Monte Carlo asigură un mijloc de evaluare a efectului incertitudinii în sisteme într-o gamă largă de situații. Este de regulă utilizată pentru evaluarea gamei de rezultate posibile și a frecvenței relative a valorilor în gama respectivă pentru măsurători cantitative ale unui sistem ca de exemplu cost, durată, consum materiale, cerere și alte măsurări similare. Metoda de simulare Monte Carlo poate fi utilizată în două scopuri diferite:

- propagarea incertitudinii pe modele analitice convenționale
- calcule probabilistice acolo unde nu funcționează tehnicile analitice

B.25.3 Date de intrare

Intrarea pentru metoda de simulare Monte Carlo este un model bun al sistemului și informațiilor despre tipurile de intrări, sursele de incertitudine care urmează a fi reprezentate și ieșirea cerută. Datele de incertitudine de intrare sunt reprezentate ca variabile aleatorii cu distribuții care sunt mai mult sau mai puțin răspândite funcție de nivelul de incertitudine. Distribuțiile uniforme, triunghiulare, normale și log normale sunt adesea utilizate în acest scop.

B.25.4 Proces

Procedura cuprinde următorii pași:

- a) Se definește un model sau un logaritm care este cât mai apropiat posibil de comportamentul sistemului analizat
- b) Se rulează modelul de mai multe ori utilizând numere aleatorii pentru a produce ieșiri ale modelului (simulări ale sistemului); Acolo unde aplicația constă în modelarea efectelor incertitudinii, modelul este sub forma unei ecuații care oferă relația dintre parametrii intrării și o ieșire. Valorile selectate pentru intrări sunt luate din distribuții corespunzătoare a probabilității care reprezintă natura incertitudinii în acești parametri.
- c) În ambele cazuri computerul rulează modelul de nenumărate ori (uneori de până la 10.000 de ori) cu intrări diferite și produce ieșiri multiple. Acestea pot fi prelucrate utilizând statistici convenționale pentru a furniza informații ca de exemplu valori medii, deviații standard, intervale de încredere.

Mai jos este oferit un exemplu de astfel de simulare.

Luăți în considerare cazul a două elemente funcționând în paralel dintre care sistemul are nevoie de unul singur ca să funcționeze. Primul element are o fiabilitate de 0,9 iar al doilea de 0,8.

Se poate construi un tabel cu următoarele coloane.

Tabelul B.4 – Exemplu de simulare Monte Carlo

Număr simulare	Elementul 1		Elementul 2		Sistem
	Număr aleatoriu	Funcții?	Număr aleatoriu	Funcții?	
1	0,577 243	DA	0,059 355	DA	1
2	0,746 909	DA	0,311 324	DA	1
3	0,541 728	DA	0,919 765	NU	1
4	0,423 274	DA	0,643 514	DA	1
5	0,917 776	NU	0,539 349	DA	1
6	0,994 043	NU	0,972 506	NU	0
7	0,082 574	DA	0,950 241	NU	1
8	0,661 418	DA	0,919 868	NU	1
9	0,213 376	DA	0,367 555	DA	1
10	0,565 657	DA	0,119 215	DA	1

Generatorul aleatoriu creează un număr între 0 și 1 care este utilizat pentru a fi comparat cu probabilitatea fiecărui element, pentru a se determina dacă sistemul este funcțional. Cu numai 10 rulări nu ne putem aștepta ca rezultatul de 0,9 să fie un rezultat corect. Metoda uzuală este să se compare rezultatul final pe un calculator pe măsură ce progresează simularea până se atinge gradul de acuratețe dorit. În exemplul de mai sus rezultatul de 0,979 9 a fost obținut după 20 000 iterații.

Modelul de mai sus poate fi extins în mai multe moduri. De exemplu:

- prin extinderea modelului în sine (ca de exemplu prin luarea în considerare a celui de al doilea element ca intrând imediat în funcțiune numai după ce cade primul);
- prin schimbarea probabilității fixe cu o variabilă (un bun exemplu este distribuția triunghiulară acolo unde nu poate fi definită cu exactitate probabilitatea;
- utilizând rate de defectare combinate cu aleatorizarea pentru a obține un interval de defectare (exponențial, Weibull sau o altă distribuție adecvată) și definirea de timpi de reparație.

Aplicațiile includ, printre altele, evaluarea incertitudinilor în predicțiile financiare, în prognozele privind performanța investițiilor, costul proiectului și graficele de implementare, întreruperile activității de afaceri și cerințele de personal.

Tehnicile analitice nu sunt capabile să ofere rezultate relevante sau acolo unde există incertitudini în datele de intrare acestea se regăsesc și în ieșiri.

B.25.5 Date de ieșire

Ieșirea poate fi o singură valoare, determinată ca în exemplul de mai sus, poate fi un rezultat exprimat ca probabilitatea sau distribuția frecvenței sau poate fi identificarea funcțiilor principale din model care au avut cel mai mare impact asupra ieșirii.

Metoda de simulare Monte Carlo se utilizează de regulă pentru evaluarea fie a întregii distribuții a rezultatelor care se pot obține fie a măsurilor cheie dintr-o distribuție cum ar fi:

- probabilitatea obținerii unui rezultat definit;
- valoarea unui rezultat în care posesorii problemei au un oarecare grad de încredere că nu va fi depășită ca de exemplu un cost pentru care există șanse sub 10% să fie depășit sau o durată pentru care există șanse de 80% să fie depășită.

O analiză a relațiilor dintre intrări și ieșiri poate aduce lumină asupra semnificației relative a factorilor de la locul de muncă și identifica țintele pentru care trebuie depuse eforturi în vederea influențării incertitudinii asupra rezultatului.

B.25.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale metodei de simulare Monte Carlo includ următoarele:

- metoda este, în principiu, adecvată pentru orice distribuție în variabilele unei intrări, inclusiv distribuțiile empirice derivate din observații ale sistemelor similare;
- modelele sunt relativ simplu de dezvoltat și pot fi extinse după nevoi;
- pot fi reprezentate orice influențe sau relații care apar în realitate, inclusiv efecte subtile cum ar fi dependențele condiționale;
- se poate utiliza analiza sensibilității în vederea identificării influențelor puternice și slabe;
- modelele sunt ușor de înțeles, relația dintre intrări și ieșiri fiind transparentă;
- sunt disponibile modele comportamentale eficiente ca de exemplu rețele Petri (viitorul CEI 62551), modele care s-au dovedit foarte eficiente pentru metoda de simulare Monte Carlo;
- asigură un grad de exactitate a rezultatului;
- aplicațiile software sunt disponibile și relativ ieftine.

Punctele slabe sunt:

- exactitatea soluțiilor depinde de numărul de simulări care pot fi rulate (acest neajuns devine mai puțin important având în vedere vitezele din ce în ce mai mari ale calculatoarelor);
- se bazează pe capacitatea de a reda incertitudini legate de parametri printr-o distribuție valabilă;
- modelele mari și complexe pot reprezenta o provocare pentru modelator și crea dificultăți părților interesate care doresc să se implice în proces;
- s-ar putea ca tehnica să nu evalueze corespunzător evenimentele cu consecințe mari/probabilitate scăzută și ca atare să nu permită reflectarea apetitului pentru risc al unei organizații în analiză.

B.25.7 Bibliografie

IEC 61649, Weibull analysis

IEC 62551, Analysis techniques for dependability – Petri net techniques

ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty measurement – Part 3: Guide to the of uncertainty in measurement (GUM:1995)

¹ În lucru

B.26 Statistica bayesiană și sisteme bayesiene

B.26.1 Prezentare generală

Statisticile bayesiene sunt atribuite reverendului Thomas Bayes. Aceste statistici pleacă de la premisa că orice informație cunoscută (a priori, anterioară) poate fi combinată cu măsurători ulterioare (a posteriori, posterioare) pentru a stabili o probabilitate generală. Expresia generală a teoremei bayesiene poate fi exprimată astfel:

$$P(A|B) = \{P(A)P(B|A)\} / \sum_i P(B|E_i) P(E_i)$$

unde

$P(X)$ reprezintă probabilitatea lui X

$P(X|Y)$ reprezintă probabilitatea lui X cu condiția să se producă Y

E_i este al i -lea eveniment

În forma sa cea mai simplificată se reduce la $P(A|B) = \{P(A)P(B|A)\} / P(B)$.

Statistica bayesiană diferă de statisticile clasice prin faptul că nu pleacă de la premisa că toți parametrii de distribuție sunt ficși ci de la premisa că parametrii sunt variabile aleatorii. O probabilitate bayesiană poate fi mai ușor înțeleasă dacă este considerată drept gradul de încredere al unei persoane într-un anumit eveniment în opoziție cu varianta clasică care se bazează pe mărturii fizice. Având în vedere că abordarea bayesiană se bazează pe interpretarea subiectivă a probabilității, această metodă asigură o bază pentru gândirea deciziei și dezvoltarea rețelelor bayesiene (sau Sisteme de Încredere, rețele de încredere sau rețele bayesiene).

Sistemele Bayesiene utilizează un model grafic pentru a reprezenta un set de variabile și relațiile lor probabilistice. Rețeaua este alcătuită din noduri care reprezintă o variabilă aleatorie și săgeți care unesc un nod-părinte de un nod-copil (unde un nod-părinte este o variabilă care influențează direct o altă variabilă (copil)).

B.26.2. Domeniu de utilizare

Utilizarea teoriei și a rețelelor Bayes a devenit o practică larg răspândită în ultimii ani pe o parte datorită caracterului lor intuitiv și de asemenea disponibilității instrumentelor informatice software. Rețelele Bayes au fost utilizate pentru o gamă largă de subiecte: diagnostic medical, modelarea imaginii, genetică, recunoașterea limbajului, economie, explorarea spațiului și în putericele motoare de căutare web utilizate în zilele noastre. Ele s-au dovedit de mare utilitate în orice domeniu în care se cercetează variabile necunoscute prin utilizarea unor relații și date structurale. Rețelele Bayes pot fi utilizate pentru a studia relațiile cauzale și a înțelege domeniul unei probleme și a prezice consecințele unei intervenții.

B.26.3 Date de intrare

Intrările sunt similare cu intrările de la modelul Monte Carlo. Exemplele de pași care trebuie urmați pentru o rețea Bayes includ:

- se definesc variabilele sistemului
- se definesc legăturile cauzale dintre variabile
- se specifică probabilitățile condiționale și anterioare
- se adaugă probe rețelei
- se execută actualizarea a ceea ce se crede
- se extrag considerațiile privind ceea ce se crede a posteriori.

B.26.4 Proces

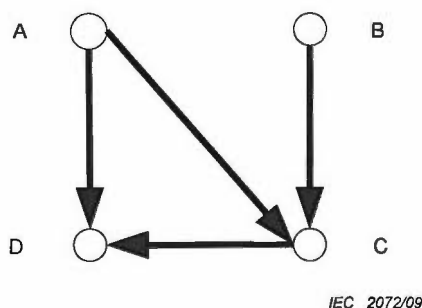
Teoria Bayes poate fi aplicată în nenumărate moduri. Exemplul de mai jos va lua în considerare crearea unui tabel Bayes în care un test medical este utilizat pentru a stabili dacă un pacient suferă de o anumită boală. Părerea generală înainte de efectuarea acestui test este că 99% din populație nu suferă de această boală și 1% are această boală, adică informația a priori. Exactitatea testului a demonstrat că dacă persoana are această boală rezultatul testului este pozitiv în 98% din cazuri. Există de asemenea probabilitatea ca dacă nu ai această boală, rezultatul testului să fie pozitiv în 10% din cazuri. Tabelul Bayes furnizează următoarele informații:

Tabelul B.5 – Date tabel Bayes

	ANTERIOR	PROBABILITATE	PRODUS	POSTERIOR
Au boala	0,01	0,98	0,009 8	0,090 1
Nu sunt bolnavi	0,99	0,10	0,099 0	0,909 9
SUMA	1		0,108 8	1

Utilizând regula Bayes, se determină produsul combinând Anteriorul și probabilitatea. Posteriorul se află împărțind valoarea produsului la total produs. Ieșirea arată că un rezultat pozitiv indică faptul că anteriorul a crescut de la 1% la 9%. Și mai important, există o șansă ridicată ca să nu suferi de boală chiar și la test pozitiv. Examinând ecuația $(0,01 \times 0,98) / ((0,01 \times 0,98) + (0,99 \times 0,1))$ reiese că valoarea "rezultatul pozitiv – lipsă boală" are un rol major în valorile posterioare.

Luați în considerare rețeaua Bayes de mai jos:

**Figura B.11 – Rețea eșantion Bayes**

Cu probabilitățile condiționale anterioare definite în tabelele de mai jos și utilizând notația Y ca indicație pozitivă și N ca indicație negativă, indicația pozitivă ar fi „au boala” ca mai sus, sau sunt șanse ridicate iar N ar însemna sunt șanse mici.

Tabelul B.6 – Probabilități anterioare pentru nodurile A și B

P(A = Y)	P(A = N)	P(B = Y)	P(B = N)
0,9	0,1	0,6	0,4

Tabelul B.7 – Probabilități condiționale pentru nodul C cu nodul A și nodul B definite

A	B	$P(C = Y)$	$P(C = N)$
Y	Y	0,5	0,5
Y	N	0,9	0,1
N	Y	0,2	0,8
N	N	0,7	0,3

Tabelul B.8 – Probabilități condiționale pentru nodul D cu nodul A și nodul C definite

A	C	$P(D = Y)$	$P(D = N)$
Y	Y	0,6	0,4
Y	N	1,0	0,0
N	Y	0,2	0,8
N	N	0,6	0,4

Pentru a determina probabilitatea posterioară $P(A|D=N, C=Y)$, trebuie întâi calculat $P(A, B|D=N, C=Y)$.

Utilizând regula Bayes se determină valoarea $P(D|A, C)P(C|A, B)P(A)P(B)$ după modelul de mai jos iar ultima coloană indică probabilitățile normalizate care însumează cifra 1 așa cum a fost derivată și în exemplul anterior (rezultat rotunjit).

Tabelul B.9 – Probabilități posterioare pentru nodurile A și B cu nodul D și nodul C definite

A	B	$P(D A, C)P(C A, B)P(A)P(B)$	$P(A, B D=N, C=Y)$
Y	Y	$0,4 \times 0,5 \times 0,9 \times 0,6 = 0,110$	0,4
Y	N	$0,4 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,4 = 0,130$	0,48
N	Y	$0,8 \times 0,2 \times 0,1 \times 0,6 = 0,010$	0,04
N	N	$0,8 \times 0,7 \times 0,1 \times 0,4 = 0,022$	0,08

Pentru a ajunge la $P(A|D=N, C=Y)$, trebuie însumate toate valorile lui B:

Tabelul B.10 – Probabilități posterioare pentru nodul A cu nodul D și nodul C definite

$P(A=Y D=N, C=Y)$	$P(A=N D=N, C=Y)$
0,88	0,12

Aceasta ne arată că anteriorul pentru $P(A=N)$ a crescut de la 0,1 la o valoare posterioară de 0,12 ceea ce reprezintă doar o schimbare minoră. Pe de altă parte, $P(B=N|D=N, C=Y)$ a crescut de la 0,4 la 0,56 ceea ce reprezintă o schimbare mai semnificativă.

B.26.5 Date de ieșire

Metoda Bayesiană poate fi aplicată în aceeași măsură ca statisticile clasice, cu o gamă largă de date de ieșire, de exemplu analiza datelor pentru a obține estimatori puncte și intervale de încredere. Popularitatea sa recentă este legată de rețele Bayes pentru distribuția valorilor posterioare. Ieșirea sub formă grafică asigură un model ușor de înțeles iar datele pot fi ușor modificate pentru a lua în considerare corelațiile și sensibilitatea parametrilor.

B.26.6. Puncte tari și puncte slabe

Puncte tari:

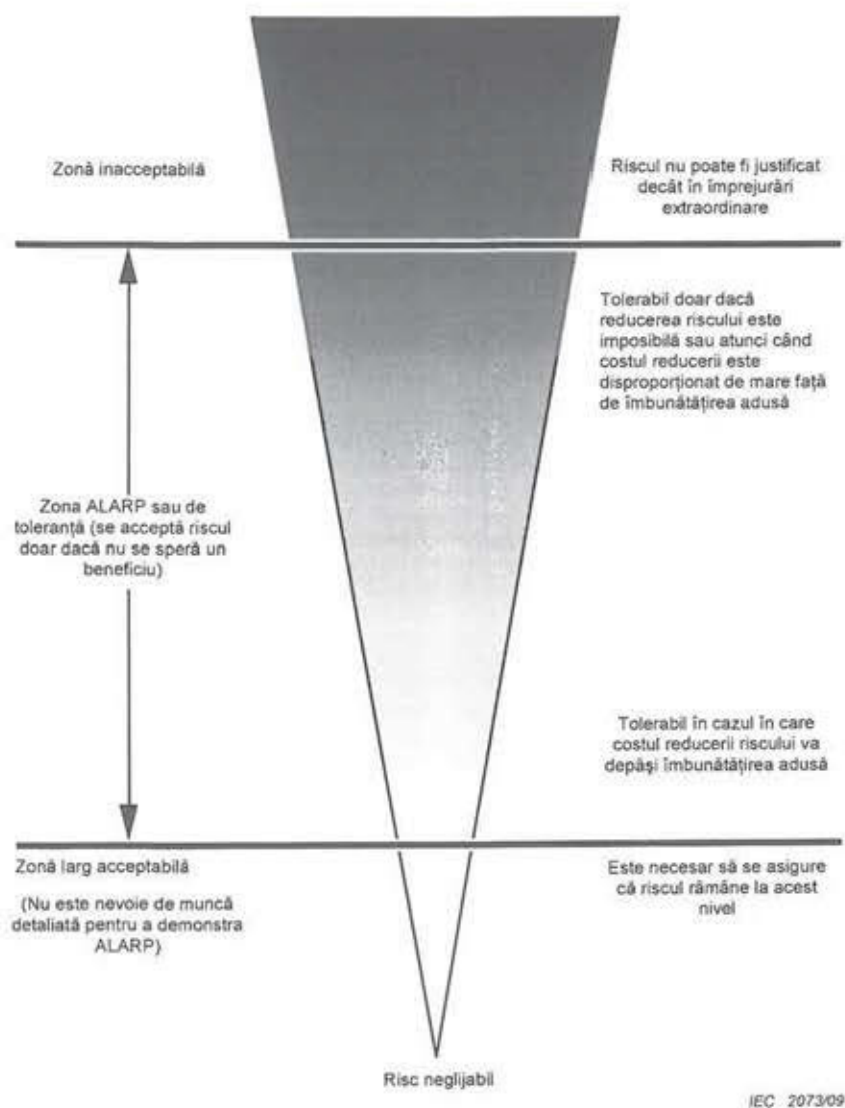
- singurele cunoștințe necesare sunt informațiile despre valorile anterioare
- deducțiile sunt ușor de înțeles
- nu este nevoie decât de regula Bayes
- asigură un mecanism pentru utilizarea părerilor subiective într-o problemă

Punctele slabe:

Definirea în rețele Bayes a tuturor interacțiunilor dintr-un sistem complex este problematică; Metoda Bayesiană necesită cunoașterea unei multitudini de probabilități condiționale care sunt de regulă furnizate de analiza de specialitate. Instrumentele informatice nu asigură decât răspunsuri bazate pe aceste premise.

B.27 Curbele FN

B.27.1 Prezentare generală



IEC 2073/09

Figura B.12 – Conceptul ALARP

Curbele FN sunt o reprezentare grafică a probabilității evenimentelor care determină un grad anume de risc pentru o categorie anume a populației. Cel mai adesea aceste curbe se referă la frecvența unui număr dat de victime.

Curbele FN prezintă frecvența cumulativă (F) la care N sau mai mulți membri ai populației vor fi afectați. Valorile ridicate ale N care pot apărea cu o frecvență F ridicată pot fi de un interes major deoarece pot fi inacceptabile din punct de vedere social sau politic.

B.27.2 Domeniu de utilizare

Curbele FN sunt o modalitate de reprezentare a ieșirilor unei analize a riscurilor. Numeroase evenimente au o probabilitate ridicată a unui rezultat cu consecințe minore și o probabilitate scăzută a unui rezultat cu consecințe majore. Curbele FN asigură o reprezentare a nivelului de risc care este o linie ce descrie acest nivel de risc mai degrabă decât un punct unic reprezentând o pereche de probabilități a consecințelor.

Curbele FN pot fi utilizate pentru a compara riscurile, de exemplu pentru a compara riscurile prognozate cu criteriile definite drept curbă FN, sau pentru a compara riscuri prognozate cu date din incidente istorice sau cu criteriile de decizie (de asemenea exprimate ca o curbă F/N).

Curbele FN pot fi utilizate fie pentru proiectarea sistemului sau a procesului, fie pentru managementul sistemelor existente.

B.27.3. Date de intrare

Intrările sunt fie:

- seturi de perechi de probabilități consecințe pe o perioadă dată de timp;
- date de ieșire dintr-o analiză cantitativă a riscurilor care oferă probabilități estimate pentru un număr dat de victime;
- date din arhive istorice cât și din analiza cantitativă a riscurilor.

B.27.4 Proces

Datele disponibile sunt trecute într-o diagramă cu numărul de victime (pentru un nivel de vătămare dat, de exemplu deces) formând o abscisă, iar probabilitatea N sau mai multe victime formând ordonata. Din cauza gamei mari de valori, ambele axe sunt de regulă pe scală logaritmică.

Curbele FN pot fi construite statistic utilizând cifre „reale” din pierderi vechi sau pot fi calculate din estimări ale unui model de simulare. Datele utilizate și premisele făcute pot avea semnificația că aceste două tipuri de curbe FN dau informații diferite și ar trebui utilizate separat și pentru scopuri diferite. Curbele FN teoretice sunt de regulă cele mai utile pentru proiectarea sistemelor în timp ce curbele FN statistice au utilitate maximă în managementul unui sistem existent anume.

Ambele metode pot lua foarte mult timp ca atare se obișnuiește să se utilizeze un mixaj al ambelor metode. Datele empirice vor forma apoi puncte fixe cu victimele cunoscute cu precizie rezultate în accidente/incidente cunoscute petrecute într-o perioadă de timp dată iar analiza cantitativă a riscurilor furnizând alte puncte prin extrapolare sau interpolare.

Necesitatea de a analiza accidente cu frecvență redusă și consecințe majore poate impune evaluarea unor intervale mari de timp pentru a strânge suficiente informații pentru o analiză corespunzătoare. Acest lucru poate de asemenea face datele disponibile suspecte dacă evenimentele care le provoacă se modifică de-a lungul timpului.

B.27.5 Date de ieșire

O linie reprezentând riscul de-a lungul unui domeniu de valori a consecințelor care poate fi comparată cu criteriile corespunzătoare populației din studiu și nivelul de vătămare stabilit.

B.27.6 Puncte tari și puncte slabe

Curbele FN reprezintă o modalitate utilă de prezentare a informațiilor privind riscurile care poate fi utilizată de managerii și proiectanții sistemelor pentru a-i ajuta la luarea deciziilor privind nivelurile de risc și siguranță. Sunt o modalitate utilă de prezentare a informațiilor privind atât frecvența cât și consecințele într-un format accesibil.

Curbele FN sunt adecvate pentru compararea riscurilor în situații similare acolo unde există date suficiente. Nu vor fi utilizate pentru a compara riscuri de tipuri diferite cu caracteristici variabile în împrejurări în care cantitatea și calitatea datelor diferă.

O lipsă a curbelor FN este că nu oferă informații despre gama de efecte sau rezultatul incidentului în afară de numărul de persoane afectate și nu există nicio modalitate de a identifica diversele moduri în care s-a produs gradul de vătămare. Ele prezintă un tip anume de consecințe, de regulă vătămări aduse persoanelor fizice. Curbele FN nu reprezintă o metodă de evaluare a riscurilor ci doar o modalitate de prezentare a rezultatelor evaluării riscurilor.

Curbele FN reprezintă o metodă consacrată de prezentare a rezultatelor evaluării riscurilor dar trebuie pregătite de analiști cu experiență și sunt adesea greu de interpretat și evaluat de persoane nespecializate.

B.28. Indici de risc

B.28.1 Prezentare generală

Un indice risc este o măsurătoare semi-cantitativă a riscului care reprezintă o estimare calculată prin utilizarea unei metode de punctare bazată pe scale ordinale. Indicii de risc pot fi utilizați pentru a clasifica o serie de riscuri utilizând criterii similare astfel încât să poată fi comparate. Se aplică un punctaj fiecărei componente a riscului, de exemplu caracteristicilor (surselor) de contaminare, a mijloacelor de expunere posibile și a impactului asupra receptorilor.

Indicii de risc reprezintă în principiu o metodă calitativă de clasificare și comparare a riscurilor. Deși se utilizează cifre acestea au doar scopul de a permite manipularea datelor. În numeroase situații când nu se cunoaște sau nu se poate reprezenta modelul sau sistemul de plecare, este de preferat să se utilizeze o metodă calitativă mai directă.

B.28.2 Domeniu de utilizare

Indicii de risc pot fi utilizați pentru clasificarea diverselor riscuri aferente unei activități dacă se cunoaște bine sistemul. Ei permit integrarea unei serii de factori care au un impact asupra gradului de risc într-un singur punctaj numeric al gradului de risc.

Indicii sunt utilizați pentru diferite tipuri de riscuri de regulă ca un instrument de încadrare pentru clasificarea riscului conform gradului de risc. Acest lucru poate fi utilizat pentru a determina care din riscuri necesită o evaluare mai detaliată și posibil cantitativă.

B.28.3 Date de intrare

Intrările derivă din analiza sistemului sau o descriere largă a contextului. Acest lucru necesită o bună înțelegere a tuturor surselor riscului, a parcursurilor posibile și a efectelor acestuia. Se pot utiliza instrumente ca analiza arbore erori, analiza arbore evenimente și analiza generală a deciziilor ca suport pentru elaborarea indicilor de risc.

Având în vedere că alegerea scalelor ordinale este într-o oarecare măsură arbitrară, este necesară o cantitate suficientă de date pentru a valida indicele obținut.

B.28.4. Proces

Primul pas este înțelegerea și descrierea sistemului. Odată ce s-a definit sistemul, se construiesc punctaje pentru fiecare componentă de așa manieră încât să poată fi combinate pentru a asigura un indice compozit. De exemplu, într-un context de mediu, vor fi punctate sursele, parcursul și receptor(ii), reținându-se faptul că în unele cazuri, pot exista mai multe parcursuri și receptor(i) pentru fiecare sursă. Scorurile individuale sunt combinate în conformitate cu o schemă care ține cont de realitățile fizice ale sistemului. Este important ca punctajele pentru fiecare parte a sistemului (surse, parcursuri și receptori) să fie coerente pe plan intern și să păstreze relațiile lor corecte. Scorurile pot fi acordate pentru componentele de risc (de exemplu probabilitatea de expunere, consecința) sau pentru factori care măresc riscul.

Scorurile pot fi adăugate, scăzute, înmulțite și / sau împărțite în funcție de acest model de înalt nivel. Pot fi luate în considerare efecte cumulative prin adăugarea de scoruri (de exemplu, adăugarea de scoruri pentru parcursuri diferite). Aplicarea formulelor matematice scalelor ordinale nu este o metodă strict valabilă. Prin urmare, o dată ce s-a dezvoltat sistemul de punctaj, ar trebui validat sistemul aplicându-l unui sistem cunoscut. Dezvoltarea unui indice este o abordare iterativă și pot fi testate mai multe sisteme diferite de combinare a scorurilor până ce analistul este mulțumit de validarea acestora.

Incertitudinile pot fi rezolvate prin analiza de sensibilitate și prin variația scorurilor pentru a afla care parametri sunt cei mai sensibili.

B.28.5 Date de ieșire

Ieșirea este reprezentată de o serie de numere (indici compoziți) care se referă la o anumită sursă și care pot fi comparați cu indici dezvoltați pentru alte surse în cadrul aceluiași sistem sau care pot fi modelați în aceeași manieră.

B.28.6 Puncte tari și puncte slabe

Puncte tari:

- indicii pot oferi un instrument bun pentru clasificarea de riscuri diferite;
- ei permit încorporarea de factori multipli care afectează nivelul de risc într-un singur scor numeric pentru nivelul de risc.

Puncte slabe:

- în cazul în care procesul (modelul) și ieșirea sa nu sunt bine validate, rezultatele pot fi lipsite de sens. Faptul că ieșirea este o valoare numerică pentru risc poate fi interpretat greșit și utilizat în mod eronat, de exemplu în analizele cost / beneficiu ulterioare;
- în multe situații în care sunt utilizați indicii de risc, nu există niciun model fundamental pentru a defini dacă scalele individuale pentru factorii de risc sunt liniare, logaritmice sau de o altă formă, și niciun model pentru a defini modul în care ar trebui combinați factorii de risc. În aceste situații, clasificarea este în mod inerent nesigură și validarea pe bază de date reale imperativă.

B.29 Matrice consecințe / probabilitate

B.29.1 Prezentare generală

Matricea consecințe/probabilitate este o modalitate de combinare a clasamentelor calitative sau semicantitative a consecințelor și a probabilităților pentru a obține un clasament al nivelului de risc sau al riscului.

Formatul matricei și definițiile aplicate acesteia depind de contextul în care acesta este utilizată și este vital să se utilizeze o concepție adecvată circumstanțelor.

B.29.2 Domeniu de utilizare

O matrice consecințe / probabilitate este utilizată pentru a clasifica riscurile, sursele de risc sau tratamentele de risc în funcție de nivelul de risc. Matricea este frecvent utilizată ca un instrument de depistare atunci când au fost identificate numeroase riscuri, de exemplu, pentru a defini care din riscuri necesită analize suplimentare sau mai detaliate, care riscuri trebuie tratate în primul rând sau care riscuri trebuie deferite analizei conducerii superioare. Matricea mai poate de asemenea fi utilizată pentru a selecta care din riscuri nu necesită o analiză suplimentară la momentul respectiv. Acest tip de matrice riscuri este de asemenea utilizat pe scară largă pentru a determina dacă un anumit risc este în mare măsură acceptabil, sau nu (a se vedea 5.4) în funcție de zona în care se află pe matrice.

Matricea consecințe / probabilitate poate fi de asemenea folosită pentru a ajuta la comunicarea unei înțelegeri comune a nivelurilor calitative ale riscurilor în întreaga organizație. Modul în care sunt

stabilite nivelurile de risc și deciziile care le sunt atribuite trebuie corelat cu apetitul pentru risc al organizației.

O formă a matricei consecință / probabilitate este utilizată pentru analiza criticității în FMECA sau pentru a stabili prioritățile care vor urma HAZOP. Aceasta poate fi de asemenea utilizată în situațiile în care nu există suficiente date pentru o analiză detaliată sau situația nu permite timpul sau eforturile necesare pentru o analiză mai cantitativă.

B.29.3 Date de intrare

Intrările pentru proces sunt scale personalizate pentru consecințe și probabilitate și o matrice care le combină pe cele două.

Scala (sau scalele) consecințelor ar trebui să acopere gama de diferite tipuri de consecințe care sunt analizate (de exemplu: pierderi financiare; siguranță; factori de mediu sau alți parametri, funcție de context) și ar trebui să se extindă de la consecința cu maximum de credibilitate la consecința care ridică gradul cel mai scăzut de îngrijorare. În Figura B.6 este oferită o parte a unui exemplu.

Scala poate avea orice număr de puncte. Scalele cu 3, 4 sau 5 puncte sunt cele mai uzuale.

Scala probabilității poate de asemenea avea orice număr de puncte. Definițiile pentru probabilitate vor fi selectate astfel încât să fie cât mai puțin echivoce cu putință. În cazul în care sunt utilizate ghiduri numerice pentru a defini probabilități diferite, atunci trebuie folosite unități. Scala de probabilitate trebuie să acopere game relevante pentru studiul în cauză, avându-se în vedere că trebuie acceptată cea mai mică probabilitate pentru cea mai gravă consecință definită, în caz contrar toate activitățile cu cea mai mare consecință sunt definite ca inacceptabile. O porțiune a unui exemplu este prezentat în Figura B.7.

O matrice se construiește cu consecința pe o axă și probabilitatea pe cealaltă. Figura B.8 prezintă o porțiune a unei matrici exemplu cu scale în 6 puncte consecințe și 6 puncte probabilități.

Nivelurile de risc atribuite unei celule vor depinde de definițiile stabilite pentru scalele probabilități / consecințe. Matricea poate fi construită astfel încât să acorde o greutate suplimentară consecințelor (ca în exemplul dat) sau probabilităților, sau poate fi simetrică, funcție de aplicația respectivă. Nivelurile de risc pot fi legate de decizii ca de exemplu nivelul de management sau scala de timp la care se impune primirea răspunsului.

Rating	Financial impact AU\$ EBITDA	Investment Return AU\$ NPV	Health and Safety	Environment and Community	Reputation	Legal and Compliance
6	\$100m+ loss or gain	\$200+ loss or gain	- Multiple fatalities, or - Significant irreversible effects to 10s or people	- Irreversible long term environmental harm. - Community outrage- potential large-scale class action	- International press reporting over several days. - Total loss of shareholder support who act to dis-invest. - CEO departs and board is restructured.	- Major litigation or prosecution with damages of \$50m+ plus significant costs - Custodial sentence for company Executive - Prolonged closure of operations by authorities
5	\$10m - \$99m loss or gain	\$30m - \$299m loss or gain	- Single fatality and/or - Severe irreversible disability to one or more persons	- Prolonged environmental impact - High-profile community concerns raised - requiring significant remediation measures.	- National press reporting over several days. - Sustained impact on the reputation of shareholders. - Loss of shareholder support for growth	- Major litigation costing \$10m+ - Investigation by regulatory body resulting in "Interim"
4	\$1m - \$9m loss or gain	\$3m - \$29m loss or gain	Extensive injuries or irreversible	Major cost		
3	\$100k - \$900k loss or gain					
2	\$10k - \$90k loss or gain					
1	\$1k - \$9k loss or gain					

IEC 2074 09

Figura B.13 – Parte a unui exemplu de tabel criterii consecințe

Rating	Criteria
Likely	- balance of probability will occur, or - could occur within "weeks to months"
Possible	- may occur shortly but a distinct - could occur within "months"
Unlikely	- may occur but not for - could occur in "years"
Rare	- occurrence rare - exceptional - only occur
Remote	- theoretical - far

IEC 2075 09

Figura B.14 – Parte a unui exemplu de matrice de clasificare riscuri

Classement des probabilités	E	IV	III	II	I	I	I
	D	IV	III	III	II	I	I
	C	V	IV	III	II	II	I
	B	V	IV	III	III	II	I
	A	V	V	IV	III	II	II
		1	2	3	4	5	6
		Classement des conséquences					

Figura B.15 – Parte a unui exemplu de matrice criterii probabilitate

Scalele de clasificare și matricea pot fi construite împreună cu scale cantitative. Într-un context al fiabilității de exemplu, scala probabilității ar putea reprezenta ratele de defectare iar scala consecințelor costul în dolari al defectării.

Utilizarea instrumentului necesită angajați (ideal o echipă) cu specializare în domeniu și datele necesare disponibile care să ajute la evaluarea consecințelor și a probabilității.

B.29.4 Proces

Pentru a clasifica riscurile, utilizatorul va găsi mai întâi descriptorul de consecințe care se potrivește cel mai bine situației după care va defini probabilitatea cu care se vor produce acele consecințe. Nivelul de risc se citește apoi de pe matrice.

Nenumărate evenimente de risc pot avea o gamă de rezultate cu probabilitate aferentă diferită. Problemele minore sunt de regulă mai uzuale decât catastrofele. Există deci posibilitatea de a alege dacă să se clasifice cel mai uzual rezultat sau cel mai grav sau o altă combinație. În cele mai multe cazuri este recomandabil să se concentreze atenția pe rezultatele cele mai grave credibile întrucât acestea prezintă cea mai mare amenințare și ridică totodată cel mai mare interes. În unele situații, poate fi adecvată clasificarea atât a celor mai obișnuite probleme cât și a catastrofelor puțin probabile ca riscuri separate. Este esențial să se utilizeze probabilitatea relevantă pentru consecința selectată și nu probabilitatea pentru evenimentul în totalitate.

Nivelul de risc definit de matrice poate fi asociat cu o decizie ca de exemplu se acționează sau nu împotriva riscului.

B.29.5 Date de ieșire

Ieșirea este o clasă pentru fiecare risc sau un clasament al riscurilor cu nivele de importanță clar definite.

B.29.6. Puncte tari și puncte slabe

Puncte tari:

- relativ ușor de utilizat
- asigură o clasificare rapidă a riscurilor pe nivele de importanță diferite

Puncte slabe:

- matricea se construiește funcție de anumite împrejurări și ca atare este dificil să existe un sistem comun care să se poată aplica pe o arie largă de circumstanțe relevante pentru o organizație;
- este dificil să se definească scalele cu claritate, fără ambiguități;
- utilizarea este foarte subiectivă și există tendința de a exista variații semnificative între cei care fac clasamentul;
- riscurile nu pot fi cumulate (însemnând că nu se poate stabili că un număr anume de riscuri scăzute sau un risc scăzut identificat de mai multe ori sunt echivalent cu un risc mediu);
- este dificil să se combine sau să se compare nivelul de risc pentru diverse categorii de consecințe.

Rezultatele vor depinde de nivelul de detaliere al analizei, și anume cu cât va fi mai detaliată analiza cu atât va fi mai mare numărul de scenarii, fiecare cu o probabilitate mai scăzută. Acest lucru va subestima nivelul actual al riscului. Modul în care sunt grupate împreună scenariile în descrierea riscului va trebui bine argumentat și definit de la începutul studiului.

B.30 Analiza cost/beneficiu

B.30.1 Prezentare generală

Analiza cost/beneficiu poate fi utilizată pentru evaluarea riscurilor acolo unde costurile așteptate totale sunt cântărite în comparație cu beneficiile totale așteptate pentru a alege opțiunea cea mai bună sau cea mai profitabilă. Este o parte implicită a nenumărate sisteme de evaluare riscuri. Poate fi calitativă sau cantitativă sau poate implica o combinație de elemente cantitative și calitative. Analiza

cost/beneficiu cantitativă cumulează valoarea monetară a tuturor costurilor și beneficiilor pentru toate persoanele interesate din domeniu și o ajustează pe diverse intervale de timp în care se produc/rezultă aceste costuri și beneficii. Valoarea netă prezentă (NPV) produsă devine intrare în decizia care se ia în privința riscului. Un NPV pozitiv asociat cu o acțiune va însemna de regulă că trebuie luată măsura respectivă. Pentru anumite riscuri negative, în special cele care implică riscuri pentru viața umană sau daune pentru mediul ambiant, se poate totuși aplica principiul ALARP. Acesta împarte riscurile în trei zone: un nivel deasupra căruia riscurile negative sunt intolerabile și nu pot fi acceptate decât în împrejurări extraordinare; un nivel sub care riscurile sunt neglijabile și nu necesită decât monitorizare pentru a se asigura că rămân la nivel scăzut; și o bandă centrală în care riscurile trebuie aduse la cel mai scăzut nivel cu putință (ALARP). O analiză cost/beneficiu strictă se poate aplica spre capătul de riscuri scăzute al acestei zone, dar acolo unde riscurile sunt aproape de pragul la care devin intolerabile, recomandarea principiului ALARP este să nu se ia măsuri în cazul în care costurile tratamentului riscurilor sunt total disproporționate față de beneficiile obținute.

B.30.2 Utilizări

Analiza cost/beneficiu poate fi utilizată pentru a decide între opțiunile care implică riscuri.

De exemplu:

- ca intrare pentru o decizie dacă să se iau măsuri contra unui risc
- pentru a diferenția și a decide asupra celui mai bun tratament contra unui risc
- pentru a decide între diverse cursuri de acțiune

B.30.3 Date de intrare

Intrările includ informații privind costurile și beneficiile pentru principalele părți interesate și asupra incertitudinilor legate de aceste costuri și beneficii. Se vor lua în considerare costurile și beneficiile tangibile și intangibile. Costurile includ resursele cheltuite și rezultatele negative, beneficiile includ rezultatele pozitive, rezultatele negative evitate și resursele economiste.

B.30.4 Proces

Sunt identificate părțile interesate care pot suporta costuri sau primi beneficii. O analiză cost/beneficii completă va include toate părțile interesate.

Sunt identificate beneficiile și costurile directe și indirecte pentru toate părțile interesate, rezultate din opțiunile analizate. Beneficiile directe sunt cele care provin în mod direct din acțiunea luată în timp ce beneficiile indirecte sau auxiliare sunt cele conjuncturale dar care pot totuși să contribuie semnificativ la luarea deciziei. Exemple de beneficii indirecte includ îmbunătățirea reputației, satisfacția personalului sau „liniștea”. (Acestea au adesea o greutate importantă în luarea deciziei).

Costurile directe sunt costurile direct asociate cu acțiunea. Costurile indirecte sunt acele costuri suplimentare, auxiliare și costurile irecuperabile, ca de exemplu pierderea utilității, distragerea timpului cadrelor de conducere, distragerea capitalului de la alte investiții potențiale. Dacă analiza cost/beneficii se aplică la luarea unei decizii privind tratarea unui risc, se vor include costurile și beneficiile asociate cu tratarea riscului.

La analizele cost/beneficii cantitative, după ce s-au identificat toate costurile și beneficiile tangibile și intangibile, se atribuie o valoare monetară tuturor costurilor și beneficiilor (inclusiv costurile și beneficiile intangibile). Există mai multe modalități standard pentru a face acest lucru inclusiv metoda „acceptul de a plăti” și utilizarea de înlocuitori. În situațiile în care, cum se întâmplă adesea, costurile sunt suportate pe o perioadă scurtă de timp (de exemplu un an) iar beneficiile curg pentru o perioadă lungă de timp după aceea, este necesar de regulă să se actualizeze beneficiile pentru a le aduce la valoarea „banului de astăzi” astfel încât să se obțină o comparație valabilă. Toate costurile și beneficiile sunt exprimate ca valoare prezentă. Valoarea prezentă a tuturor costurilor și beneficiilor pentru toate părțile interesate poate fi combinată pentru a produce valoarea netă prezentă (NPV). O valoare netă prezentă pozitivă înseamnă că acțiunea este benefică. Se mai utilizează și raporturi cost – beneficii (a se vedea B.30.5).

Dacă există incertitudini în privința nivelului costurilor sau al beneficiilor, oricare din termeni sau ambii pot fi evaluați conform probabilităților acestora.

La analizele cost/beneficii calitative nu se încearcă găsirea unei valori monetare pentru costurile și beneficiile intangibile și decât să se furnizeze o singură cifră totalizând costurile și beneficiile se iau mai degrabă în considerare din punct de vedere calitativ relațiile și compromisurile dintre diferite costuri și beneficii.

O metodă apropiată este analiza cost-eficacitate. Aceasta pleacă de la premisa că se dorește un anumit beneficiu sau un anumit rezultat și că există mai multe căi alternative pentru obținerea acestora. Analiza ia în considerare numai costurile și modalitatea cea mai ieftină de obținere a beneficiului.

B.30.5 Date de ieșire

Ieșirea unei analize cost/beneficii este informația privind costurile și beneficiile aferente unor diverse opțiuni sau căi de acțiune. Această informație poate fi exprimată cantitativ ca valoarea netă prezentă (NPV), rată internă de rentabilitate sau ca raportul dintre valoarea prezentă a beneficiilor și valoarea netă a costurilor. Calitativ ieșirea este de obicei un tabel care compară costurile și beneficiile pentru diferite tipuri de costuri și beneficii, atrăgând atenția asupra compromisurilor.

B.30.6 Puncte tari și puncte slabe

Punctele tari ale analizei cost/beneficii sunt:

- permite compararea costurilor și a beneficiilor utilizând aceeași unitate de măsură (bani);
- asigură transparență în luarea deciziilor;
- necesită colectarea de informații detaliate asupra tuturor aspectelor posibile ale deciziei. Acest lucru se poate dovedi extrem de util atât în dezvăluirea ignoranței cât și în comunicarea cunoștințelor

Puncte slabe:

- analiza cost/beneficii cantitativă poate furniza cifre dramatic diferite, funcție de metodele utilizate pentru atribuirea de valori economice beneficiilor ne-economice;
- la unele aplicații este dificil să se definească o rată de actualizare corectă pentru costuri și beneficii viitoare
- beneficiile de care se bucură o categorie largă a populației sunt greu de estimat, în special cele legate de binele public care nu poate fi evaluat pe piață;
- practica actualizării înseamnă că beneficiile câștigate pe termen lung în viitor au o influență neglijabilă asupra deciziei funcție de rata de actualizare aleasă. Metoda devine necorespunzătoare pentru evaluarea riscurilor care afectează generații viitoare dacă nu se stabilesc rate de actualizare foarte mici sau egale cu zero.

B.31. Analiza deciziei pe baza mai multor criterii (MCDA)

B.31.1 Prezentare generală

Obiectivul este utilizarea unei game de criterii pentru a evalua în mod obiectiv și transparent valabilitatea generală a unui set de opțiuni. Scopul general este de regulă obținerea unei ordini a preferințelor pentru un set de opțiuni disponibile. Analiza implică construirea unei matrici de opțiuni și criterii care sunt clasificate și cumulate pentru a asigura un scor total pentru fiecare opțiune.

B.31.2 Domeniu de utilizare

MCDA poate fi utilizată pentru:

- compararea de opțiuni multiple pentru o primă analiză în vederea stabilirii opțiunilor preferate și a opțiunilor potențiale și a celor necorespunzătoare;
- compararea opțiunilor acolo unde există criterii multiple și adesea conflictuale;
- obținerea unui consens asupra unei decizii acolo unde există părți interesate cu obiective sau valori conflictuale.

B.31.3 Date de intrare

Un set de opțiuni de analizat. Criterii, bazate pe obiective ce pot fi utilizate în mod egal pentru toate opțiunile pentru a face diferența între ele.

B.31.4 Proces

De regulă un grup de părți interesate cu cunoștințe în domeniu inițiază următorul proces:

- a) definesc obiectivul/obiectivele;
- b) determină atributele (criteriile sau măsurători performanță) care sunt legate de fiecare obiectiv;
- c) structurează atributele într-o ierarhie;
- d) dezvoltă opțiuni care vor fi evaluate în baza criteriilor;
- e) determină importanța criteriilor și atribuie o pondere corespunzătoare fiecărui criteriu;
- f) evaluează alternativele vis-a-vis de criterii. Acest lucru poate fi reprezentat ca o matrice a punctajelor;
- g) combină punctajele multiple cu un singur atribut într-un singur punctaj total cu mai multe atribute;
- h) evaluează rezultatele

Există mai multe metode prin care se poate obține ponderea fiecărui criteriu și mai multe modalități de cumulare a punctajelor pe criterii pentru fiecare opțiune într-un singur punctaj cu mai multe atribute. Punctajele pot fi de exemplu cumulate ca o sumă ponderată sau un produs ponderat sau utilizând procesul analitic de ierarhizare, o metodă de extragere pentru ponderi și punctaje pe bază de comparații pe perechi. Toate aceste metode pleacă de la premisa că preferința pentru oricare din criterii nu depinde de valoarea celorlalte criterii. Acolo unde această premisă nu este valabilă se pot utiliza metode diferite.

Punctajele fiind subiective, este utilă efectuarea unei analize a sensibilității pentru a examina măsura în care ponderile și punctajele influențează preferințele între opțiuni

B.31.5 Date de ieșire

Prezentarea în ordinea preferințelor a opțiunilor pleacă de la opțiunea cea mai preferată la cea cel mai puțin preferată. Dacă procesul produce o matrice în care axele matricei sunt criteriile ponderate și punctajul pe criterii pentru fiecare opțiune, atunci opțiunile care nu îndeplinesc criteriile cu pondere mare pot fi de asemenea eliminate.

B.31.6 Puncte tari și puncte slabe

Puncte tari:

- asigură o structură simplă pentru luarea eficientă a deciziilor și prezentarea premiselor și concluziilor;
- poate asigura gestionarea mai ușoară a unor probleme complexe de luare a deciziilor care nu se pretează analizei cost/beneficii;
- poate ajuta la considerarea rațională a problemelor acolo unde nu trebuie făcute compromisuri;
- poate ajuta la stabilirea unui acord acolo unde părțile interesate au obiective diferite și deci și criterii diferite.

Puncte slabe:

- poate fi afectată de părtinire și selecția necorespunzătoare a criteriilor de decizie;
- majoritatea analizelor MCDA nu oferă o soluție concludentă sau unică;
- algoritmi de cumulare în baza cărora se calculează ponderea criteriilor pentru preferințele date sau se totalizează diverse păreri pot întuneca baza reală a deciziei.

Bibliografie

IEC 61511, Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector

IEC 61508 (all parts), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

IEC 61882, Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide

ISO 22000, Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain

ISO/IEC Guide 51, Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards

IEC 60300-3-11, Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance

IEC 61649, Weibull analysis

IEC 61078, Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram and boolean methods

IEC 61165, Application of Markov techniques

ISO/IEC 15909 (all parts), Software and systems engineering – High-level Petri nets

IEC 62551, Analysis techniques for dependability – Petri net techniques

IEC 61882, Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide

² În prezent în lucru

Anexa ZA
(normativă)

**Referințe normative la publicații internaționale și
correspondența lor cu publicațiile europene**

Următoarele documente de referință sunt indispensabile pentru aplicare acestui standard. Pentru referințele datate, se aplică numai ediția citată. Pentru referințele nedatate se aplică ultima ediție a publicației la care se face referire (inclusiv amendamentele).

NOTĂ - Atunci când o publicație internațională a fost modificată de CENELEC prin modificări comune, indicate prin (mod), se aplică publicația EN/HD respectivă.

Publicația	An	Titlu	EN/HD	An
ISO/IEC Guide 73	-	Risk management - Vocabulary - Guidelines for use in standards	-	-
ISO 31000	-	Risk management - Principles and guidelines	-	-