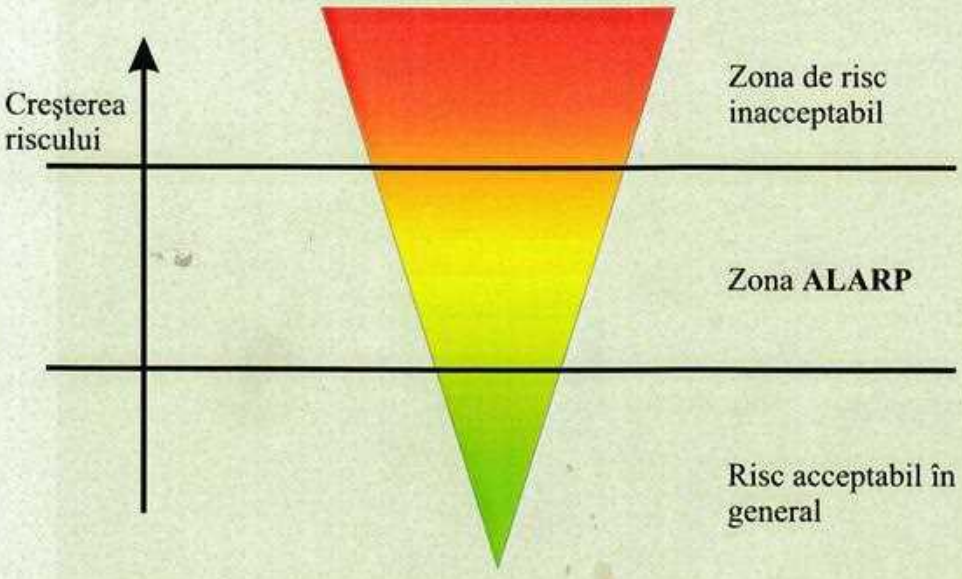
H 18541

Iordan MATULEA
Ionel CHIRICĂ Ionel GAVRILESCU
Doina BOAZU Nicoleta TĂLMACIU

METODELE FIABILITĂȚII ŞI TEHNICI DE ANALIZĂ A RISCULUI ÎN DIFERITE INDUSTRII



EDITURA FUNDAȚIEI UNIVERSITARE
"Dunărea de Jos", Galați

M 18941

Coordonatori

Prof. Univ. dr. ing. **Iordan MATULEA**

Prof. univ. dr. ing. Ionel **CHIRICĂ** Conf. univ. dr.ing. **Ionel GAVRILESCU**

Conf. univ. dr. ing. **Doina BOAZU** Conf. univ. dr. ing. **Nicoleta TĂLMACIU**

C-240556R

METODELE FIABILITĂȚII ȘI TEHNICI DE ANALIZĂ A RISCULUI IN DIFERITE INDUSTRII

240556
UNIVERSITATEA
„DUNĂREA DE JOS" GALAȚI
BIBLIOTECA 1

Editura Fundației Universitare
„*Dunărea de Jos*", Galați-2006

UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI
FACULTATEA DE MECANICĂ

Editura Fundației Universitare „Dunărea de Jos" din Galați este acreditată de CNCSIS

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
Metodele fiabilității și tehnicii de analiză a riscului în diferite industrii/ Iordan Matulea, Ionel Chirică, Ionel Gavrilescu, Doina Boazu, Nicoleta Tălmaciu.-Galați: Editura Fundației Universitare *„Dunărea de Jos"*, 2006
Bibliogr..
ISBN (10) 973-627-312-1; ISBN (13) 978-973-627-312-4
I. Matulea, Iordan
II. Chirică, Ionel
III. Gavrilescu, Ionel
IV. Boazu, Doina
V. Tălmaciu, Nicoleta

539.4:62

©Editura Fundației Universitare "Dunărea de Jos", Galați, 2006
www.editura.ugal.ro
editura@ugal.ro
ISBN (10) 973-627-312-1; ISBN (13) 978-973-627-312-4

Coordonatorii doresc să sublinieze că această carte se bazează pe contributța colegilor din consorțiul proiectului SAFERELNET:

Carlos Guedes Soares	Instituto Superior Tecnico, Lisboa, Portugal
Halil Karadeniz	Technical University of Delft, Netherlands
Ton Vrouwenvelder	Technical University of Delft, Netherlands
Rüdiger Rackwitz	Institut fuer Baustoffe und Konstruktion Technische Universitaet Muenchen, Deutchland
John Dalsgaard Sørensen	COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark
Stefan Jando	Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences
Jaroslaw Knabel	Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences
Krysztof Kolanek	Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences
Piotr Tauzowski	Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences
Rafal Stocki	Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences
Lyuben Ivanov	American Bureau of Shipping Technology, Operational Safety & Evaluation, Houston, Texas
Sava Medonos	Petrellus Limited, UK
Jean-Pierre Signoret	TotalFinaElf, France
Angelo P. Teixiera	Instituto Superior Tecnico, Lisboa, Portugal
L. Broadley	IICORR Ltd
A. Skogset	Safetec Nordic AS
Gilles Deleuze	Electricite de France, France
B. Commandeur	WS Atkins
E. Hollo	VEIKI
Alfred Brandowski	Gdynia Maritime Academy (GMA) Poland
W Filipowicz	Gdynia Maritime Academy (GMA) Poland
Piotr Jedrzejowicz	Gdynia Maritime Academy (GMA) Poland
Stein Haugen	CorrOcean asa, Norway
D Deaves	WS Atkins
G Sterritt	WS Atkins, UK
H Najafian	Civil Engineering Department, University of Liverpool
Risto Tuominen	VTT- Technical Research Center of Finland, Finland
J Tiihonen	VTT Industrial Systems
J Schabel	VTT Industrial Systems
Inger Brigitte Kroon	COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark
Jean Goyet	Bureau Veritas Marine Division, research Department
Diane Ruf	Bureau Veritas Marine Division, research Department
Jin Wang	Liverpool John Moore University

Cuprins

CAP. 1 METODELE FIABILITĂȚII

1.1 Introducere 1

1.2 Metode independente de timp pentru Fiabilitatea Componentelor Structurale 2

1.2.1 Nivelul II - Metode aproximativ 3

1.2.1.1 Metode de ordinul întâi ale Fiabilității (FORM) 3

1.2.1.2 Metode de ordinul doi ale Fiabilității (SORM) 9

1.2.2 Nivelul III-Metode exacte 10

1.2.2.1 Integrare numerică 11

1.2.2.2 Metodele Monte Carlo 12

1.3 Metode independente de timp pentru Fiabilitatea Sistemelor 14

1.3.1 Sisteme în serie și în paralel 14

1.3.1.1 Sisteme în paralel 14

1.3.1.2 Sisteme în serie 16

1.3.1.3 Sisteme combinate 17

1.3.2 Metoda Elementului Finit Stocastic (SFEM) 18

1.3.2.1 Metoda perturbației 19

1.3.2.2 Soluția Expansiunii Neumann 20

1.3.2.3 Metoda suprafeței de răspuns 20

1.3.2.4 Metoda separării și a bifurcației 22

1.3.2.5 Metode dependente de timp pentru Fiabilitatea Sistemelor 25

1.4.1 Transferul în sisteme independente de timp 26

1.4.2 Abordarea încrucișată 28

1.4.3 Analiza Spectrală 33

1.4.3.1 Spectrul de răspuns al sistemelor liniare 34

1.4.3.2 Probabilitățile avariilor 35

1.4.3.3 Spectrul de răspuns al sistemelor neliniare 37

1.4.4 Metoda Elementului Finit (FEM) 38

1.4.4.1 Sistemul de ecuații și calcularea răspunsului 38

1.4.5 Analiza în domeniul timpului 42

1.4.5.1 Generalități 42

1.4.5.2 Simulări Monte Carlo ale proceselor stocastice 42

1.4.5.3 Calculul funcției densitate de probabilitate compuse pentru răspunsul proceselor nestaționare 43

1.4.5.3.1 Introducere 43

1.4.5.3.2 Metoda Elementului Finit 44

1.4.5.3.3 Metoda Diferențelor Finite 44

1.4.5.3.4 Metode Integrale 45

1.4.5.4 Calculul direct al ratei (dependente de timp) de trecere din domeniul de siguranță în domeniul de cedare 45

Cerințe ale cercetării 46

Bibliografie 50

Anexe
Anexa A: Definiţii / Procese Stocastice 57
Anexa B: Funcţii de distribuţie 64
Anexa C: Discretizarea câmpurilor aleatoare 65
Anexa D: Formularea Metodei Perturbaţiilor 71
Anexa E: Formularea Soluţiei cu utilizarea Expansiunii Neumann 72
Anexa F: Reprezentarea în domeniul timp a proceselor stocastice 73
Anexa G: Evaluarea şi modelarea statistică a răspunsului in serie de timp 76
Anexa H: Softuri 82

1.5 Fiabilitatea fundamentată pe optimizare
1.5.1 Introducere 98
1.5.2 Fiabilitatea structurală 99
1.5.2.1 Probabilitatea deteriorărilor în timp invariant 99
1.5.2.2 Probabilitatea deteriorărilor dependente de timp 102
1.5.2.3 Ratele încrucişării unor procese vectoriale aleatoare 103
1.5.2.3.1 Procese vectoriale cu reînnoiri sub formă de unde rectangulare 103
1.5.2.3.2 Procese Gaussiene diferenţiabile 103
1.5.2.4 Fiabilitatea sistemelor 104
1.5.2.5 Evaluarea valorilor medii 105
1.5.2.6 Integrarea utilizând FORM/SORM 105
1.5.2.6.1 Consideraţii teoretice 106
1.5.2.6.2 Exemplul 1: O integrală a unei funcţii simple 107
1.5.2.6.3 Exemplul 2: Probabilitatea Distribuţiei Exponenţiale 109
1.5.2.6.4 Exemplul 3: Probabilitatea Distribuţiei lognormale modificate 110
1.5.2.6.5 Exemplul4: Soluţie analitică pentru o integrală de probabilitate 111
1.5.3 Fiabilitatea fundamentată pe optimizarea structurală 111
1.5.3.1 Optimizarea costurilor cu restricţii ale fiabilităţii 112
1.5.3.1.1 Funcţiile obiectiv 113
1.5.3.1.2 Restricţii în problema fiabilităţii fundamentată pe optimizare 122
1.5.3.2 Maximizarea fiabilităţii sub restricţiile de costuri 124
1.5.4 Algoritmii soluţiei pentru problema fiabilităţii fundamentată pe optimizare 124
1.5.4.1 Algoritm în doi paşi 125
1.5.4.1.1 Optimizare interactivă 125
1.5.4.2 Algoritm cu un pas 128
1.5.4.3 Programare secvenţială pătratică 131
1.5.5 Problema optimizării multi criteriale 135
1.5.5.1 Fiabilitatea bazată pe optimizare a unei structuri spaţiale de bare 136
1.5.5.2 Algoritmul soluţiei 137
1.5.6 Seturi discrete pentru alternative 141
1.5.6.1 Teoria deciziei pentru deciziile inginereşti 141
1.5.6.2 Problema minimizării costului în teoria Bayesiană a deciziei 143
1.5.6.3 Generalizare: includerea costurilor inspecţiilor şi a reparaţiilor 144

1.5.7 Analiza senzitivității în fiabilitatea fundamentată pe optimizare 146
1.5.7.1 Analiza senzitivității modelelor structurale liniare și neliniare 146
1.5.7.1.1 Metoda diferențelor finite 147
1.5.7.1.2 Metodele senzitivității în analiza liniară 147
1.5.7.1.3 Metodele senzitivității independente de drum în analiza neliniară 149
1.5.7.1.4 Metodele senzitivității în analiza neliniară a problemelor dependente de drum 150
1.5.7.2 Derivatele funcției obiectiv și indexul fiabilității 151
1.5.8 Exemple 153
Optimizarea componentelor
1.5.8.1 Fiabilitatea fundamentată pe optimizare pentru o structură de bare 153
1.5.8.2 Optimizarea funcție de timp a unui sistem utilizân teoria solidului plastic 156
Bibliografie 158

Cap. 2 ANALIZA CANTITATIVĂ A RISCULUI (QRA)
2.1 Introducere și obiective 163
2.2 QRA-în general. Obiective și scopul QRA 164
2.3 Abordarea cantitativă completă 164
2.4 Identificarea hazardului 165
2.4.1 Hazard și studii de operabilitate 165
2.4.2 Studii de identificare a Hazardului 167
2.4.3 Modalități de deteriorare și analiza efectelor 168
2.4.4 Analiza consecințelor 169
2.4.5 Estimarea frecvenței 170
2.4.6 Modalități de deteriorare, Analiza efectelor și a semnificației lor 170
2.4.7 Metoda calitativă 170
2.4.8 Numărul semnificativ 171
2.4.9 Numărul priorității de risc 171
2.4.10Rata defecțiunilor / Metoda severității 172
2.5 Metode de calcul al QRA 172
2.5.1 Introducere 172
2.5.2 Analiza arborelui evenimentelor 172
2.5.3 Interpretarea rezultatelor metodei AE 176
2.5.4 Riscul forței de muncă 177
2.5.5 Riscul individual 178
2.5.6 Rata accidentelor fatale 178
2.5.7 Riscul public 180
2.5.8 Curbele FN 180
2.6 Încrederea în rezultate 180
2.6.1 Scenarii pentru evenimente inițiale 180
2.6.2 Diagramele cauză efect 183

2.7 Matricea riscului (MR) 183
2.7.1 Principii generale 184
2.7.2 Categorii de frecvență 186
2.7.3 Clasificarea consecințelor 186
2.7.4 Rezultatele MR bazate pe QRA 187
2.8 Analiza Arborelui Defectelor (FAULT TREE) 187
2.8.1 Principii generale 187
2.8.2 Analiza calitativă 188
2.8.3 Analiza semicantitativă 190
2.8.4 Cuantificarea în analiza FT 190
2.9 Teoria seturilor fuzzy 192
2.9.1 Principii generale 192
2.9.2 QRA bazată pe seturile fuzzy 192
2.9.3 Folosirea rezultatelor QRA 192
2.9.4 Legătura dintre evaluarea cantitativă a riscului - QRA - și criteriile Inginerești 193
2.9.4.1 Seturi de reguli și Standarde de performanță 193
2.9.4.2 Alte relații 194
2.9.4.3 Aplicații 194
Bibliografie 195
2.10 Rețele Probabilistice Bayesiane 196
2.10.1 Diagramele de influență 199
2.10.2 Diagramele barieră 201
2.11 Evaluarea riscului și principiul ALARP 203
2.12 Concluzii 205
2.13 Analiza cantitativă a riscului -QRA-în industria offshore de petrol și gaze 206
2.13.1 Abordarea Cantitativă Completă 206
2.13.1.1 Identificarea hazardului 206
2.13.1.2 Frecvențe de inițiere 209
2.13.1.3 Cauze incipiente 210
2.13.1.4 Analiza consecințelor 211
2.13.1.5 Daune directe / Fatalități 212
2.13.2 Estimări ale daunelor 212
2.13.2.1 Daune datorate exploziilor 212
2.13.2.2 Daune datorate incendiilor 213
2.13.3 Escaladare / Efectele de Domino 214
Bibliografie 215
2.14 Analiza cantitativă a riscului – QRA - în industria energetică 216
2.14.1 Utilitate și scop al QRA în industria energetică 216
2.14.2. Industria energetică nucleară 217
2.14.2.1 Ce este PSA 217
2.14.2.2 Utilitatea PSA 217
2.14.2.3 Procese PSA 218
2.14.2.4 Metode pentru PSA 218

2.14.2.5 Cerințe pentru PSA 221
2.14.2.6 PSA și Analiza Siguranței 223
2.14.2.7 PSA și Fiabilitatea centrată pe întreținere 224
2.14.2.8 Efectele de Domino 225
2.14.2.9 Surse adiționale de informație 225
2.14.3 Industria convențională de putere 225
2.14.4 Cercetări viitoare 226
Bibliografie 227
2.15 Analiza cantitativă a riscului- QRA - în industria de transport maritim 228
2.15.1 QRA în industria de transport maritim. Generalități 228
2.15.1.1 Introducere 228
2.15.1.2 Abordarea prin matricea riscului 228
2.15.2 Metoda ratei accidentelor fatale 230
2.15.3 Evaluarea formală a siguranței (FSA) 231
2.15.3.1 Terminologia de bază a evaluării formale a siguranței (FSA) 231
2.15.3.2Metodologia evaluării formale a siguranței (FSA) 232
2.15.5 Analiza fiabilității umane (HRA) 237
2.15.6 Modelarea Riscului - Influența conexiunii factorilor 238
2.15.7 Aplicații ale evaluării formale a siguranței 238
2.15.8 Analiza stadiului actual al QRA în transportul maritim 241
Bibliografie 242
2.15.9 Acceptarea riscului pe baza modelării unei decizii multi-criteriale și aplicarea acesteia în transportul maritim 245
Bibliografie 248
2.16 Coliziunea navelor 249
2.16.1 Introducere 249
2.16.2 Conceptul fundamental 250
2.16.3 Arhitectura VTS 252
2.16.4 Problema Controlului 255
2.16.5 Ipoteze 256
2.16.6 Întrebarea privind problema deciziei fundamentale 257
2.16.7 Problema sarcinii generalizate 257
2.16.8 Metode PLA 259
2.13.1 Abordarea multiobiectiv 262
Bibliografie 264
2.17 Analiza cantitativă a riscului- QRA- în industria de transport intern 265
2.17.1 Introducere 265
2.17.2 Reglementări 265
2.17.3 Regulament de siguranță UE 267
2.17.4 Principiile riscului acceptabil 267
2.17.4.1 GAMAB - Cel puțin așa de bun (Globalement Au Moins Aussi Bon) 267
2.17.4.2. MEM - Mortalitate minimă endogenă 268
2.17.5 Rezumatul principiilor de Avizare 270
2.17.6 Metodologia analizei riscului 271

2.17.6.1 Metodele matricei de risc 271
2.17.6.2 Analiza cantitativă a riscului 271
2.17.6.3 Analiza schimbărilor 273
Bibliografie 275
2.18 Analiza cantitativă a riscului – QRA - în industria construcțiilor 275
2.18.1 Evaluarea riscului de incendiu pentru clădiri 275
2.18.1.1 Strategia contra incendiului pentru clădiri 275
2.18.1.1.1 Generalități 275
2.18.1.1.2 Evaluarea riscului de incendiu pentru clădiri care conțin materiale inflamabile 276
2.18.1.1.3 Ghiduri de securitate împotriva focului din Marea Britanie 277
2.18.2 Descrierea metodei evaluării riscului 279
2.18.2.1 Identificarea pericolului 279
2.18.2.2 Scopul metodei 280
2.18.2.3 Modelul cadru 282
2.18.2.4 Acuratețea modelului 284
2.18.3 Includerea efectelor de micșorare 287
2.18.3.1 Generalități 287
2.18.3.2 Utilizarea modelului 293
2.18.3.3 Aplicații caracteristice 294
Bibliografie 303
2.18.3.4 Aplicații caracteristice ale QRA în industria construcțiilor 304
2.18.3.4.1 Exemplul 1: Bolțuri de asigurare 304
2.18.3.4.2 Evaluarea probabilității de eșec 305
2.18.3.4.3 Evaluarea consecințelor unui eșec 305
2.18.3.4.4 Acceptarea riscului 306
2.18.3.5 Exemplul 2: Clădiri pentru reactoare nucleare 306
2.18.3.5.1 Introducere 306
2.18.3.5.2 Identificarea pericolelor 307
2.18.3.5.3 Analiza riscului 307
2.19 QRA în industria petrochimică 310
2.19.1 Introducere 310
2.19.1.1 Scopul raportului de siguranță 311
2.19.1.2 Informațiile minime ce se includ în Raportul de siguranță 311
2.19.2 Identificarea hazardului 312
2.19.3 Utilizarea matricei de risc 314
2.19.4 Metoda cantitativă 314
2.19.4.1 Evaluarea Frecvenței hazardului -Frecvențele de inițiere 315
2.19.4.2 Analiza arborelui evenimentelor 315
2.19.4.3 Calculul consecințelor 315
2.19.4.3.1 Toxicitate 317
2.19.4.3.2 Incendiul 317
2.19.4.3.3 Explozia 320

2.19.4.3.4 Avarii datorate exploziei 320
2.19.4.4 Calculul riscului 322
2.19.4.5 Prezentarea rezultatelor 322
2.19.4.6 Explozia prin depăşirea frecvenţei suprapresiunii 323
Bibliografie 324

CAP. 3 NIVELUL DE ÎNCREDERE
Nivelul de încredere -Calcul şi utilizare pentru nave învechite
3.1 Introducere 328
3. 2 Exemplu de utilizare a conceptului de "Nivel de încredere" 333
3.2.1 Nivelul de încredere pentru grinda-navă supusă la încovoiere în apă calmă 333
3.2.2 Nivelul de încredere al tensiunilor de încovoiere ale grinzii-navă datorate momentului încovoietor din val 344
3.2.3 Nivelul de încredere al tensiunilor din încovoierea grinzii-navă datorate momentului încovoietor total (moment încovoietor pe apă calmă plus moment încovoietor din val) 348
3. 3 Metoda aproximativă pentru calcularea nivelului de încredere al rezultatelor 361
3. 4 Modelarea structurii navei cu diferite niveluri de încredere când se aplică metoda elementului finit 365
3. 5 Aplicarea conceptului de nivel de încredere la evaluarea rezistenţei navelor învechite 369
3.5.1 Calcularea nivelurilor de încredere ale proprietăţilor geometrice ale structurii corpului, ale proprietăţilor mecanice ale materialului şi a sarcinilor care acţionează, egale cu nivelurile de încredere corespunzătoare, utilizate pentru un nou proiect 369
3.5.2 Determinarea limitelor admisibile ale rezistenţei structurii calculate a grinzii navă, considerând timpul operaţional rămas al navei 381
Nomenclatură 389
Bibliografie 391