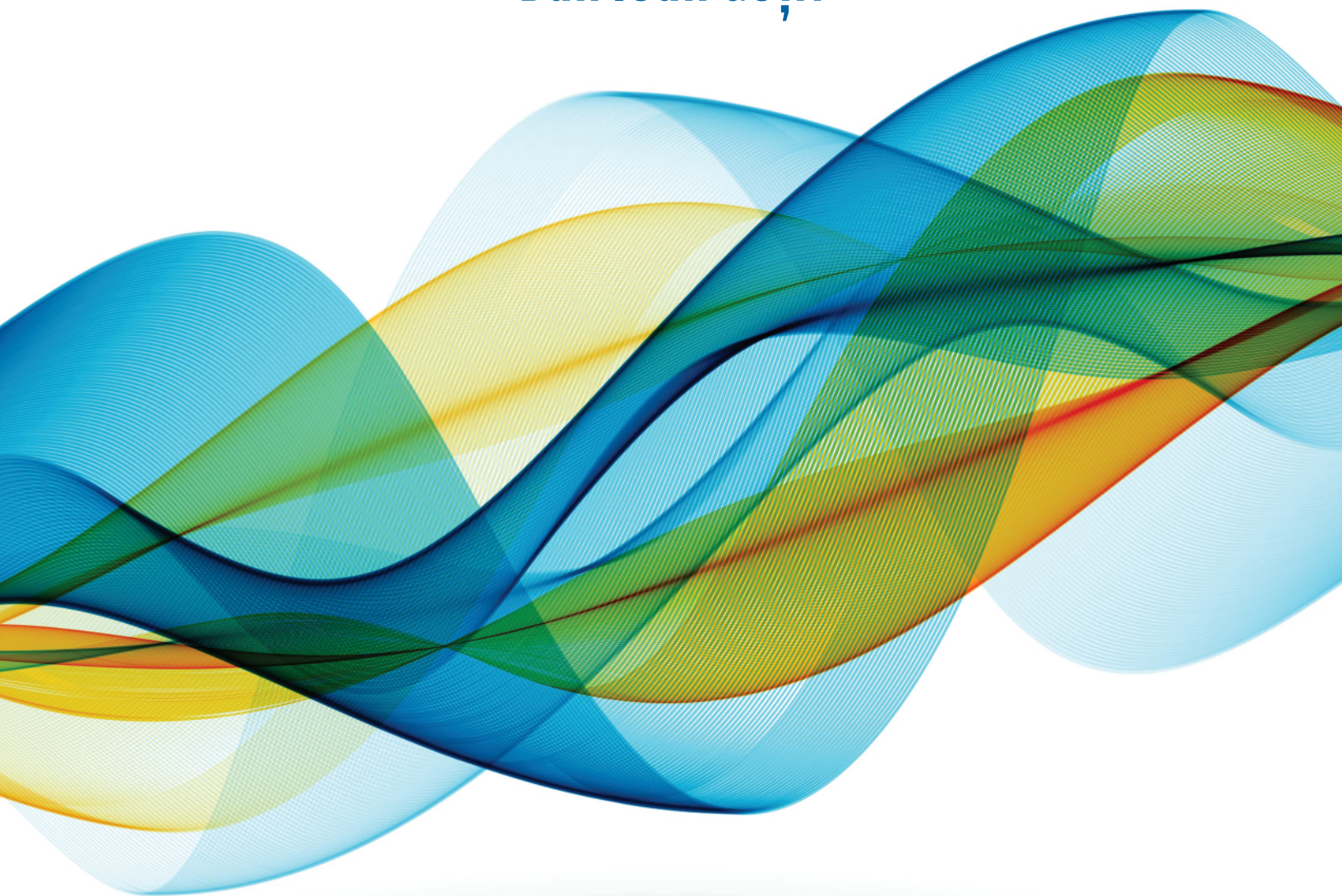


Dan Ioan GOȚA



**PROIECTAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR
A SISTEMELOR INDEPENDENTE DE PRODUCERE
A ENERGIILOR REGENERABILE**

Dan Ioan GOȚA

**PROIECTAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR
A SISTEMELOR INDEPENDENTE DE PRODUCERE
A ENERGIILOR REGENERABILE**

**Editura RISOPRINT
Cluj Napoca 2022**

Toate drepturile rezervate autorilor & Editurii Risoprint

*Editura **RISOPRINT** este recunoscută de C.N.C.S.
(Consiliul Național al Cercetării Științifice).
www.risoprint.ro www.cncs-uefiscdi.ro*



Opiniile exprimate în această carte aparțin autorilor și nu reprezintă punctul de vedere al Editurii Risoprint. Autorii își asumă întreaga responsabilitate pentru forma și conținutul cărții și se obligă să respecte toate legile privind drepturile de autor.

Toate drepturile rezervate. Tipărit în România. Nicio parte din această lucrare nu poate fi reprodusă sub nicio formă, prin niciun mijloc mecanic sau electronic, sau stocată într-o bază de date fără acordul prealabil, în scris, al autorilor.

All rights reserved. Printed in Romania. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the author.

ISBN: 978-973-53-2893-1

**PROIECTAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR
A SISTEMELOR INDEPENDENTE DE PRODUCERE
A ENERGIILOR REGENERABILE**

**Autor:
Dan Ioan GOȚA**

Director editură: GHEORGHE POP

CUVANT INAINTE

Doresc sa incep aceasta teza de doctorat prin a adresa un cuvânt de multumire celor care m-au sprijinit în dezvoltarea acestei lucrări. Scrierea unei pagini de multumire este, probabil, cea mai dificilă parte a unei teze. Este plăcerea mea de a mulțumii celor care timp de trei ani de zile m-au ajutat, îndrumat, încurajat și mi-au oferit sfaturi pentru finalizarea tezei de doctorat.

În primul rând aș dori să îi mulțumesc conducătorului științific al acestei teze, domnul prof. dr. ing. Liviu Cristian Miclea, pentru sprijinul acordat, pentru îndrumarea de-alungul celor 3 ani, și nu numai, pentru ideile transmise care au dus la finalizarea tezei. VA MULTUMESC!

Vreau să mulțumesc și prof. Henrik Lund, Universitatea din Aalborg, Danemarca pentru perioada de patru luni în care am făcut parte din colectivul de cercetare de la Aalborg Universitet, Departamentul Energy Planning and Development, Aalborg, Danemarca. De asemenea aș dori să mulțumesc prof. Remus Teodorescu, Departamentul de Energy Technology, Aalborg Universitet, precum și întregii sale echipe de cercetare, amintind pe asistent Tamas Kerekes, drd. Sergiu Spataru, pentru sprijinul acordat în dezvoltarea aplicației acestei teze. Aș dori de asemenea să le mulțumesc membrilor Catedrei de Automatica din cadrul Facultății de Automatica și Calculatoare, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca care mi-au oferit un mediu prietenos și profesional pentru stimularea abilităților de cercetare. VA MULTUMESC!

Mulțumiri doresc să adresez și colegilor doctoranzi cu care am petrecut 3 ani frumoși, plini de realizări, ani în care dificultățile întâmpinate și realizările profesionale ne-au unit și ne-au întărit. VA MULTUMESC!

Următoarele mulțumiri vreau să le adresez colegilor de muncă din cadrul SC IPA SA, și SC Evopro Systems Engineering SRL, pentru sprijinul acordat, și oferirea unui mediu profesionist de a-mi desfășura activitatea și cercetările acestei teze. VA MULTUMESC!

Nu în ultimul rând aș dori să mulțumesc familiei mele pentru dragostea și ajutorul necondiționat fără de care nu aș fi fost capabil să realizez atât de multe. Doresc să îi mulțumesc frumos soției mele Larisa pentru sprijinul acordat și răbdarea cu care m-a suportat în acești 3 ani de doctorat, să le mulțumesc părinților mei pentru suport și sprijin în momente în care ajutorul lor s-a dovedit a fi foarte important. VA MULTUMESC frumos și sper să va fi făcut mandrii de mine!

ACRONIME

HRES	Hybrid Renewable Energy System
ILP	Aplicarea programarii liniare pe intervale
MILP	Programare mixta (liniar-intreg)
I-GA	Algoritm imun bazat pe algoritmi genetici
ADO .NET	ActiveX Data Object for .NET
LINQ	Language Integrated Query
SEN	Sistem energetic national

LISTA DE TABELE

Tabelul 3.1	Caracteristicile aplicatiilor software de simulare/optimizare	18
Tabelul 5.1	Necesarul mediu lunar de energie	28
Tabelul 5.2	Productia de energie pe componente	29
Tabelul 5.3	Productia de CO ₂ rezultata in urma producerii energiei necesare	29
Tabelul 6.1	Structura cheilor primare pentru tabelele bazei de date	34
Tabelul 9.1	Pasii de testare a aplicatiei	97

LISTA DE FIGURI

Figura 2.1	Tipuri constructive de turbine eoliene	8
Figura 2.2	Structura unei turbine eoliene	9
Figura 2.3	Norme de amplasare a parcurilor eoliene	9
Figura 2.4	Componentele unui sistem fotovoltaic	10
Figura 2.5	Componentele unui sistem hidro (1)	11
Figura 2.6	Componentele unui sistem hidro (2)	11
Figura 2.7	Structura unui sistem hibrid	13
Figura 2.8	Componentele sistemului hibrid (1)	14
Figura 2.9	Componentele sistemului hibrid (2)	14
Figura 5.1	Capacitati instalate ale sistemului energetic national	30
Figura 6.1	Componentele sistemului hibrid proiectabil	31
Figura 6.2	Tabelele bazei de date (1)	32
Figura 6.3	Tabelele bazei de date (2)	33
Figura 7.1	Fereastra de acces aplicatii	35
Figura 7.2	Modul configurator sistem hibrid (1)	36
Figura 7.3	Modul configurator sistem hibrid (2)	36
Figura 7.4	Modul date intrare vant	37
Figura 7.5	Modul de intrare date referitoare la radiatia solara	38
Figura 7.6	Locatia de descarcare a datelor referitoare la radiatia solara	40
Figura 7.7	Formatul datelor oferit de aplicatia PVGIS	41
Figura 7.8	Importarea datelor in aplicatia CAD	41
Figura 7.9	Modul intrare date hidro	43
Figura 7.10	Modul de calculare necesar sarcina	44
Figura 7.11	Modul de distributie sarcina (1)	46
Figura 7.12	Modul de distributie sarcina (2)	47
Figura 7.13	Modul de recomandare stocare energie	47
Figura 7.14	Selectarea turbinelor eoliene	48
Figura 7.15	Fereastra vizualizare a caracteristicilor turbine eoliene	49

Figura 7.16	Modul de inserare panouri solare in structura sistemului	52
Figura 7.17	Fereastra de selectare convertoare componente sistem	55
Figura 7.18	Selectarea convertorului pentru panourile solare	55
Figura 7.19	Mesaj atentionare in cazul selectarii convertorului	56
Figura 7.20	Fereastra recomandare – selectare turbine hidro	56
Figura 7.21	Fereastra selectare baterii	57
Figura 7.22	Fereastra selectare generator pentru sistemul hibrid	58
Figura 7.23	Fereastra selectare unitate de control a sistemului hibrid	58
Figura 7.24	Fereastra de comparatie date energie necesara – energie produsa sistem	59
Figura 7.25	Grafic comparatie necesar sarcina si energie produsa sistem hibrid solar-eolian	59
Figura 7.26	Fereastra de introducere in baza de date a turbinelor eoliene	60
Figura 7.27	Fereastra de introducere in baza de date a panourilor fotovoltaice	62
Figura 7.28	Fereastra de introducere in baza de date a turbinelor hidro	63
Figura 7.29	Fereastra de introducere in baza de date a bateriilor	63
Figura 7.30	Fereastra de introducere in baza de date a generatoarelor	64
Figura 7.31	Fereastra de introducere in baza de date a unitatilor de control	64
Figura 7.32	Fereastra de introducere costuri si preturi – modul generare raport economic	65
Figura 7.33	Fereastra de generare raport economic	66
Figura 7.34	Serverul de date a parametrilor de control	69
Figura 7.35	Subrutinele de control ale sistemului	70
Figura 7.36	Accesarea scenariilor de functionare	71
Figura 7.37	Schema generala de functionare a algoritmilor genetici	72
Figura 7.38	Structura algoritm genetic dupa modificari	73
Figura 7.39	Rezultat algoritm pentru panouri solare	76
Figura 7.40	Rezultat algoritm pentru turbine eoliene	77
Figura 7.14.2	Fereastra rezultat algoritm genetic pentru optimizarea energiei sistem	79
Figura 7.41	Fereastra de generare – operare distributii orare	84
Figura 7.42	Fereastra de deschidere fisier date temperatura zilnica	85

Figura 7.43	Fereastra salvare fisier distributie generate	85
Figura 7.44	Fereastra deschidere fisier date mostra distributie orara 24 de ore	86
Figura 7.45	Mesaj de verificare date temperatura medie zilnica	86
Figura 7.46	Grafic comparativ distributie actuala si calculata	87
Figura 7.47	Comparatie serie actuala si seria generata de algoritm (pe tot intervalul de 8784 date)	87
Figura 7.48	Fereastra de generare a distributiilor orare incalzire individual	88
Figura 8.1	Fereastra de start a subaplicatiilor	91
Figura 8.2	Modulul de configurare sistem	92
Figura 8.3	Modulul de reprezentare grafica a energiilor produse si necesare	93
Figura 8.4	Modulul de generare raport economic sistem	94
Figura 9.1	“Aruncarea” unei exceptii netratate de catre aplicatie	96

CUPRINS

CUVANT INAINTE	iii
ACRONIME.....	V
LISTA DE TABELE.....	Vii
LISTA DE FIGURI	iX
CUPRINS.....	Xiii
INTRODUCERE	6
CAPITOL 1 - OBIECTIVE, DEFINITII SI ACTUALITATEA TEMEI	9
1.1. Obiectivele temei de doctorat	9
1.2. Necesitatea si actualitatea temei	10
CAPITOLUL 2 - STUDIU ASUPRA STADIULUI ACTUAL AL SISTEMELOR INDEPENDENTE DE PRODUCERE A ENERGIEI DIN SURSE REGENERABILE....	13
2.1 Energia Eoliana.....	13
2.2 Energia Solara.....	15
2.3 Energia Hidro	16
2.4 Sisteme hibride.....	17
2.4.1 Structura sistemelor hibride.....	18
CAPITOLUL 3 – STUDIU ASUPRA STADIULUI ACTUAL AL APLICATIILOR SOFTWARE DE ANALIZA A SISTEMELOR HIBRIDE DE PRODUCERE DE ENERGIE DIN SURSE REGENERABILE.....	21
3.1 Aplicatia software Homer.....	21
3.2 Aplicatia software Hoga.....	22
3.3 Aplicatia software Hybrid2.....	22
3.4 Aplicatia software Hybrid.....	22
3.5 Aplicatia software TRNSys.....	22
3.6 Aplicatia software Insel.....	22
3.7 Aplicatia software Rapsim.....	23
3.8 Aplicatia software Ares.....	23
3.9 Aplicatia software Solsim.....	23
3.10 Aplicatia software Somes.....	23
3.11 Aplicatia software RETScreen.....	23
CAPITOLUL 4 – STUDIU ASUPRA STADIULUI ACTUAL AL METODELOR DE PROIECTARE SI OPTIMIZARE A COMPONENTELOR SISTEMELOR HIBRIDE... 	25

4.1 Metode de proiectare si optimizare aplicate sistemelor de productie a energiei din surse regenerabile	26
4.1.1 Metoda algoritmilor genetici.....	28
4.1.2 Operatorii genetici.....	31
4.1.3 Functia fitness.....	31
4.1.4 Metode de selectie.....	32

CAPITOLUL 5 - DEZVOLTAREA MODELULUI ENERGETIC ROMANESC.....33

CAPITOLUL 6 - DEFINIREA ARHITECTURII SI A SPECIFICATIILOR FUNCTIONALE ALE MODULELOR.....37

6.1 Structura sistemului hibrid.....	37
6.2 Baza de date.....	38

CAPITOLUL 7 - REALIZAREA MODULELOR DE PROIECTARE ASISTATA DE CALCULATOR.....41

7.1 Modulul configurator.....	41
7.2 Modulul date intrare vant.....	43
7.3 Modulul date intrare solar.....	44
7.4 Modulul date intrare hidro.....	48
7.5 Modulul de calcul a sarcinii necesare.....	49
7.6 Modulul de distributie a sarcinii.....	51
7.7 Modulul de calcul stand baterii.....	53
7.8 Modulul de selectare a echipamentelor.....	54
7.9 Modulul grafic de comparative intre energia necesara si produsa de sistem.....	64
7.10 Modulul de administrare baze de date.....	66
7.11 Modulul de generare rapoarte economice.....	70
7.12 Modulul de comunicatie cu unitatea de comanda.....	73
7.13 Modulul de generare scenarii functionare.....	75
7.14 Modulul de generare a solutiei optime pentru sistem.....	76
7.14.1 Algoritm genetic modificat pentru optimizarea puterii instalate sistem.....	79
7.14.2 Algoritm genetic modificat pentru optimizarea energiei produse de sistem.....	82
7.15 Metode de generare distributii orare pe baza temperaturii mediului exterior.....	84
7.16 Aplicatia modul de generare distributii orare.....	87

CAPITOLUL 8 - INTEGRAREA MODULELOR INTR-UN PROGRAM DE PROIECTARE ASISTATA DE CALCULATOR A SISTEMELOR INDEPENDENTE DE PRODUCER A ENERGIILOR REGENERABILE.....95

8.1 Integrarea modulelor in aplicatie.....	95
--	----

CAPITOLUL 9 - TESTAREA APICATIEI.....99

9.1 Tehnici de testare aplicate.....	99
CAPITOLUL 10 - CONCLUZII.....	109
10.1. Contributii personale	109
10.2. Directii de dezvoltare viitoare	111
CAPITOLUL 11 - DISEMINAREA REZULTATELOR.....	113
BIBLIOGRAFIE.....	119
ANEXE	
Anexa1	127
Anexa2	134
Anexa3	138