

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ

Сузана М. Савић
Мирољуб Д. Гроздановић
Евица И. Стојиљковић

ПОУЗДАНОСТ И БЕЗБЕДНОСТ
СИСТЕМА

Ниш, 2014. године

др Сузана М. Савић, ред. проф.
др Мирољуб Д. Гроздановић, ред. проф.
др Евица И. Стојиљковић, доцент

**ПОУЗДАНОСТ И БЕЗБЕДНОСТ СИСТЕМА
SYSTEM RELIABILITY AND SAFETY**

Прво издање/The First Edition
2014. године

Издавач/Publisher
Факултет заштите на раду у Нишу
www.znrfak.ni.ac.rs

За издавача/For the Publisher
Проф. др Љиљана Живковић

Рецензенти/Reviewers
Проф. др Војислав Милтеновић
Проф. др Миомир Станковић
Проф. др Мирјана Видановић

Превод резимеа/Translation of the Summary
Александра Савић, дипл.филол. за енглески језик и књижевност

Дизајн корица/Cover Design
Родољуб Аврамовић, дипл.инж.
www.AvramovicDesign.com

Штампа/Print
Графика „Галеб“ Ниш

Тираж/Printing
1000 примерака

Одлуком Наставно-научног већа Факултета заштите на раду у Нишу бр. 03-85/6 од 30.01.2014. године, публикација *Поузданост и безбедност система* сврстана је у категорију *универзитетског уџбеника*.

Сва права аутора су задржана. Ниједан део ове књиге не сме се умножавати, фотокопирати нити на било који начин репродуковати без писаног одобрења аутора.

ISBN 978-86-6093-061-5

САДРЖАЈ

1. ОСНОВИ ТЕОРИЈЕ ПОУЗДАНОСТИ.....	1
1.1. Развој теорије поузданости	5
1.2. Значај теорије поузданости	7
1.3. Дефиниције и елементи поузданости	9
1.3.1. Вероватноћа.....	10
1.3.2. Ниво поверења	12
1.3.3. Отказ.....	12
1.3.4. Ниво оптерећења	15
1.3.5. Време	17
1.4. Видови поузданости.....	17
1.5. Показатељи поузданости	18
1.5.1. Непоправљиви и поправљиви системи.....	18
1.5.2. Показатељи поузданости непоправљивих система	22
1.5.3. Показатељи поузданости поправљивих система	32
1.5.4. Показатељи поузданости поправљивих система са не-нултим временом одржавања	37
2. КАРАКТЕРИСТИКЕ СЛУЧАЈНИХ ВЕЛИЧИНА	49
2.1. Функција расподеле	53
2.2. Густина расподеле	54
2.3. Нумеричке карактеристике	54
2.4. Хистограм, степенести дијаграм, полигон	59
2.5. Медијални ранг	61
2.6. Закони расподеле случајних величина.....	62
2.6.1. Биномна расподела.....	62
2.6.2. Поасонова расподела.....	64
2.6.3. Гаусова–нормална расподела	65
2.6.4. Експоненцијална расподела	68
2.6.5. Вејбулова расподела	70
2.7. Одређивање закона расподеле на основу статистичких података.....	72
2.7.1. Аналитички поступак	73
2.7.2. Графоаналитички поступак.....	73
2.7.3. Тестирање расподеле - тест Колмогоров-Смирнова	79
2.7.4. Подручје поверења	80
3. ПОУЗДАНОСТ РАЗЛИЧИТИХ СТРУКТУРА СИСТЕМА	87
3.1. Блок-дијаграм поузданости	91
3.2. Редна веза елемената система	92
3.3. Паралелна веза елемената система	95

3.4. Комбинована веза елемената система	97
3.5. Модел „г од n“	101
3.6. Сложена конфигурација елемената система	102
3.7. Модел приправности.....	103
3.8. Марковљеви модели.....	107
3.8.1. Поасонов процес	107
3.8.2. Матрица вероватноћа прелаза	109
3.8.3. Поузданост непоправљивог система са једним елементом	110
3.8.4. Поузданост непоправљивог система са два елемента	113
3.8.5. Поузданост и расположивост поправљивог система са једним елементом.....	115
3.8.6. Поузданост и расположивост поправљивог система са редном везом два елемента	117
3.8.7. Поузданост и расположивост поправљивог система са паралелном везом два елемента.....	121
3.8.8. Поузданост и расположивост система када интензитети отказа и поправке нису константни	125
4. ОПТИМИЗАЦИЈА ПОУЗДАНОСТИ.....	127
4.1. Раст поузданости система	131
4.1.1. Дуанов модел	133
4.1.2. Виренов модел	136
4.1.3. Барлоу-Шојеров модел.....	138
4.1.4. Лојд-Липов модел.....	140
4.2. Алокација поузданости.....	142
4.2.1. Метода једнаке алокације	143
4.2.2. AGREE метода алокације	144
4.2.3. ARINC метода алокације	146
4.2.4. Реалокација: повишење поузданости најнепоузданијег елемента	148
4.3. Оптимизација трошкова поузданости.....	149
4.3.1. Трошкови произвођача и потрошача.....	150
4.3.2. Модел оптимизације трошкова поузданости.....	152
5. ПОУЗДАНОСТ ОПЕРАТЕРА И СИСТЕМА „ЧОВЕК – МАШИНА“	157
5.1. Стандард ИЕС 300-3-8.....	161
5.2. Показатељи поузданости оператера.....	163
5.3. Поузданост система „човек-машина“	174
5.4. Анализа људске грешке	176
5.5. Методологија и методе за процену људске поузданости.....	181
5.6. Методе за повећање поузданости оператера.....	185

6. МЕТОДЕ ЗА АНАЛИЗУ ПОУЗДАНОСТИ СИСТЕМА	195
6.1. Анализа стабла отказа.....	199
6.1.1. Значај и подручје примене FTA	200
6.1.2. Методологија FTA	201
6.1.3. Квалитативна анализа стабла отказа.....	204
6.1.4. Квантитативна анализа стабла отказа	211
6.1.5. Предности и ограничења FTA	218
6.2. Анализа начина и ефеката (критичности/детекције) отказа	224
6.2.1. Значај и подручје примене FMEA	226
6.2.2. Типови FMEA	226
6.2.3. Методологија FMEA	227
6.2.4. Предности и ограничења FMEA.....	233
7. ОСНОВИ ТЕОРИЈЕ БЕЗБЕДНОСТИ	237
7.1. Развој теорије безбедности	241
7.2. Однос поузданости и безбедности	242
7.3. Основни појмови из области безбедности техничких система	243
7.4. Показатељи безбедности	244
7.5. Безбедност, ризик, заштита	249
7.6. Аспекти безбедности и заштите	251
7.7. Функционална безбедност и стандардизација.....	252
7.8. Системи заштите	254
7.9. Функције заштите.....	257
7.10. Интегритет заштите	258
7.10.1. Квантитативни критеријуми за избор нивоа интегритета заштите.....	261
7.10.1.1. Вероватноћа отказа	261
7.10.1.2. Фракција безбедног отказа.....	263
7.10.1.3. Толеранција хардвера на отказе	265
7.10.1.4. Интервали тестирања	267
7.10.2. Квалитативни алати за избор нивоа интегритета заштите	270
7.10.2.1. Матрица ризика	270
7.10.2.2. График ризика	271
7.10.3. Одређивање интегритета заштите за различите конфигурације елемената.....	276
7.10.4. Одређивање интегритета заштите у зависности од спектра последица	277
7.11. Технолошка решења за повећање поузданости система заштите	279
7.11.1. Редунданса.....	281

7.11.2. Разноврсност	282
7.11.3. Вотинг логика	284
7.12. Концепт животног циклуса система заштите	287
8. МЕТОДЕ ЗА АНАЛИЗУ БЕЗБЕДНОСТИ СИСТЕМА	295
8.1. Анализа опасности и операбилности.....	299
8.1.1. Значај и подручје примене HAZOP	300
8.1.2. Методологија HAZOP	301
8.1.3. Врсте HAZOP студија.....	307
8.1.4. Типови HAZOP студија.....	307
8.1.5. Веза са другим техникама	308
8.1.6. Предности и ограничења HAZOP	308
8.2. Анализа стабла догађаја	309
8.2.1. Значај и подручје примене ЕТА	310
8.2.2. Методологија ЕТА.....	311
8.2.3. Предности и ограничења ЕТА	315
8.2.4. Анализа заштитних слојева.....	317
8.3. Анализа „Шта – ако“	320
8.3.1. Значај и подручје примене „Шта – ако“ анализе	321
8.3.2. Методологија „Шта – ако“ анализе	322
8.3.3. Предности и ограничења „Шта – ако“ анализе	323
8.4. Студија уз помоћ чек-листи	324
8.4.1. Подручје примене чек-листи.....	324
8.4.2. Методологија.....	325
8.4.3. Предности и ограничења чек-листе	326
ПРИЛОЗИ	329
Прилог 1. Медијални ранг	331
Прилог 2. Нормална расподела – стандардизован облик	334
Прилог 3. Папири вероватноће	344
Прилог 4. Критичне вредности одступања d_α за Колмогоров-Смирнов тест	347
ИНДЕКС ПОЈМОВА	349

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

621-192(075.8)
519.873(075.8)

САВИЋ, Сузана М., 1951-
Поузданост и безбедност система = [System Reliability and Safety] /
Сузана М. Савић, Мирољуб Д. Гроздановић, Евица И.
Стојиљковић. - 1. изд.
= 1st ed. - Ниш: Факултет заштите на раду, 2014 (Ниш: Графика
"Галеб").
- XII, 355 стр.: илустр.; 25 cm

На врху насл. стр.: Универзитет у Нишу. - Тираж 1.000. –
Библиографија уз
свако поглавље. - Summaries. - Регистар.

ISBN 978-86-6093-061-5

1. Гроздановић, Мирољуб Д. [аутор], 1947 - 2. Стојиљковић, Евица
И.,
1976- [аутор]
а) Технички системи - Поузданост б) Теорија поузданости

COBISS.SR-ID 212331532