

**ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCUREȘTI**  
**Consiliul pentru Studii Universitare de Doctorat**  
*Școala Doctorală de Cibernetică și Statistică Economică*

**METODE ȘI TEHNICI NEPARAMETRICE DE**  
**ESTIMARE A EFICIENȚEI CU APLICAȚIE**  
**ÎN SISTEMUL EDUCAȚIONAL**

Simona – Elena D. GRĂDINARU

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. Crișan ALBU

**București, 2024**

## Sinteză

În societatea contemporană în care tehnologia devine indispensabilă, în care noțiuni din ce mai complexe iau amploare, educația capătă o importanță mai mare ca niciodată. În competiția către un viitor alimentat de inteligența artificială, programele de studii în domeniile STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) devin fundamentale.

Aceste discipline furnizează cunoștințele, instrumentele și abilitățile necesare nu numai pentru înțelegerea noilor tehnologii, dar și pentru dezvoltarea și implementarea unor astfel de soluții, contribuind semnificativ la gestionarea acestui potențial vast. Competențele acumulate în cadrul acestor studii fac ca absolvenții lor să fie extrem de atrăgători în domenii variate și atrag de multe ori profesii care asigură utilizarea unor tehnologii de ultimă generație sau chiar contribuirea la dezvoltarea acestora.

Experții estimează că piața muncii din 2030 va avea mai mult de 80% din joburi necunoscute acum, nefiind încă inventate. Una dintre misiunile instituțiilor de învățământ, din ce în ce mai relevantă în acest context, constă în anticiparea abilităților necesare în viitor pentru a pregăti populația pentru astfel de roluri.

Lucrarea de față reprezintă o cercetare amplă asupra tehnicilor neparametrice cu aplicație în evaluarea eficienței universităților din punctul de vedere al programelor de studii STEM oferite. Studiul empiric se axează pe estimarea eficienței din instituțiile de învățământ superior din cadrul țărilor europene cu un indice de dezvoltare umană foarte ridicat, corespunzător anului 2020, având la bază cele mai recente date disponibile în prezent.

Analiza tratează și aplică o serie de metode pentru detectarea valorilor extreme necesare pentru obținerea unor eșantioane de instituții comparabile, alături de tehnici neparametrice de tipul Data Envelopment Analysis (DEA) și Free Disposal Hull (FDH), precum și versiunile lor mai robuste, frontiere parțiale de ordin "*alfa*". În plus, alegerea estimatorului adecvat este susținută prin identificarea ipotezelor mulțimii de producție, convexitate și natura randamentelor la scală, printr-o serie de teste statistice recent introduse în literatura de specialitate.

Patru modele de eficiență au fost construite în vederea evaluării fiecărui ciclu de învățământ superior, licență, masterat, respectiv doctorat, alături de accesarea programelor și fondurilor europene de colaborare și cercetare în domeniile de științe reale. Variabilele alese pentru descrierea spațiului de inputuri și outputuri corespunzător fiecărui dimensiuni din cele patru alese sunt reprezentative pentru modul de operare al universităților din fiecare perspectivă analizată.

Analiza datelor are ca fundament o gamă variată de metode, incluzând aici și câțiva algoritmi de învățare automată nesupervizată, Isolation Forest și DBSCAN, pentru care nu existau studii precedente cu aplicație în analiza eficienței.

O serie de caracteristici este descrisă pe larg cu privire la instituțiile performante, respectiv ineficiente din perspectivele avute în vedere în analiză. Mai mult, analiza eficienței sistemului educațional european expune o serie de rezultate comparative obținute, alături de interpretări în privința asocierii dintre eficiența educației programelor de studii STEM din sistemul de învățământ superior și calitatea vieții, respectiv standardul de trai din țările europene analizate, prin prisma indicatorului de dezvoltare umană.

**Cuvinte cheie:** eficiență în educație, metode neparametrice, Data Envelopment Analysis, DEA, Free-Disposal Hull, FDH, frontiere parțiale de ordin alfa, învățare automată nesupervizată, detectarea valorilor extreme, Isolation Forest, DBSCAN, reducerea dimensionalității.

# CUPRINS

<b>1. NOTĂ INTRODUCATIVĂ.....</b>	<b>10</b>
<b>2. LITERATURA DE SPECIALITATE.....</b>	<b>18</b>
2.1. NOȚIUNI INTRODUCATIVE DE EFICIENȚĂ .....	18
2.2. METODE PARAMETRICE ȘI NEPARAMETRICE ÎN ANALIZA EFICIENȚEI .....	20
2.3. EVOLUȚIA METODELOR NEPARAMETRICE PENTRU STUDIUL EFICIENȚEI ..	22
2.4. IMPORTANȚA STUDIULUI EFICIENȚEI ÎN EDUCAȚIE.....	30
2.5. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN SISTEMUL EDUCAȚIONAL.....	33
2.6. PROVOCĂRI ÎN ESTIMAREA EFICIENȚEI UNIVERSITĂȚILOR .....	38
2.6.1. Alegerea variabilelor ce descriu procesul de producție .....	38
2.6.2. Considerarea calității.....	40
2.6.3. Economii la scală .....	42
2.6.4. Instituții comparabile și valori extreme.....	43
<b>3. METODOLOGIA CERCETĂRII.....</b>	<b>45</b>
3.1. OBIECTIVE ALE CERCETĂRII .....	45
3.2. NOȚIUNI INTRODUCATIVE ÎN ANALIZA EFICIENȚEI.....	46
3.3. ANALIZA DE ANVELOPARE A DATELOR (DEA).....	49
3.4. ANALIZA DATELOR DISPUSE LIBER (FDH).....	51
3.5. ABORDAREA PROBABILISTICĂ A ESTIMATORILOR DE EFICIENȚĂ .....	53
3.6. CONSISTENȚA ESTIMATORILOR .....	54
3.7. TEHNICA BOOTSTRAP DE REEȘANTIONARE.....	55
3.8. TESTAREA IPOTEZELOR ESTIMATORILOR DE EFICIENȚĂ .....	57
3.8.1. Natura randamentelor la scală .....	58
3.8.2. Convexitatea mulțimii tuturor posibilităților de producție.....	61
3.9. METODE NEPARAMETRICE AVANSATE PENTRU ESTIMAREA EFICIENȚEI ...	65
3.9.1. Frontiere parțiale de ordin $m$ .....	66
3.9.2. Frontiere parțiale de tip cuantile de ordin $\alpha$ .....	69
3.10. PACHETE SOFTWARE UTILIZATE ÎN ESTIMAREA EFICIENȚEI.....	71

<b>4. EFICIENȚA SISTEMULUI EDUCAȚIONAL SUPERIOR EUROPEAN .....</b>	<b>73</b>
4.1. CONTEXTUL ACTUAL.....	73
4.2. EDUCAȚIA CA PROCES DE PRODUCȚIE .....	81
4.3. CARACTERIZAREA DATELOR ȘI VARIABILELOR ALESE.....	82
4.4. DETECTAREA VALORILOR EXTREME.....	86
4.4.1. Identificarea anomaliilor prin criterii statistice .....	87
4.4.2. Identificarea anomaliilor prin Învățare Automată (ML) .....	88
4.5. ANALIZE PRELIMINARE ALE PROFILULUI UNIVERSITĂȚILOR.....	93
4.6. STUDIUL UNIVERSITĂȚILOR PRIN ANALIZA COMPONENTELOR PRINCIPALE ȘI REDUCEREA DIMENSIONALITĂȚII.....	100
4.7. ANALIZA EFICIENȚEI UNIVERSITĂȚILOR EUROPENE PRIN PRISMA PROGRAMELOR DE STUDII STEM.....	103
4.7.1. Testarea ipotezelor necesare în alegerea estimatorului de eficiență.....	104
4.7.2. Evaluarea eficienței universităților din grupul omogen .....	106
4.7.3. Caracteristici ale instituțiilor eficiente, respectiv ineficiente .....	113
4.7.4. Evaluarea eficienței universităților din grupul heterogen .....	122
4.8. REZULTATE COMPARATIVE.....	128
4.8.1. Modelul 1 – Ciclul de Licență.....	128
4.8.2. Modelul 2 – Ciclul de Masterat.....	131
4.8.3. Modelul 3 – Ciclul de Doctorat.....	134
4.8.4. Modelul 4 – Accesarea proiectelor EU-FP pentru cercetare științifică.....	139
4.8.5. Analiza comparativă a modelelor și sintetizarea rezultatelor.....	142
<b>5. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE .....</b>	<b>146</b>
<b>6. REFERINȚE BIBLIOGRAFICE .....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXE .....</b>	<b>162</b>
LISTA ACRONIMELOR ȘI ABREVIERILOR .....	179
LISTA TABELELOR .....	180
LISTA FIGURILOR .....	181
LISTA ANEXELOR.....	183