



ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN MOLDOVA

Cu titlu de manuscris

C.Z.U: 004.45:[005.8:330.322](043)

GHETMANCENCO SVETLANA

**ANALIZA COMPARATIVĂ A CRITERIILOR DE EFICIENȚĂ
A INVESTIȚIILOR ÎN INFORMATIZARE**

122.02 Sisteme informatice

Teză de doctor în informatică

Conducător științific:

Bolun Ion, dr.hab., prof.univ.

Autor:

Ghetmancenco Svetlana

Chișinău, 2024

© Ghetmancenco Svetlana, 2024

CUPRINS

ADNOTARE	5
LISTA TABELELOR	8
LISTA FIGURILOR	9
LISTA ABREVIERILOR	10
INTRODUCERE	12
1. BAZELE CONCEPTUALE ALE EVALUĂRII PROIECTELOR INFORMATICE	19
1.1. Specificul și abordări la evaluarea eficienței proiectelor informatice.....	19
1.2. Cerințe metodologice privind evaluarea comparativă a eficienței proiectelor informatice	22
1.3. Metode și indici pentru evaluarea eficienței proiectelor informatice	24
1.3.1.Aspecte de evaluare a eficienței proiectelor informatice.....	24
1.3.2.Indici uzuali de eficiență a produselor informatice.....	27
1.3.3.Criterii de evaluare a proiectelor informatice.....	32
1.4. Simularea informatică la analiza indicilor de eficiență a proiectelor informatice	35
1.5. Dezvoltări potențiale și rezultate preconizate ale cercetărilor în domeniu	38
1.6. Concluzii la Capitolul 1	42
2.MODELE ȘI ALGORITMI ÎN SIMULAREA INFORMATICĂ PENTRU ANALIZA COMPARATIVĂ A PROIECTELOR DE INFORMATIZARE.....	44
2.1. Metode de evaluare și analiză comparativă a eficienței proiectelor informatice.....	44
2.1.1.Folosirea principiului Pareto.....	44
2.1.2.Concretizări privind compararea proiectelor informatice prin i-simulare	45
2.2. Aspecte de analiză comparativă a proiectelor informatice de aceeași durată.....	53
2.2.1.Modele de analiză comparativă a proiectelor informatice de aceeași durată.....	54
2.2.2.Algoritmi de i-simulare pentru proiectelor informatice de aceeași durată.....	56
2.3. Aspecte de analiză comparativă a proiectelor informatice de durată diferită.....	63
2.3.1.Modele de analiză comparativă a proiectelor informatice de durată diferită.....	63
2.3.2.Algoritmi de i-simulare pentru proiecte informatice de durată diferită.....	65
2.4. Influența metodei valorii anuale echivalente asupra selecției proiectelor informatice.....	72
2.4.1.Modele de analiză a influenței metodei EAV asupra selecției proiectelor informatice	72
2.4.2.Algoritmi pentru analiza influenței metodei EAV asupra selecției i-proiectelor.....	73
2.5. Concluzii la Capitolul 2	79
3.REZULTATELE CERCETĂRII COMPARATIVE PRIN SIMULARE INFORMATICĂ A INDICILOR DE EFICIENȚĂ.....	81
3.1. Metodica i-simulării caracteristicilor proiectelor informatice	81

3.2. Rezultatele i-simulării pentru proiecte informatice de aceeași durată	86
3.2.1. Cazuri de eșec la generarea seturilor de date inițiale.....	86
3.2.2. Frecvența cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă.....	88
3.2.3. Generalizarea rezultatelor simulării informatice.....	96
3.3. Rezultatele i-simulării pentru proiecte informatice de durată diferită	98
3.3.1. Cazuri de eșec la generarea seturilor de date inițiale.....	98
3.3.2. Exemple de cazuri de necoincidență a soluțiilor.....	100
3.3.3. Frecvența cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă.....	101
3.3.4. Analiza comparativă a rezultatelor simulării informatice.....	108
3.3.5. Generalizarea rezultatelor simulării informatice	110
3.4. Rezultatele simulării informatice a influenței metodei EAV	111
3.4.1. Cazuri de eșec la generarea seturilor de date inițiale.....	112
3.4.2. Frecvența cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă.....	113
3.4.3. Influența folosirii metodei EAV asupra deciziei.....	121
3.4.4. Influența folosirii indicilor EANPV, EAPI și IRR asupra deciziei.....	122
3.4.5. Generalizarea rezultatelor simulării informatice.....	123
3.5. Îmbinarea indicilor NPV, PI și IRR într-un singur criteriu de optimizare.....	124
3.6. Concluzii la Capitolul 3	125
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	128
BIBLIOGRAFIE	132
Anexa 1. Aplicația informatică SIMINV	141
A1.1. Caracteristici generale	141
A1.2. Interfețele de lucru	142
A1.3. Fragmente de cod	144
Anexa 2. Certificat de implementare “Trimaran”	149
Anexa 3. Certificat de implementare “Scope”.....	150
Anexa 4. Certificat de implementare “AUAI Criuleni”	151

ADNOTARE

Ghetmancenco Svetlana, Analiza comparativă a criteriilor de eficiență a investițiilor în informatizare. Teză de doctor în informatică, specialitatea 122.02 Sisteme informatice, Chișinău, 2024

Structura și volumul tezei: introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 136 titluri, 4 anexe, 120 pagini de text de bază, 36 figuri și 29 tabele.

Numărul de publicații la tema tezei: rezultatele cercetării sunt publicate în 8 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: algoritm, indice de profitabilitate, metodică, model, proiect informatic, rată internă de rentabilitate, simulare informatică, valoare actualizată netă.

Scopul lucrării constă în analiza comparativă, inclusiv prin simulare informatică, a indicilor de estimare a eficienței proiectelor de investiții în informatizare și elaborarea recomandărilor privind folosirea acestora.

Obiectivele cercetării: identificarea și sistematizarea indicilor de eficiență; elaborarea modelelor și a algoritmilor de cercetare comparativă prin simulare informatică a indicilor; definirea metodicii de simulare informatică; dezvoltarea unei aplicații informatice pentru analiza comparativă a indicilor; cercetarea comparativă a indicilor de eficiență folosind aplicația informatică elaborată; elaborarea de recomandări privind folosirea rezultatelor obținute.

Noutatea și originalitatea științifică: argumentarea oportunității folosirii simulării informatice la temă; modelele, algoritmi și metodică simulării informatice pentru analiză comparativă cantitativă a eficienței proiectelor de informatizare; rezultatele analizei comparative cantitative prin simularea informatică a frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor obținute la folosirea indicilor valoarea adăugată netă, rata internă de rentabilitate și profitabilitatea, eventual împreună cu metoda valorii anuale echivalente.

Problema științifică soluționată constă în caracterizarea cantitativă (în premieră) prin simulare informatică a frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor obținute la folosirea indicilor valoarea adăugată netă, rata internă de rentabilitate și profitabilitatea, eventual împreună cu metoda valorii anuale echivalente, pentru proiecte de informatizare de aceeași durată și de durată diferită și, de asemenea, a gradului de influență a metodei valorii anuale echivalente asupra deciziilor de selectare a proiectelor de informatizare.

Semnificația teoretică. Rezultatele obținute constituie un suport semnificativ al conceptelor teoretice și metodologice de analiză comparativă cantitativă prin simulare informatică a proiectelor de investiții în informatizare.

Valoarea aplicativă a lucrării. Recomandările procedurale și metodologice elaborate prezintă un suport semnificativ pentru decidenți la selectarea proiectelor informatice, raționalizând cheltuielile și, respectiv, contribuind la creșterea performanței și consolidarea competitivității.

Rezultatele obținute **au fost implementate** de trei agenți economici, confirmând importanța temei de cercetare și valoarea aplicativă a acestora.

АННОТАЦИЯ

Гетманченко Светлана, Сравнительный анализ критериев эффективности инвестиций в информатизацию. Диссертация на соискание ученой степени доктора информатики, специальность 122.02 Информационные системы, Кишинев, 2024

Структура и объем диссертации: введение, три главы, общие выводы и рекомендации, библиография из 136 наименований, 4 приложения, 120 страниц основного текста, 36 рисунков и 29 таблиц.

Количество публикаций по теме диссертации: результаты исследования опубликованы в 8 научных работах.

Ключевые слова: алгоритм, индекс прибыльности, методика, модель, информационный проект, внутренняя норма доходности, компьютерное моделирование, чистая приведённая стоимость.

Цель работы – сравнительный анализ, включая компьютерное моделирование, показателей оценки эффективности инвестиционных проектов в информатизацию и разработка рекомендаций по их использованию.

Задачи исследования: идентификация и систематизация показателей эффективности; разработка моделей и алгоритмов для сравнительного анализа показателей с использованием компьютерного моделирования; определение методики компьютерного моделирования; разработка программного приложения для сравнительного анализа показателей; сравнительный анализ показателей эффективности с использованием разработанного программного приложения; разработка рекомендаций по использованию полученных результатов.

Научная новизна и оригинальность: обоснование целесообразности использования компьютерного моделирования в данной области; разработка моделей, алгоритмов и методики компьютерного моделирования для количественного сравнительного анализа эффективности проектов информатизации; результаты количественного сравнительного анализа частоты несоответствия решений, полученных при использовании показателей чистой приведённой стоимости, внутренней нормы доходности и прибыльности, возможно в сочетании с методом эквивалентной годовой стоимости.

Решённая научная проблема заключается в количественной характеристике (впервые) с использованием компьютерного моделирования частоты несоответствия решений, полученных при использовании показателей чистой приведённой стоимости, внутренней нормы доходности и прибыльности, возможно в сочетании с методом эквивалентной годовой стоимости, для проектов информатизации с одинаковой и различной продолжительностью, а также в оценке степени влияния применения метода эквивалентной годовой стоимости на решения по выбору проектов информатизации.

Теоретическая значимость. Полученные результаты являются значимой основой для теоретических и методологических концепций количественного сравнительного анализа инвестиционных проектов в информатизацию с использованием компьютерного моделирования.

Практическая значимость работы. Разработанные процедурные и методологические рекомендации представляют собой важную поддержку для лиц, принимающих решения, при выборе проектов по информатизации, оптимизируя расходы и, соответственно, способствуя повышению эффективности и укреплению конкурентоспособности.

Полученные результаты **были внедрены** тремя экономическими агентами, что подтверждает важность темы исследования и практическую значимость полученных результатов.

ANNOTATION

Ghetmancenco Svetlana, Comparative Analysis of Efficiency Criteria for Investments in Informatization. Doctoral thesis in Computer Science, specialty 122.02 - Information Systems, Chişinău, 2024

Structure and volume of the thesis: introduction, three chapters, general conclusions and recommendations, a bibliography comprising 136 titles, 4 appendices, 120 pages of main text, 36 figures, and 29 tables.

Number of publications related to the thesis: the research results are published in eight scientific papers.

Keywords: algorithm, profitability index, methodology, model, IT project, internal rate of return, computer simulation, net present value.

Objective of the work: The purpose of the thesis is the comparative analysis, including via computer simulation, of the indices used to evaluate the efficiency of IT investment projects and the development of recommendations for their application.

Research objectives: Identification and systematization of efficiency indices; Development of models and algorithms for comparative research using computer simulation of indices; Definition of the computer simulation methodology; Development of a software application for the comparative analysis of indices; Comparative research on efficiency indices using the developed software application; Formulation of recommendations on the use of the obtained results.

Scientific novelty and originality: The study justifies the relevance of applying computer simulation in the field, presenting models, algorithms, and a computer simulation methodology for the quantitative comparative analysis of IT project efficiency. The results include a quantitative comparative analysis via computer simulation of the frequency of solution discrepancies when using indices such as net present value, internal rate of return, and profitability, potentially combined with the equivalent annual value method.

The solved scientific problem consists of the first-ever quantitative characterization, through computer simulation, of the frequency of discrepancies in solutions obtained using the net present value, internal rate of return, and profitability indices, potentially in combination with the equivalent annual value method. This applies to IT projects with equal and varying durations, as well as to assessing the influence of the equivalent annual value method on IT project selection decisions.

Theoretical significance: The results provide a significant contribution to the theoretical and methodological concepts of quantitative comparative analysis through computer simulation of IT investment projects.

Practical value of the thesis: The developed procedural and methodological recommendations offer substantial support for decision-makers in selecting IT projects, optimizing expenditures, and thereby enhancing performance and competitiveness.

The obtained results **have been implemented** by three economic entities, confirming the relevance of the research topic and the practical value of the outcomes.

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1.	Clasificarea abordărilor de analiză a beneficiilor i-proiectelor	23
Tabelul 1.2.	Dificultăți posibile la analiza comparativă a eficienței i-proiectelor	41
Tabelul 2.1.	Unele caracteristici ale Proiectelor I și II la Exemplul 2.1	50
Tabelul 2.2.	Unele caracteristici ale Proiectelor I și II la Exemplul 2.2	50
Tabelul 2.3.	Unele caracteristici ale Pproiectelor I și II la Exemplul 2.3	51
Tabelul 2.4.	Unele caracteristici ale Proiectelor I și II la Exemplul 2.4	52
Tabelul 2.5.	Unele caracteristici ale Proiectelor I și II la Exemplul 2.5	52
Tabelul 2.6.	Etapele algoritmilor de simulare informatică pentru Grupurile a1-a7 de alternative	57
Tabelul 2.7.	Algoritmul 2.1 pentru Grupul a1 de alternative	59
Tabelul 3.1.	Valori ale funcției $z(\beta)$ la $\beta \in [0,950; 0,995]$	84
Tabelul 3.2.	Valori ale funcției $K(\beta, \delta)$ la $\beta \in [0,950; 0,995]$ și $\delta \in [0,050; 0,005]$	84
Tabelul 3.3.	Intervalele de valori pentru cele patru dependențe de rata de actualizare $d \in [0,05; 0,14]$, %	89
Tabelul 3.4.	Intervalele de valori pentru cele patru dependențe la durata D și rata de actualizare $d \in [0,05; 0,14]$, %	90
Tabelul 3.5.	Intervalele de valori pentru cele patru dependențe de volumul investițiilor I_2 la rata $d \in [0,05; 0,14]$, %	91
Tabelul 3.6.	Intervalele valorilor pentru cele patru dependențe de parametrul r la rata de actualizare $d \in [0,05; 0,14]$, %	92
Tabelul 3.7.	Intervalele de valori pentru cele patru dependențe de parametrul v la rata de actualizare $d \in [0,05; 0,14]$, %	93
Tabelul 3.8.	Intervalele de valori pentru $q_{NP}(d^+)$, $q_{NR}(d^+)$, $q_{PR}(d^+)$ $q_{NPR}(d^+)$ la $d \in [0,05; 0,14]$, %	94
Tabelul 3.9.	Procentajele $q_{NP}(d^-)$, $q_{NR}(d^-)$, $q_{PR}(d^-)$ și $q_{NPR}(d^-)$ la $d \in [0,05; 0,14]$, %	95
Tabelul 3.10.	Caracteristicile intervalului de valori pentru cele patru dependențe, %	97
Tabelul 3.11.	Intervalele de valori pentru cele șase dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$	102
Tabelul 3.12.	Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de $D2$ la $d \in [0,05; 0,14]$	103
Tabelul 3.13.	Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de I_2 la $d \in [0,05; 0,14]$	104
Tabelul 3.14.	Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de r la $d \in [0,05; 0,14]$	105
Tabelul 3.15.	Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de v la $d \in [0,05; 0,14]$	106
Tabelul 3.16.	Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de d^+ la $d \in [0,05; 0,14]$	107
Tabelul 3.17.	Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de d^- la $d \in [0,05; 0,14]$	108
Tabelul 3.18.	Caracteristicile intervalului de valori pentru cele șase dependențe, %	110
Tabelul 3.19.	Caracterul celor șapte dependențe examinate $q(\cdot)$	119
Tabelul 3.20.	Intervalele de valori pentru cele șapte dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$, %	120

LISTA FIGURILOR

Figura 1.1.	Etapele de bază în realizarea unui studiu de simulare	38
Figura 1.2.	Reguli esențiale pentru aplicarea eficientă a metodei de analiză comparativă	39
Figura 2.1.	Principiul Pareto	46
Figura 2.2.	Pașii de utilizat conform principiului Pareto la compararea i-proiectelor	46
Figura 2.3.	Structura logică a algoritmilor de simulare informatică pentru i-proiecte de durată diferită	67
Figura 3.1.	Dependența K de eroarea δ și nivelul de încredere β	85
Figura 3.2.	Dependența K de nivelul de încredere β și eroarea δ	85
Figura 3.3.	Procentajul eșecurilor la generarea seturilor de date inițiale	87
Figura 3.4.	Procentajele $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$ și $q_{NPR}(d)$	88
Figura 3.5.	Procentajele $q_{NP}(D)$, $q_{NR}(D)$, $q_{PR}(D)$ și $q_{NPR}(D)$	89
Figura 3.6.	Procentajele $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$ și $q_{NPR}(I_2)$	90
Figura 3.7.	Procentajele $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$ și $q_{NPR}(r)$	92
Figura 3.8.	Procentajele $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$ și $q_{NPR}(v)$	93
Figura 3.9.	Procentajele $q_{NP}(d^+)$, $q_{NR}(d^+)$, $q_{PR}(d^+)$ și $q_{NPR}(d^+)$	94
Figura 3.10.	Procentajele $q_{NP}(d^-)$, $q_{NR}(d^-)$, $q_{PR}(d^-)$ și $q_{NPRE}(d^-)$	96
Figura 3.11.	Procentajul cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale	99
Figura 3.12.	Procentajele $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$, $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$ și $q_{PRE}(d)$	101
Figura 3.13.	Procentajele $q_{NP}(D_2)$, $q_{NR}(D_2)$, $q_{PR}(D_2)$, $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NRE}(D_2)$ și $q_{PRE}(D_2)$	102
Figura 3.14.	Procentajele $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$, $q_{NPE}(I_2)$, $q_{NRE}(I_2)$ și $q_{PRE}(I_2)$	103
Figura 3.15.	Procentajele $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$, $q_{NPE}(r)$, $q_{NRE}(r)$ și $q_{PRE}(r)$	104
Figura 3.16.	Procentajele $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$, $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$ și $q_{PRE}(v)$	105
Figura 3.17.	Procentajele $q_{NP}(d^+)$, $q_{NR}(d^+)$, $q_{PR}(d^+)$, $q_{NPE}(d^+)$, $q_{NRE}(d^+)$ și $q_{PRE}(d^+)$	107
Figura 3.18.	Procentajele $q_{NP}(d^-)$, $q_{NR}(d^-)$, $q_{PR}(d^-)$, $q_{NPE}(d^-)$, $q_{NRE}(d^-)$ și $q_{PRE}(d^-)$	108
Figura 3.19.	Procentajul cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale	112
Figura 3.20.	Procentajele $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$, $q_{PRE}(d)$, $q_{2NE}(d)$, $q_{2PE}(d)$, $q_{NPR}(d)$ și $q_{NPER}(d)$	114
Figura 3.21.	Procentajele $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NRE}(D_2)$, $q_{PRE}(D_2)$, $q_{2NE}(D_2)$, $q_{2PE}(D_2)$, $q_{NPR}(D_2)$ și $q_{NPER}(D_2)$ la $d = 0,08$	114
Figura 3.22.	Procentajele $q_{NPE}(I_2)$, $q_{NRE}(I_2)$, $q_{PRE}(I_2)$, $q_{2NE}(I_2)$, $q_{2PE}(I_2)$, $q_{NPR}(I_2)$ și $q_{NPER}(I_2)$ la $d = 0,08$	115
Figura 3.23.	Procentajele $q_{NPE}(r)$, $q_{NRE}(r)$, $q_{PRE}(r)$, $q_{2NE}(r)$, $q_{2PE}(r)$, $q_{NPR}(r)$ și $q_{NPER}(r)$ la $d = 0,08$	116
Figura 3.24.	Procentajele $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$, $q_{PRE}(v)$, $q_{2NE}(v)$, $q_{2PE}(v)$, $q_{NPR}(v)$ și $q_{NPER}(v)$ la $d = 0,08$	116
Figura 3.25.	Procentajele $q_{NPE}(d^+)$, $q_{NRE}(d^+)$, $q_{PRE}(d^+)$, $q_{2NE}(d^+)$, $q_{2PE}(d^+)$, $q_{NPR}(d^+)$ și $q_{NPER}(d^+)$	117
Figura 3.26.	Procentajele $q_{NPE}(d^-)$, $q_{NRE}(d^-)$, $q_{PRE}(d^-)$, $q_{2NE}(d^-)$, $q_{2PE}(d^-)$, $q_{NPR}(d^-)$ și $q_{NPER}(d^-)$	118
Figura A1.1.	Cele 105 componente-fișiere ale modulului SIMINV-D1,D2	141
Figura A1.2.	Interfețele de selectare a algoritmului de i-simulare dintre cei 21	142
Figura A1.3.	Interfața de introducere a datelor inițiale (a) și cea cu rezultatele calculelor (b) pentru Algoritmul 2.1 din Secțiunea 2.2.2	142
Figura A1.4.	Interfața de introducere a datelor inițiale (a) și cea cu rezultatele calculelor (b) pentru Algoritmul 2.8 din Secțiunea 2.3.2	143
Figura A1.5.	Interfața de introducere a datelor inițiale (a) și cea cu rezultatele calculelor (b) pentru Algoritmul 2.15 din Secțiunea 2.4.2	144

LISTA ABREVIERILOR

2NE	Perechea {NPV, EANPV}
2PE	Perechea {PI, EAPI}
AA	Amortismentul anual
BNS	Biroul Național de Statistică
CF	Flux de numerar (<i>Cash Flow</i> , eng.)
CRF	Factorul de recuperare a capitalului (<i>Capital Recovery Factor</i> , eng.)
DPP	Perioada de recuperare actualizată (<i>Discounted Payback Period</i> , eng.)
EAC	Costul anual echivalent (<i>Equivalent Annual Cost</i> , eng.)
EANPV	Valoarea actualizată netă anuală echivalentă (<i>Equivalent Annual NPV</i> , eng.)
EAPI	Indicele de profitabilitate anual echivalent (<i>Equivalent Annual Profitability Index</i> , eng.)
EATCO	Costul total cu proprietatea anual echivalent (<i>Equivalent Annual Total Cost of Ownership</i> , eng.)
EAV	Valoarea anuală echivalentă (<i>Equivalent Annual Value</i> , eng.)
F	Cheltuieli financiare
FI	Venituri financiare (<i>Financial Income</i> , eng.)
GCF	Fluxul de numerar brut (<i>Gross Cash Flow</i> , eng.)
GCI	Indicele competitivității globale (<i>Global Competitvity Index</i> , eng.)
IRR	Rata internă de rentabilitate (<i>Internal Rate of Return</i> , eng.)
MIRR	Rata internă de rentabilitate modificată (<i>Modified Internal Rate of Return</i> , eng.)
NP	Perechea {NPV, PI}
NPE	Perechea {NPV, EAPI}
NPER	Tripletul {EANPV, EAPI, IRR}
NPR	Tripletul {NPV, PI, IRR}
NPV	Valoarea actualizată netă (<i>Net Present Value</i> , eng.)
NR	Perechea {NPV, IRR}
NRE	Perechea {EANPV, IRR}
NV	Valoare netă (<i>Net Value</i> , eng.)
PI	Indicele de profitabilitate (<i>Profitability Index</i> , eng.)
PIB	Produs intern brut
PR	Rata profitului (<i>Profit Rate</i> , eng.)
PR	Profit
PRE	Perechea {EAPI, IRR}

PV	Valoarea actualizată (<i>Prezent Value</i> , eng.)
TACO	Costul total anual cu proprietatea (<i>Total Annual Cost of Ownership</i> , eng.)
TCO	Costul total cu proprietatea (<i>Total Cost of Ownership</i> , eng.)
TIC	Tehnologii informaționale și de comunicație
WACC	Costul mediu ponderat al capitalului (<i>Weighted Average Cost of Capital</i> , eng.)

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța temei de cercetare. În contextul evoluției continue a economiei globale, **informatizarea** a devenit un pilon esențial pentru dezvoltarea durabilă a economiilor moderne. Niciuna dintre etapele anterioare ale progresului tehnico-științific nu a avut un impact atât de rapid, profund și complex asupra tuturor sectoarelor economice și a vieții sociale, atât la nivel colectiv, cât și individual, cum are informatizarea în prezent. În acest context, este important de remarcat că pentru dezvoltarea activităților economice (sectoarelor) din Republica Moldova, tehnologiile informaționale și de comunicație (TIC) au un rol extrem de important, contribuind considerabil la dezvoltarea acestora.

De mai mulți ani, informatizarea a devenit un obiectiv național, integrat și în politicile de dezvoltare a economiei Republicii Moldova [1]. Tehnologiile informaționale și de comunicație au rolul principal în creșterea productivității, sporirea competitivității și rezilienței sectoarelor, valorificând în același timp capacitatea de inovare și capitalul uman [2, 3]. Această schimbare strategică este susținută de documentele de referință precum Strategia Națională pentru Transformarea Digitală [1], Planul Național de Acțiuni pentru Implementarea Strategiei Naționale în domeniul TIC [4] și legislația în vigoare, inclusiv Legea privind telecomunicațiile [5], Legea privind securitatea cibernetică [6] și Legea privind protecția datelor cu caracter personal [7], oferind o bază solidă pentru implementarea și consolidarea proceselor de informatizare la nivel național.

În mod firesc, informatizarea activităților și proceselor din diverse domenii se concretizează, în principal, prin intermediul proiectelor informatice (i-proiecte), ce necesită alocarea de resurse financiare (investiții) semnificative. Prin proiect informatic se subînțelege orice proiect destinat realizării de aplicații sau sisteme informatice în scopul suportului informatic și, respectiv, fortificării unor activități umane de operare cu informațiile. Dacă de referit la conceptul de **investiție**, acesta a fost și continuă să fie abordat pe larg la nivel global, inclusiv în Republica Moldova, unde mulți specialiști au încercat să cuprindă cât mai multe aspecte ce țin de conținutul și mecanismul investițiilor. În Republica Moldova, cadrul legal care reglementează investițiile conține mai multe acte legislative și reglementări, printre care și Legea nr. 81 din 18.03.2004 privind investițiile în activitatea de întreprinzător [8], care definește investițiile și stabilește cadrul pentru protejarea acestora. Herman Peumans [9] accentuează că investiția presupune dobândirea de bunuri concrete și implică plata unui cost prezent în schimbul unor venituri viitoare, reflectând o renunțare la satisfacții imediate în favoarea unor beneficii pe termen lung. Această definiție este aplicabilă și pentru proiectele de investiții în informatizare, unde investițiile nu reprezintă doar cheltuieli imediate, ci și o sursă financiară avansată pentru obținerea de efecte viitoare.

Conform Strategiei Naționale pentru Societatea Informațională „Moldova Digitală 2020” [10], digitalizarea și informatizarea sunt considerate priorități pentru creșterea competitivității economice și îmbunătățirea calității vieții în Moldova. **Proiectele de investiții în informatizare** (proiectele informatice) sunt caracterizate printr-o complexitate ridicată, implicând o gamă variată de resurse, echipamente, activități și construcții, toate acestea contribuind la dezvoltarea sustenabilă a economiei naționale. Cerințele înalte către eficiența proiectelor informatice impun o evaluare riguroasă a acestora prin intermediul unor indici relevanți, oferind, astfel, o perspectivă argumentată asupra fiecărui i-proiect analizat.

Cu toate acestea, pentru a lua decizii informate în procesul de selecție a unui proiect informatic, este esențială realizarea **analizei comparative a indicilor de eficiență**. Fără o astfel de analiză, alegerea proiectului informatic oportun într-o situație anume devine dificilă, deoarece, indici diferiți pot oferi rezultate diferite în funcție de condițiile specifice ale i-proiectului.

Rezultatele teoretice ale cercetărilor privind aplicarea indicilor folosiți frecvent pentru evaluarea eficienței proiectelor informatice [3, 11-19] nu întotdeauna oferă un răspuns univoc care dintre aceștia și în ce situații-problemă este oportun de aplicat. Totodată, aplicarea nereușită a unor indici poate rezulta cu soluții și, respectiv, decizii de selectare a unor proiecte informatice mai puțin rezonabile, ceea ce conduce, în final, la un impact al implementării acestora mai puțin convenabil, inclusiv costuri suplimentare neîndreptățite. Astfel, fără o evaluare comparativă adecvată a proiectelor informatice, întreprinderile riscă să nu valorifice pe deplin potențialul acestor investiții sau, mai grav, să facă alegeri care nu generează un avantaj competitiv sustenabil. Deoarece prin metode analitice nu întotdeauna se pot compara reușit proiectele informatice [17, 18], una dintre căile de comparare a acestora constă în folosirea simulării informatice (i-simulării). Prin simularea informatică pot fi modelate scenarii complexe, oferind o perspectivă detaliată asupra modului în care diferitele criterii de eficiență reacționează în diverse condiții. Simularea informatică poate asigura o evaluare completă detaliată, reducând incertitudinile și oferind decidenților instrumentele necesare pentru a lua decizii argumentate.

Din aceste considerente și ținând cont de multitudinea proiectelor informatice și volumul mare de investiții cu informatizarea în diverse domenii ale societății, tema tezei, orientată la analiza comparativă prin simulare informatică a diferitelor criterii de eficiență folosite pentru estimarea impactului investițiilor în informatizare, este foarte actuală.

Cadrul de studiere la tema de cercetare. În literatura științifică autohtonă și din afara hotarelor țării, doar anumite aspecte legate de subiectul cercetării sunt acoperite pe scară largă. Aspectele teoretice generale ale conceptelor fundamentale precum „eficiență economică”, „indici” și „proiecte” au fost cercetate de majoritatea clasicilor teoriei economice, printre care:

Adam Smith - considerat "părintele economiei moderne", a dezvoltat teoria valorii și a cercetat modul în care piețele funcționează și cum se poate realiza eficiența economică prin intermediul concurenței;

David Ricardo - a dezvoltat teoria avantajului comparativ, care arată cum specializarea și comerțul pot conduce la creșterea eficienței economice și la beneficii reciproce pentru țări;

John Stuart Mill - a dezvoltat ideea de utilitate marginală și a propus că eficiența economică poate fi măsurată prin maximizarea utilității sociale;

Alfred Marshall - a dezvoltat teoria prețului, care a explicat modul în care prețurile sunt stabilite pe piețe, precum și teoria producției și costurilor;

Vilfredo Pareto - a dezvoltat conceptul de eficiență Pareto, care arată cum resursele pot fi alocate astfel încât să fie imposibil să se obțină un beneficiu suplimentar fără a sacrifica alte beneficii.

Cercetări generale privind evaluarea eficienței economice a proiectelor de investiții, inclusiv principiile și metodele de realizare, tehnicile utilizate și indicatorii aplicabili, au fost realizate în mai multe lucrări ale savanților din țară și de peste hotare, inclusiv: S. Albu [12]; A. Barcaru [20], J. Baker [21], I. Blank [22, 23], N. Botnari [24], A. Damodaran [25], V. Livchits [26], M. Nowak [27], V. Platon [28], M. Law [29], S. Todiraș [2], C.A. Abramov [30], V. Esipov [31], P. Vilenskii [32], V. Kovaliov [33, 34], T. Teplova [35] ș.a. Deși ideile expuse și rezultatele obținute de acești autori prezintă o valoare științifică incontestabilă, majoritatea lor au examinat problema din perspectiva impactului criteriilor de eficiență asupra performanței investițiilor, fără a realiza o analiză comparativă aprofundată a acestor criterii prin metode analitice sau de simulare informatică.

În [17-19, 36] se cercetează diverse aspecte ce țin de folosirea indicilor de eficiență pentru compararea proiectelor informatice, inclusiv: clasificarea proiectelor informatice, corelarea dintre unii indici, cercetarea comparativă a unor indici prin metode analitice ș.a. Totodată, în aceste lucrări s-a ajuns la concluzia că, în unele situații, compararea proiectelor informatice prin metode analitice nu este suficientă, deoarece diferă soluțiile obținute la aplicarea unor indici diferiți.

Deci, devine iminentă analiza comparativă a proiectelor informatice prin **simulare informatică**, care reprezintă o soluție viabilă ce oferă un cadru robust pentru evaluarea diferitelor scenarii și pentru identificarea celui mai eficient proiect informatic dintr-un set de alternative.

Scopul cercetării constă în analiza sistemică comparativă, inclusiv prin simulare informatică, a indicilor de estimare a eficienței proiectelor de investiții în informatizare și elaborarea de recomandări privind folosirea acestora.

Pentru a atinge acest scop, au fost stabilite următoarele **obiective ale cercetării**:

- identificarea și sistematizarea indicilor de eficiență a proiectelor de investiții în informatizare;
- elaborarea modelelor de caracterizare comparativă prin simulare informatică a indicilor de eficiență a proiectelor de investiții în informatizare;
- alcătuirea algoritmilor de evaluare comparativă prin simulare informatică a indicilor de eficiență a proiectelor de investiții în informatizare;
- definirea metodicii simulării informatice a caracteristicilor proiectelor de investiții în informatizare;
- dezvoltarea aplicației informatice de cercetare comparativă a indicilor de eficiență a proiectelor informatice;
- cercetarea comparativă a indicilor de eficiență a proiectelor informatice folosind aplicația informatică elaborată;
- elaborarea de recomandări privind aplicarea indicilor de eficiență a proiectelor de investiții în informatizare.

La ipotezele de cercetare se referă:

1. Indicii de eficiență a proiectelor informatice pot fi identificați și sistematizați astfel încât să ofere o bază solidă pentru evaluarea reușită cantitativă a i-proiectelor.

2. Modelele economico-matematice ce se vor propune pentru evaluarea eficienței proiectelor informatice prin i-simulare vor permite o caracterizare comparativă adecvată a indicilor de eficiență, facilitând selecția proiectelor informatice cu o probabilitate de succes mai mare.

3. Metodica simulării informatice va permite evaluarea cu o precizie acceptabilă a caracteristicilor proiectelor informatice, generând rezultate aplicabile în diverse scenarii.

Suportul metodologic și teoretico-științific al cercetărilor. Baza teoretică și metodologică a tezei este constituită din publicațiile științifice în domeniu ale unor savanți autohtoni și din afara hotarelor, cum ar fi: Albu S., Barcaru A., Baker J., Bolun I., Blank I., Botnari N., Damodaran A., Livchits V., Nowak M., Pareto V., Platon V., Todiraș, S., Esipov V., Vilenskii P. ș.a. Cercetările efectuate sunt bazate pe următoarele metode: observarea științifică, abstractizarea, clasificarea, formalizarea, modelarea matematică, teoria algoritmilor, analiza comparativă, actualizarea fluxurilor de numerar, inducția, deducția și simularea informatică.

Problema științifică soluționată constă în caracterizarea cantitativă (în premieră) prin simulare informatică a frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor obținute la folosirea indicilor valoarea adăugată netă, rata internă de rentabilitate și profitabilitatea, eventual în îmbinare cu metoda valorii anuale echivalente, pentru proiecte de informatizare de aceeași durată și de durată diferită și, de asemenea, a gradului influenței folosirii metodei valorii anuale echivalente asupra deciziilor de selectare a proiectelor de informatizare.

Noutatea și originalitatea științifică a cercetărilor constau în:

1. Argumentarea oportunității folosirii simulării informatice pentru determinarea frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor obținute la aplicarea indicilor valoarea adăugată netă (NPV), rata internă de rentabilitate (IRR) și profitabilitatea (PI), eventual împreună cu metoda valorii anuale echivalente (EAV), pentru evaluarea eficienței proiectelor de informatizare.
2. Modelele de simulare informatică pentru analiza comparativă cantitativă a eficienței proiectelor de informatizare de aceeași durată și de durată diferită la folosirea indicilor NPV, IRR și PI, eventual în îmbinare cu metoda EAV.
3. Modelele de simulare informatică pentru estimarea gradului de influență a metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor de informatizare în baza indicilor NPV, IRR și PI.
4. Algoritmii de simulare informatică pentru analiza comparativă cantitativă a proiectelor de informatizare de aceeași durată și de durată diferită la folosirea indicilor NPV, IRR și PI, eventual în îmbinare cu metoda EAV.
5. Algoritmii de simulare informatică pentru analiza gradului influenței folosirii metodei valorii anuale echivalente asupra deciziilor de selectare a proiectelor de informatizare.
6. Metodica analizei comparative cantitative prin simulare informatică a eficienței proiectelor de informatizare.
7. Identificarea că, în medie, soluțiile, obținute la compararea, în baza indicilor NPV, PI și IRR, a eficienței proiectelor informatice de aceeași durată, nu coincid în mai mult de 1/3 din cazuri, iar a eficienței proiectelor informatice de durată diferită, nu coincid în mai mult de 18% din cazuri, dacă nu se utilizează metoda EAV, și depășește 30 %, dacă se utilizează metoda EAV.

Semnificația teoretică rezidă în dezvoltarea cadrului metodologic de analiză comparativă cantitativă prin simulare informatică a proiectelor de investiții în informatizare în baza aplicării unor indici de eficiență relevanți.

Valoarea aplicativă a cercetării. Recomandările procedurale și metodologice elaborate pot fi utilizate în mediul academic și de cercetare pentru dezvoltarea de mai departe a metodologiei de evaluare a eficienței proiectelor informatice. De asemenea, ele pot servi drept ghid practic pentru conducătorii de proiect, specialiștii financiari și cei din domeniul TIC în procesul de luare a deciziilor referitoare la eficiența investițiilor în informatizare. Prin aplicarea acestor recomandări, organizațiile pot raționaliza cheltuielile, pot maximiza beneficiile și pot contribui la creșterea performanței în informatizare, susținând dezvoltarea durabilă și consolidarea competitivității.

Rezultate științifice principale înaintate spre susținere:

1. Identificarea și sistematizarea indicilor relevanți de evaluare a eficienței proiectelor informatice.
2. Modelele de simulare informatică pentru analiză comparativă cantitativă a eficienței proiectelor de informatizare cu aceeași durată și de durată diferită la folosirea indicilor NPV, IRR și PI, eventual în îmbinare cu metoda EAV.
3. Modelele de simulare informatică pentru estimarea gradului influenței folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor de informatizare în baza indicilor NPV, IRR și PI.
4. Algoritmii de simulare informatică pentru analiza comparativă cantitativă a proiectelor de informatizare de aceeași durată și de durată diferită la folosirea indicilor NPV, IRR și PI, eventual în îmbinare cu metoda EAV.
5. Algoritmii de simulare informatică pentru analiză gradului de influență a folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor de informatizare.
6. Metodica analizei comparative cantitative prin simulare informatică a eficienței proiectelor informatice.
7. Rezultatele analizei comparative cantitative prin simulare informatică a frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor obținute la folosirea indicilor NPV, IRR și PI, eventual în îmbinare cu metoda EAV, pentru proiecte de informatizare de aceeași durată și de durată diferită și, de asemenea, a gradului influenței folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor de informatizare.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele obținute și descrise în teză sunt implementate în cadrul a trei companii: Întreprinderea Mixtă Moldo-Romano-Franceză TRIMARAN S.R.L, AUA I „Criuleni” și BIC "VIA SCOPE" S.R.L, confirmând aplicabilitatea și utilitatea metodologiei propuse de comparare a proiectelor de investiții în informatizare prin eficientizarea deciziilor respective.

Aprobarea rezultatelor cercetării. Rezultatele de bază ale tezei au fost discutate în cadrul a patru conferințe științifice și au fost publicate în 8 lucrări, inclusiv, 3 articole în trei reviste științifice recenzate, dintre care una fără coautori; în total, 4 publicații fără coautori.

Volumul și structura tezei: introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, 4 anexe, 136 titluri de surse bibliografice, 120 pagini de text de bază, 29 tabele și 36 figuri.

Sumarul compartimentelor tezei. În *Introducere* sunt argumentate actualitatea și **importanța temei de cercetare**. De asemenea este formulat scopul, sunt definite obiectivele, enumerate ipotezele de cercetare, rezultatele scontate și noutatea științifică a acestora, semnificația teoretică și aplicativă a cercetării.

În Capitolul 1, intitulat "*Bazele conceptuale ale evaluării proiectelor informatice*", în baza studierii stării de lucruri în domeniu și a particularităților proiectelor de informatizare, este argumentată oportunitatea și sunt definite cerințele metodologice de evaluare comparativă prin simulare informatică a indicilor NPV, IRR și PI (eventual împreună cu metoda EAV) de eficiență a proiectelor de informatizare. De asemenea, prin definirea scopului, obiectivelor și a dezvoltărilor potențiale în domeniu, este formulată problema de cercetare la tema tezei.

Capitolul 2, intitulat "*Modele și algoritmi în simularea informatică pentru analiza comparativă a proiectelor informatice*" cuprinde sistematizarea aspectelor de evaluare comparativă cantitativă a proiectelor informatice, inclusiv cele de reducere a numărului indicilor de la 16 la 3 și, de asemenea, modele și algoritmi de realizare a modelelor pentru 21 de scenarii de simulare informatică, în scopul determinării frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor de evaluare a eficienței proiectelor informatice la aplicarea indicilor NPV, IRR și PI, eventual împreună cu metoda EAV, dar și în scopul estimării gradului influenței folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a i-proiectelor.

În Capitolul 3, intitulat "*Rezultatele cercetării comparative prin simulare informatică a indicilor de eficiență*" sunt descrise metodica analizei comparative cantitative prin simulare informatică a eficienței proiectelor informatice, frecvența cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale pentru i-simulare și rezultatele determinării, prin simulare informatică, a frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor de evaluare a eficienței proiectelor informatice la aplicarea indicilor NPV, IRR și PI, eventual împreună cu metoda EAV, dar și a gradului influenței folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor informatice.

Fiecare capitol se încheie cu expunerea concluziilor de bază și specificarea principalelor rezultate obținute și descrise în cadrul acestuia.

Compartimentul *Concluzii generale și recomandări* conține principalele constatări și rezultate ale prezentei cercetări, dar și unele recomandări privind cercetările potențiale de mai departe în domeniu și posibilele aplicări ale rezultatelor obținute.

Anexele conțin descrierea generală a aplicației informatice SIMINV și trei certificate de implementare a principalelor rezultate ale cercetării din cadrul tezei.

1. BAZELE CONCEPTUALE ALE EVALUĂRII PROIECTELOR INFORMATICE

Evaluarea eficienței proiectelor de investiții în informatizare reprezintă o necesitate pentru agenții economici, având un impact semnificativ asupra performanței organizaționale. Analiza comparativă a criteriilor de eficiență a investițiilor în informatizare a devenit esențială în contextul evoluției rapide a tehnologiilor informaționale și de comunicație (TIC). Astfel, în acest capitol sunt descrise conceptele fundamentale ce țin de evaluarea eficienței investițiilor în informatizare, pe baza publicațiilor științifice relevante, inclusiv articole, monografii și a altor surse recente din literatura de specialitate. Cercetările din acest capitol sunt orientate la înțelegerea particularităților evaluării, a metodelor și indicilor utilizați, precum și a rolului simulării informatice în analiza comparativă a criteriilor de eficiență.

Un aspect important în acest context este identificarea și aplicarea unor metodologii de evaluare comparativă care să țină cont de specificul proiectelor informatice. Metodele tradiționale de evaluare a investițiilor, utilizate în alte domenii, nu întotdeauna sunt adecvate pentru proiectele de investiții în informatizare, acestea implicând o dinamică rapidă și cerințe complexe. Astfel, este necesară adaptarea criteriilor și metricilor de evaluare la evoluțiile TIC și la nevoile specifice ale organizațiilor, asigurând relevanța acestora în procesul decizional.

Pentru a evalua eficiența proiectelor informatice, este esențială utilizarea unor grupuri de indici care să reflecte atât performanțele financiare, cât și impactul asupra activității organizației. Acești indici trebuie să ofere o imagine completă asupra eficienței proiectelor informatice, luând în considerare dimensiuni multiple, precum costurile operaționale, beneficiile pe termen lung și impactul asupra competitivității. Abordarea integrativă menționată permite luarea unor decizii bazate pe o analiză comparativă și informată. Însă, pentru ca analiza comparativă a indicilor să fie realizată eficient, simularea informatică devine indispensabilă.

În capitol sunt discutate specificul și abordări (Secțiunea 1.1), cerințe metodologice (Secțiunea 1.2), metode și tehnici (Secțiunea 1.3), inclusiv simularea informatică (Secțiunea 1.4), la evaluarea eficienței proiectelor informatice. În baza acestora sunt definite dezvoltări potențiale și rezultate preconizate ale cercetărilor la tema tezei (Secțiunea 1.5).

1.1. Specificul și abordări la evaluarea eficienței proiectelor informatice

Pentru dezvoltarea economiei, creșterea bunăstării societății și asigurarea unui mediu de afaceri sustenabil și durabil sunt esențiale investițiile în fiecare sector economic. Creșterea lor în economie reprezintă una dintre cele mai eficiente măsuri pentru stimularea nu doar a dezvoltării generale, ci și a schimbărilor structurale, care contribuie la stabilizarea ritmurilor de creștere economică. În acest context, investițiile în informatizare sunt deosebit de importante, deoarece ele

conduc la modificări majore de ordin economic și social, datorită dezvoltării rapide a noilor modalități de comunicare, procesare și stocare a informației, asigurând astfel stabilitate și competitivitate companiilor.

Investiția, în sensul său larg, este renunțarea la bani astăzi în speranța de a primi mai mulți în viitor. Conform Legii Republicii Moldova Nr. 81 din 18-03-2004 cu privire la investițiile în activitatea de întreprinzător, investițiile sunt definite ca fonduri monetare și active materiale, imateriale și financiare evaluate în conformitate cu legile și alte acte juridice, care sunt investite în scopul obținerii de profit. Referitor la investițiile în informatizare, acestea pot fi descrise ca implicarea unor forme de capital cu scopul de a obține profit și eficiență în viitor, bazat pe principiile pieței și legat de factori de timp, costuri minime, calitate, risc și securitate.

Investițiile în informatizare se efectuează prin intermediul proiectelor informatice care reprezintă un set de activități interdependente, derulează potrivit unui plan și necesită costuri bine determinate, pentru a atinge un obiectiv stabilit și a oferi rezultate într-o perioadă de timp bine delimitată [12].

Conform cercetătorilor M. Mocanu și C. Schuster [13], proiectele de investiții în informatizare se încadrează în categoria proiectelor de cercetare și dezvoltare. Aceste proiecte implică implementarea soluțiilor informatice, precum sisteme soft, platforme, echipamente și rețele de calculatoare, cu scopul de a îmbunătăți procesele de afaceri, eficiența operațională și competitivitatea organizației.

Particularitățile contribuțiilor economice ale produselor informatice impun modalități specifice de calculare a profitului anual P . Mai mult ca atât, în funcție de specificul produsului informatic, valoarea indicelui P poate fi calculată în mod diferit. În cele ce urmează se vor descrie trei asemenea cazuri [13, 37]:

- 1) cazul general;
- 2) proiectul informatic pentru îndeplinirea unor funcții care deja se realizează (sau o altă alternativă de realizare a i-proiectului) la aceeași performanță;
- 3) proiectul informatic ca o componentă a unui alt produs (produs complex), numai pentru care pot fi evaluate rezultatele utilizării.

Fiecare din aceste trei cazuri este prezentat în cele ce urmează.

Cazul 1.1 - general. Valoarea P se calculează ca [13]:

$$P = \frac{U_{\text{prop}} - U_{\text{bază}}}{U_{\text{bază}}} \cdot P_{\text{bază}} + (c_{\text{bază}} - c_{\text{prop}}) \cdot U_{\text{prop}} \quad (1.1)$$

unde: $U_{\text{bază}}$, U_{prop} – volumul anual al producției până la și după implementarea i-proiectului;

$P_{\text{bază}}$ – profitul anual de la realizarea producției înainte de implementarea i-proiectului;

$c_{\text{basic}}, c_{\text{prop}}$ – costurile de producție pe o unitate monetară de producție fabricată înainte și, respectiv, după punerea în aplicare a proiectului informatic;

$(c_{\text{basic}} - c_{\text{prop}}) \cdot U_{\text{prop}}$ – creșterea anuală a profitului pe baza reducerii costurilor de producție;

$\frac{U_{\text{prop}} - U_{\text{bază}}}{U_{\text{bază}}} \cdot P_{\text{bază}}$ – creșterea anuală a profitului pe baza creșterii volumului producției.

Cazul 1.2. Acesta compară varianta propusă cu versiunea de bază (de comparație – existentă sau o altă alternativă de realizare a proiectului informatic), calculându-se profitul anual de la înlocuirea versiunii de bază cu cea propusă. Deoarece, prin definiție, performanțele realizării funcțiilor pentru varianta propusă (U_{prop}) și cea de bază ($U_{\text{bază}}$) sunt echivalente, adică $U_{\text{prop}} = U_{\text{bază}}$, profitul de la folosirea produsului informatic poate fi doar în baza reducerii costurilor de producție anuale. De aceea în acest caz formula (1.1) se reduce la

$$P = (c_{\text{basic}} - c_{\text{prop}}) \cdot U_{\text{prop}} = C_{\text{basic}}^P - C_{\text{prop}}^P, \quad (1.2)$$

unde $C_{\text{bază}}^P, C_{\text{prop}}^P$ sunt costurile anuale de producție pentru varianta de bază și, respectiv, varianta propusă la un volum anual de producție U_{prop} .

Cazul 1.3. Valoarea P se calculează pe baza redistribuirii profitului obținut de la utilizarea produsului complex în ansamblu P^X , luând în considerare cota contribuției la aceasta a variantei propuse [13]:

$$P = P^X \frac{G}{G^X}, \quad (1.3)$$

unde G^X, G sunt indici referitori la produsul complex în ansamblu și, respectiv, la proiectul informatic propus, utilizați pentru calcularea cotei contribuției. Ca atare, în calitate de asemenea indici ar putea servi laboriozitatea proiectării produsului complex și, respectiv, cea a produsului informatic ca o componentă a acestuia. Valoarea P^X se calculează în conform Cazului 1.1 (formula (1.1)) sau Cazului 1.2 (formula (1.2)).

De menționat, că folosirea pentru calcule a expresiilor (1.1)-(1.3) poate fi, în unele cazuri, mai simplă decât folosirea fluxurilor de numerar aferente.

Conform Cazurilor 1.1-1.3, pentru determinarea profitului proiectelor informatice, fiecare abordare oferă o perspectivă distinctă asupra evaluării financiare a i-proiectului. Rezultatul final, obținut din aceste evaluări, este esențial pentru luarea unor decizii informate aferente. În Cazul 1.1, accentul este pus pe evaluarea profitului anual în funcție de volumul și costurile de producție. Cazul 1.2 se axează pe comparația dintre varianta propusă și varianta de bază, luând în considerare doar reducerea costurilor de producție. În Cazul 1.3, evaluarea profitului se face în contextul unui produs complex, iar proiectul informatic contribuie la profitul total al acestuia.

În același timp, investițiile în informatizare au o structură complexă de returnare, iar unele cercetări (a se vedea, de exemplu, [38, 39, 40]) sugerează că aceste investiții nu întotdeauna oferă un randament pozitiv evident. De asemenea, alte cercetări subliniază diverse tipuri de returnări ale investițiilor, inclusiv beneficii aduse de proiecte informatice. Lucrările coordonate de Z. Irani și P. Love (a se vedea [41]) identifică mai multe tipuri de beneficii: de consum, calitative, de gestiune, de reglementare și financiare. Aceste beneficii sunt clasificate în grupuri operaționale, tactice și strategice, fiecare având indici de eficiență diferiți [42].

Pe măsură ce se trece de la beneficiile operaționale la cele tactice și apoi la cele strategice, indicii de eficiență evoluează de la cei predominant tangibili (măsurabili) la cei predominant intangibili (nemăsurabili). În procesul de analiză comparativă a proiectelor informatice, este important să se compare beneficiile fiecărui i-proiect în mod similar.

Clasificarea principalilor abordări de evaluare a beneficiilor proiectelor informatice, conform diferitelor lucrări științifice, este prezentată în Tabelul 1.1 (bazat pe [13, 43, 44]). Această clasificare accentuează modul în care beneficiile sunt evaluate în funcție de tipul și impactul proiectelor informatice.

În evaluarea și analiza comparativă a eficienței proiectelor informatice, este esențial să se adopte o abordare holistică, care să integreze multiple perspective și instrumente analitice.

1.2. Cerințe metodologice privind evaluarea comparativă a eficienței proiectelor informatice

Evaluarea comparativă a criteriilor de eficiență a proiectelor informatice este esențială în contextul progresului tehnologic și al creșterii dependenței de soluțiile informatice în diverse industrii. Din cauza complexității și costurilor ridicate asociate proiectelor informatice, selectarea celui mai eficient i-proiect este o prioritate strategică. Una dintre provocările majore constă în realizarea unei analize comparative adecvate, bazate pe diverși indici de eficiență care să determine proiectul informatic ce oferă cel mai bun raport dintre costuri și beneficii.

Starea actuală a evaluării proiectelor informatice evidențiază nu doar diversitatea metodologiilor utilizate, ci și nevoia urgentă de a integra o analiză comparativă riguroasă a acestor criterii. Unificarea metodologiilor este necesară pentru a asigura aplicabilitatea lor uniformă în diferite organizații și pentru a permite compararea rezultatelor între diverse proiecte informatice.

Tabelul 1.1. Clasificarea abordărilor de analiză a beneficiilor proiectelor informatice

Categorie	Cercetători	Analiza la nivelul proiectelor individuale	Se bazează pe indicatori financiari	Include evaluarea beneficiilor intangibile
Influența asupra indicilor numerici ai activității întreprinderii. <i>Legătura dintre factorii IT și indicii de eficiență ai organizației</i>	Brealey [45], Brynjolfsson [46], Remenyi [47], Strassmann [48]	Nu	Da	Da
Evaluarea pe baza abordării resurselor. <i>IT-ul este considerat ca una dintre resursele întreprinderii</i>	Brynjolfsson[46], McKeen, Smith [49], Kettinger [50]	Nu	Da	Nu
Contribuția la indicii de performanță orientați pe afaceri. <i>Sistem structurat de indici legați de rezultatele afacerii și strategie</i>	Kaplan, Norton [51], Symons [52], Grunden [53], Aniniin [54]	Da	Da	Nu
Evaluarea valorii informației. <i>Valoarea IT este valoarea informației procesate</i>	Ahituv [55], Hubbard [56]	Da	Nu	Da
Îmbunătățirea proceselor. <i>Evaluarea eficienței proiectului informatic prin evaluarea îmbunătățirii proceselor de afaceri</i>	Davenport [57], Kreamer, Mooney [58], Brynjolfsson [59], Devaraj, Kohli [60]	Nu	Nu	Da
Valoarea ca aliniere la obiective. <i>Evaluarea gradului de realizare a obiectivelor de către proiectul informatic</i>	Ahituv [55], Keen [61], Irani, Love [41]	Da	Nu	Da
Valoarea ca îmbunătățire a calității serviciilor. <i>Evaluarea îmbunătățirii serviciilor pentru clienți și interacțiunii cu furnizorii</i>	Broadbent, Butler [63], Pitt, Rigotti [64]	Da	Nu	Da
Beneficii calitative. <i>Analiza influenței asupra caracteristicilor calitative ale activității</i>	DeLone [65], Remenyi [66]	Da	Nu	Nu

Sursa: elaborat de autor

Cerințele pentru metodologiile de evaluare comparativă a eficienței proiectelor informatice pot fi sintetizate astfel [20, 67]:

- metodologia trebuie să permită o comparație directă și echitabilă între diferite proiecte, folosind criterii uniforme de evaluare;

- metodele utilizate trebuie să fie algoritmizate și să respecte principiile teoretice universal acceptate, pentru a asigura coerența evaluării în toate proiectele analizate;
- metodologia trebuie să fie suficient de flexibilă pentru a lua în considerare variabilitatea datelor și incertitudinile economice și tehnologice;
- metodologia trebuie să asigure comparabilitatea rezultatelor între proiectele informatice.

Prin urmare, o metodologie bazată pe aceste cerințe trebuie să fie capabilă să diferențieze clar efectele specifice ale implementării unui proiect informatic de alte schimbări operaționale din organizație. Totodată, analiza comparativă a criteriilor de eficiență trebuie să permită o evaluare obiectivă unificată a proiectelor informatice, facilitând selectarea celui mai eficient proiect pe baza unor criterii cuantificabile și bine definite.

În prezenta cercetare, sunt stabilite următoarele cerințe către metodologia de evaluare comparativă cantitativă a criteriilor de eficiență a proiectelor informatice:

- metodologia trebuie să permită compararea beneficiilor aduse de diferite proiecte informatice, utilizând criterii financiare bine definite;
- metodologia trebuie să minimizeze influențele subiective, asigurând o evaluare bazată pe factori obiectivi și măsurabili;
- analiza comparativă trebuie să faciliteze luarea unor decizii informate, oferind un cadru clar pentru compararea eficienței proiectelor informatice.

Din Tabelul 1.1, se poate observa că abordările moderne de evaluare a eficienței proiectelor informatice variază considerabil. O analiză comparativă riguroasă necesită dezvoltarea unor modele economico-matematice pe măsură.

1.3. Metode și indici pentru evaluarea eficienței proiectelor informatice

1.3.1. Aspecte de evaluare a eficienței proiectelor informatice

Încă din anii 1970', o perioadă marcată de intensificarea informatizării în diverse domenii, analiza proiectelor de informatizare se realiza utilizând o gamă variată de indici. Printre acești indici se regăseau și [30, 37]: efectul economic anual, creșterea ratei și/sau a masei profitului, durata recuperării investițiilor, creșterea rentabilității producției ș. a.

Multe dintre aceste metrici au rămas relevante în timp, demonstrându-și utilitatea în evaluarea proiectelor informatice. Cu toate acestea, în decursul anilor au fost propuși și alți indici pentru a reflecta mai complet specificul proiectelor de investiții. De exemplu, în țările cu economie de piață au devenit frecvent utilizați așa indici precum valoarea actualizată netă [68-74], rata internă de rentabilitate [69, 74-80], fluxul de numerar actualizat [80-87], costul total de proprietate [88-90], costul total de proprietate actualizat [31] ș. a. Acești indici s-au dovedit a fi mai oportuni pentru evaluarea proiectelor informatice într-o lume caracterizată de schimbări rapide și evoluție tehnologică continuă. Totodată, se disting și mai mulți indici de estimare a nivelului dezvoltării societății informaționale [91]. De asemenea, pentru evaluarea activității IMM-urilor se aplică diverse abordări econometrice [92].

Indicii utilizați la determinarea eficienței proiectelor se grupează în mai multe categorii de indici [12, 30, 32, 74, 90]: generali, particulari; cantitativi, calitativi; statici, dinamici; de cost; tehnici, naturali; sintetici, analitici; complecși; de bază, auxiliari; inițiali, derivați; prestabiliți, necesari; specifici; de limită etc. Bineînțeles, pentru i-proiecte se cercetează un set redus de indici. De asemenea, în funcție de produsul informatic cercetat și domeniul utilizării acestuia, setul de indici oportun poate fi diferit. Totodată, unii indici pot fi folosiți ca și criterii de optimizare la selectarea alternativelor, iar valorile altora - ca restricții necesare. De exemplu, în calitate de restricții la crearea produselor informatice deseori se folosesc: volumul maxim de investiții, durata maximă de recuperare a investițiilor ș.a.

În acest context, indicii utilizați la evaluarea eficienței proiectelor informatice trebuie să poată fi ușor calculați și evaluați, iar interpretarea lor să răspundă cerințelor decidentului.

De precizat că, în conformitate cu îndrumarul [16], indicele principal de eficiență economică a produselor informatice la etapa de proiectare este considerat efectul economic anual, iar la etapa de implementare și folosire a produsului informatic este profitul anual și coeficientul de eficiență economică a investițiilor (rata de rentabilitate) sau durata recuperării investițiilor. Așadar, pentru folosirea indicilor cantitativi de eficiență a produselor informatice este necesară, mai întâi, elucidarea esenței și a formulelor de calculare a acestora. Calculele au la bază valorile costurilor, prețurilor, tarifelor etc. la momentul efectuării acestora. În calcule, valorile indicilor trebuie să fie comparabile: în timp, după elementele de cheltuieli, după prețuri și tarife.

Cel mai sintetic indice de redare a eficienței activității economice a unui agent economic în ansamblu este considerată rata profitului [3, p. 19]. Aceasta reflectă rezultatul direct al investițiilor, fie ele în infrastructura întreprinderii sau în proiecte de informatizare. În [13] se consideră că efectul investițiilor reale la nivelul întreprinderii este determinat de sporul profitului; totodată, pentru argumentarea și analiza eficienței economice a investițiilor, ca indice sinteză se recomandă folosirea duratei de recuperare a investițiilor și a investiției specifice, ținând cont, în același timp, și de așa indici ca: productivitatea muncii, randamentul fondurilor, costul producției, calitatea și nivelul tehnic al producției, resursele materiale aferente producției ș.a.

În recomandările metodice [14], ca indici de bază pentru estimarea eficienței economice a proiectelor investiționale sunt specificați: valoarea netă, valoarea actualizată netă, rata internă de rentabilitate, rata de rentabilitate a investițiilor, durata recuperării investițiilor și indici ce caracterizează starea financiară a întreprinderii participante la proiect. Indicii cei mai frecvent folosiți pentru evaluarea unei investiții conform [15] sunt: valoarea actualizată netă și rata internă de rentabilitate, iar conform [16] - valoarea actualizată netă, rata internă de rentabilitate, indicele de profitabilitate și durata recuperării investițiilor.

Criteriile financiare angrenate de Banca Mondială în vederea alegerii unui proiect de investiții sunt: durata recuperării investițiilor, valoarea actualizată netă, rata de actualizare, rata

internă de rentabilitate, rata de rentabilitate contabilă, indicele de profitabilitate [11]. Prezintă interes, de asemenea, așa indici frecvent folosiți ca [3, 12, 14, 80]: randamentul economic al investițiilor, cheltuielile ajustate, angajamentul de capital, costul global, profitul net, raportul venituri/costuri și indicele de profitabilitate.

Pentru estimarea eficienței soluțiilor de elaborare și folosire a proiectelor informatice, este oportună aplicarea a două grupuri de indici [17]:

- 1) indici ce țin de eficiența economică a produselor informatice propuse comparativ cu varianta de bază.
- 2) indici de îmbunătățire a soluțiilor existente privind funcționarea produselor informatice.

În linii mari, aceștia includ: productivitatea activităților beneficiarilor finali, care măsoară creșterea eficienței după implementarea proiectului informatic; scalabilitatea, care reflectă capacitatea sistemului de a susține mai mulți utilizatori fără a afecta performanța; încărcarea sistemului, care indică nivelul de utilizare a resurselor informatice; timpul de nefuncționare, care arată reducerea perioadelor în care sistemul nu funcționează. În primul grup sunt incluși indicii frecvent folosiți cum ar fi [3, 12, 14, 30, 37, 73, 80]: rata profitului, efectul economic anual, rata de rentabilitate a investițiilor, durata recuperării investițiilor, randamentul economic al investițiilor, cheltuielile ajustate anuale, cheltuielile ajustate, valoarea netă, rata internă de rentabilitate, cheltuielile totale cu proprietatea, inclusiv (sau doar) valorile actualizate ale acestora în cazurile respective. De asemenea [17], în cazul unei rețele de calculatoare de tehnologie xEthernet, grupul al doilea cuprinde indicii ce caracterizează funcționarea acesteia și servirea utilizatorilor rețelei. La aceștia se referă: reținerea medie în rețea a unui pachet de date transmis de la o stație la alta; numărul maxim de stații ce pot funcționa în rețea la satisfacerea cerințelor privind calitatea serviciilor solicitate și încărcarea mediului de transfer date.

Dintr-o altă perspectivă, pentru clasificarea indicilor utilizați în estimarea eficienței proiectelor informatice, se pot aplica două grupuri principale și anume *indici financiari* și *indici non-financiari* [94, 95]. **Indicii financiari** țin de evaluarea performanței financiare a proiectului informatic: veniturile, cheltuielile, profitul și fluxurile de numerar. La indici financiari se referă și rata de rentabilitate a capitalului propriu, rata de rentabilitate a investițiilor, fluxul de numerar, rata profitului, efectul economic anual, durata recuperării investițiilor, randamentul economic al investițiilor, cheltuielile ajustate anuale, cheltuielile ajustate, valoarea netă, rata internă de rentabilitate și cheltuielile totale cu proprietatea. **Indicii non-financiari** țin de alte aspecte ale proiectului informatic cum ar fi satisfacția clientului, impactul social și ambiental al i-proiectului, nivelul de inovare. Pentru ca un proiect informatic să fie considerat de succes, este important să se utilizeze ambele grupuri de indici.

Descrierea succintă a unor indici folosiți frecvent pentru evaluarea eficienței investițiilor în proiecte informativ este redată în Secțiunea 1.3.2.

1.3.2. Indici uzuali de eficiență a produselor informatice

Conform informației din Scțiunea 1.3.1, la indici frecvent folosiți pentru estimarea eficienței economice a proiectelor informatice se referă: *rata profitului, rata de rentabilitate a investițiilor, volumul investițiilor, durata recuperării investițiilor, durata actualizată de recuperare a investițiilor, randamentul economic al investițiilor, valoarea netă, valoarea actualizată netă, rata internă de rentabilitate, rata de rentabilitate contabilă, indicele de profitabilitate, efectul economic anual, cheltuieli ajustate anuale, cheltuieli ajustate, cheltuieli totale cu proprietatea și cheltuieli totale anuale cu proprietatea*. Multitudinea criteriilor de eficiență a proiectelor informatice folosiți se explică prin diversitatea aspectelor ce caracterizează situațiile-problemă aferente [18]. Acești indici sunt descriși succint în cele ce urmează în această secțiune.

Rata profitului (RP) este cel mai sintetic indice ce exprimă eficiența întregii activități economice a proiectului informatic deoarece acesta reflectă cel mai bine capacitatea unui i-proiect de a obține profit, beneficiu. Acest indice este cunoscut și sub alte denumiri: rata rentabilității, profitabilitatea sau rentabilitatea. Așadar, RP caracterizează capacitatea produsului informatic de a produce profit și se calculează ca [3, p. 19]:

$$RP = \frac{P}{C^P}, \quad (1.4)$$

unde P este profitul net anual, iar C^P – cheltuielile de producție anuale cu produsul informatic.

În calculele se optează pentru varianta la care rata profitului este cea mai mare. Sursă de informație pentru analiza ratei profitului servește raportul dintre venituri și cheltuieli.

Rata de rentabilitate a investițiilor (*Return on Investment – ROI*, eng.) R^I determină cota recuperării investițiilor în decursul unui an de folosire a produsului și se calculează ca [2, 73]:

$$R^I = \frac{P}{I^C}, \quad (1.5)$$

unde I^C sunt investițiile cu proiectul informatic. În unele cazuri, în formula (1.5) în loc de profitul anual P se folosește fluxul de numerar CF anual [11, p. 72; 12, p. 68].

De menționat, că dacă durata însușirii investițiilor depășește un an, atunci pentru I^C este oportun de folosit valoarea actualizată, iar pentru indicele P – valoarea medie anuală actualizată pe durata proiectului informatic; uneori, pentru P se ia valoarea profitului în primul an de folosire a produsului [2, 80]. Profitul net anual mediu actualizat P , când durata proiectului informatic depășește un an, se calculează ca:

$$P = \frac{P^L}{D} = \frac{1}{D(1+d)^\tau} \sum_{t=1}^D \frac{P_t}{(1+d)^t}, \quad (1.6)$$

unde P^L este profitul sumar actualizat pe întreaga perioadă, P_t - profitul net în perioada (luna, anul etc.) t de folosire a produsului, $L = \tau + D$ - durata desfășurării i-proiectului, τ - durata implementării i-proiectului, D - durata folosirii produsului/serviciului, iar d - rata de actualizare.

Profitul sumar actualizat pe întreaga perioadă se calculează ca:

$$P^L = \sum_{i=\tau+1}^L \frac{P_{i-\tau}}{(1+d)^i} = \frac{1}{(1+d)^\tau} \sum_{t=1}^D \frac{P_t}{(1+d)^t}. \quad (1.7)$$

Astfel, rata de rentabilitate a investițiilor R^I , în cazul actualizării profitului pe întreaga durată, se calculează conform relației:

$$R^I = \frac{P}{I^C} = \frac{P^L}{DI^C}. \quad (1.8)$$

Investițiile se consideră oportune, dacă are loc relația $R^I \geq R^N$ sau, în cazul când se compară mai multe proiecte informatice, de preferat este proiectul cu valoarea R^I mai mare. Aici R^N este rata normativă de rentabilitate a investițiilor și reprezintă norma de eficiență minimă a investițiilor, altfel investițiile sunt inoportune. Această normă poate fi una internă pentru o firmă anume, una de sector al economiei sau una pentru economia națională în ansamblu. De exemplu, în fosta URSS valoarea acestui indice pentru economie în ansamblu era egală cu 0,15 [13, p. 450; 37], în România valoarea acestuia este 0,2 [96, p. 179], iar pentru sectorul informaticii – cu 0,35 [13, p. 450; 37].

Principalele cai de sporire a ratei de rentabilitate a investițiilor sunt, de fapt, căile de creștere a profitului final, după cum urmează: reducerea duratei recuperării investiției; reducerea cheltuielilor de realizare a proiectului; prelungirea duratei de funcționare a produsului; creșterea valorii proiectului prin sporirea producției fizice, sporirea calității produsului.

Volumul actualizat al investiției (I^C) se determină ca

$$I^C = \sum_{t=1}^{\tau} \frac{I_t^C}{(1+d)^t}. \quad (1.9)$$

Durata recuperării investițiilor T (Payback Period, eng.) [74] reprezintă perioada de timp de la momentul lansării în funcțiune a produsului informatic și până la momentul când profitul sumar, datorat acestuia, se echivalează cu volumul investițiilor. Numeric aceasta este egală, în varianta statică, cu mărimea inversă a ratei de rentabilitate a investițiilor R^I [30]:

$$T = \frac{1}{R^I} = \frac{I^C}{P}. \quad (1.10)$$

Investițiile suplimentare se consideră oportune economic, dacă acestea se recuperează de reducerea cheltuielilor curente în cadrul duratei normative de recuperare T^N , adică [30]

$$T \leq T^N = \frac{1}{R^N}. \quad (1.11)$$

La compararea mai multor proiecte informatice, se optează pentru varianta de investire care asigură cea mai rapidă recuperare a capitalului investit.

Mai exactă este ***durata actualizată de recuperare a investițiilor T_a*** – indice ce ia în considerație și factorul timp. Aceasta, ținând cont de fluxurile de numerar cu proiectul, se determină ca [32]

$$T_d = n + \frac{I^C - P(n)}{P_{n+1}}, \quad (1.12)$$

unde,

$$P(j) = \sum_{t=1}^j \frac{P_t}{(1+d)^t}, \quad (1.13)$$

d este rata de actualizare, P_t – profitul net în anul t , iar n se determină din relațiile

$$P(n) \leq I^C \leq P(n+1), \quad n+1 \leq D. \quad (1.14)$$

Formula (1.11) este valabilă pentru cazul creșterii proporționale în timp a profitului în cadrul anului (intervalului de actualizare) $n+1$. Evident, că la valori mai mici ale n formula (1.12) redă mai adecvat situația reală. Dacă $n > D$, atunci investițiile nu se recuperează. Ținând cont de relația inversă dintre durata de recuperare a investițiilor și rata de rentabilitate a acestora, se putea calcula rata actualizată R_d^I de rentabilitate a investițiilor conform formulei

$$R_d^I = \frac{1}{T_d}, \quad (1.15)$$

deși valoarea acesteia, ca și cea a indicelui T_d (sau a indicilor T și R^I), se referă doar la intervalul $[1, T_d]$ (sau doar la intervalul $[1, T]$) și nu la întreaga durată D de folosire a produsului analizat. Eficiența economică a proiectului informatic după recuperarea investițiilor, adică în intervalul $[T_d, D]$, se caracterizează de randamentul economic al investițiilor.

Randamentul economic al investițiilor R^{EI} asigură comparabilitatea între profitul final obținut în urma realizării proiectului informatic și efortul investițional [2, p. 51; 12, p. 69]:

$$R^{EI} = \frac{P^L - I^C}{I^C} = \frac{P^L}{I^C} - 1, \quad (1.16)$$

De menționat că indiciile R^{EI} este mai cuprinzător, decât rata R^I de rentabilitate a investițiilor și poate fi utilizat și sub denumirea de [3, p.52] **indice general de eficiență economică a investițiilor**.

Valoarea Netă (Net Value – **NV**, *eng.*), un indice frecvent folosit în economiile de piață pentru estimarea proiectelor de lungă durată [14]. Aceasta reprezintă fluxul sumar de numerar pentru întreaga perioadă $L = \tau + D$ de desfășurare a proiectului informatic, adică

$$NV = \sum_{t=1}^L CF_t \quad (1.17)$$

unde CF_t este fluxul de numerar în anul t . Expresia (1.17) poate fi prezentată în forma

$$NV = \sum_{t=1}^L (P_t + AA_t - I_t^C) \quad (1.18)$$

unde: I_t^C sunt investițiile în anul t ; P_t – profitul în anul t , iar AA_t – amortismentul în anul t .

Este preferabil proiectul cu o valoarea neta NV mai mare.

Valoarea actualizată netă (*Net Present Value – NPV*, eng.) exprimă surplusul de valoare ce revine investitorului către sfârșitul duratei de viață a investiției și se determină ca diferență dintre fluxurile de intrări viitoare actualizate și mărimea capitalului investit [12, 74]

$$NPV = \sum_{t=1}^L \frac{CF_t}{(1+d)^t} \quad (1.19)$$

unde d este rata de actualizare (aceasta poate și dependentă de t), iar L – durata desfășurării proiectului informatic. La calcularea NPV, valoarea ratei d se ia, de obicei, egală cu valoarea costului mediu ponderat al capitalului (*Weighted Average Cost of Capital - WACC*, eng.). Expresia (1.19) poate fi prezentată și în forma

$$NPV = \sum_{t=1}^L \frac{P_t + AA_t - I_t^c}{(1+d)^t}, \quad (1.20)$$

De obicei, contribuțiile de la un produs apar doar după însușirea investițiilor cu acesta. Dacă investițiile durează mai mult de un an, atunci expresia (1.20) poate fi prezentată în forma

$$NPV = - \sum_{t=1}^{\tau} \frac{I_t^c}{(1+d)^t} + \sum_{t=\tau+1}^L \frac{P_t + AA_t}{(1+d)^t} = \sum_{t=\tau+1}^L \frac{CF_t}{(1+d)^t} - I^c \quad (1.21)$$

unde: τ este durata de însușire a investițiilor, D – durata de folosire a produsului, iar $L = \tau + D$ este durata totală a proiectului. Alternativa preferabilă de investire este aceea care asigură cea mai ridicată NPV. Aceasta trebuie să fie pozitivă și mai mare decât valoarea compusă care ar rezulta, dacă fluxurile de numerar pozitive ar fi reinvestite permanent pe piață de capital la nivelul ratei d .

Rata internă de rentabilitate (*Internal Rate of Return – IRR*, eng.) reprezintă acea rată de actualizare, pentru care indicele NPV are valoarea zero; deci, ținând cont de (1.21), valoarea IRR se determină din ecuația

$$- \sum_{t=1}^{\tau} \frac{I_t^c}{(1+IRR)^t} + \sum_{t=\tau+1}^L \frac{P_t + AA_t}{(1+IRR)^t} = 0, \quad (1.22)$$

Cunoscând valoarea IRR, se poate afirma că dacă $IRR < d$, atunci NPV va avea valoare negativă, deci proiectul nu este eficient și invers - dacă $IRR > d$, atunci $NPV > 0$ și, conform indicelui NPV, proiectul poate fi acceptabil. Dintre alternativele de investiții, ce se caracterizează prin valori ale NPV apropiate, se dă prioritate celei cu cea mai mare valoare a IRR.

De menționat că pot fi comparate după IRR doar alternativele de investiții cu o durată de folosire a produselor informatice respective egale sau aproximativ egale; altfel rezultatele obținute pot fi neadecvate: alternativele de investiții pot fi ordonate incorect [12, p. 83]. Există și modalități de comparare a proiectelor de durată diferită [80]. De asemenea, ordonarea alternativelor de investiții după IRR poate să difere de cea după NPV [96]. De aceea se recomandă folosirea împreună a acestor doi indici.

Rata de rentabilitate contabilă este cunoscută și ca rată de rentabilitate medie sau rată de rentabilitate simplă. Indicele este mai ușor de calculat, dar nu ține cont de valoarea temporală a banilor (de factorul timp). Se determină ca raportul dintre profitul anual mediu realizat de investiție pe durata de viață a proiectului la volumul investiției anuale medii [11, p. 75].

Indicele de profitabilitate (*Profitability Index* - PI, eng.) exprimă rentabilitatea relativă pe durata de viață a proiectului [11, p. 75] și, ținând cont de (1.21), se determină ca

$$PI = \frac{1}{I^C} \sum_{t=r+1}^L \frac{CF_t}{(1+d)^t} = \frac{NPV + I^C}{I^C} = 1 + \frac{NPV}{I^C}, \quad (1.23)$$

El specifică mărimea profitului actualizat ce revine la un leu de capital investit. Conform acestui indice, se acceptă proiectul care asigură cea mai înaltă valoare a PI.

Efectul economic anual E se determină ca diferența dintre profitul net anual P , datorat produsului informatic în cauză, și profitul normativ $R^N I^C$ [11]

$$E = P - R^N I^C. \quad (1.24)$$

Indicele E arată cu cât profitul obținut de la realizarea i-proiectului depășește profitul normativ.

Atât cheltuielile ce țin de crearea produselor informatice, cât și cele ce se referă la exploatarea produselor informatice sunt luate în considerație de indicele **cheltuieli ajustate anuale** C^E , ce se determină conform expresiei [12, p. 73; 30]

$$C^E = C^P + R^N I^C, \quad (1.25)$$

unde C^P sunt cheltuielile de producție anuale. Valoarea C^E specifică hotarul de jos al venitului anual, care trebuie neapărat obținut la 1 MDL de investiții, altfel investirea în proiect va cauza pierderi. Cu cât este mai mică valoarea C^E , cu atât mai eficient se consideră produsul informatic.

Indicele **cheltuieli ajustate** C^{EN} caracterizează cheltuielile sumare anuale privind crearea și exploatarea produsului informatic pe durata normativă T^N de recuperare a investițiilor și se calculează conform formulei [2, p. 73; 3, p. 104]

$$C^{EN} = C^P T^N + I^C. \quad (1.26)$$

Comparând expresiile (18) și (19), se poate ușor observa că are loc relația

$$C^{EN} = C^E T^N. \quad (1.27)$$

În cazul unor cheltuieli de producție anuale diferențiate în timp, se poate folosi indicele **cheltuieli totale cu proprietatea** (*Total Cost of Ownership* – TCO, eng.), propus în 1987 [88]. Acesta include toate cheltuielile cu produsul sau serviciul respectiv pe perioada D de folosire a lui. Uneori, îndeosebi în scopul identificării posibilităților de reducere a costurilor, TCO este folosit în calitate de cost total anual de operare cu produsul. Alteori, pentru compararea de proiecte de investiții, TCO se calculează pe o perioadă dată de timp, de exemplu, de trei sau cinci ani. Tot în acest scop poate fi utilă folosirea indicelui **TCO anual mediu** (*Total Annual Cost of Ownership* – TACO, eng.) - toate cheltuielile anuale medii cu produsul pe perioada D de folosire a acestuia.

La folosirea ca referință a momentului de începere a lucrărilor asupra proiectului cu durata τ de însușire a investițiilor, durata D de folosire a produsului/serviciului și $L = \tau + D$, valoarea $TACO = TCO/D$ se calculează conform formulei

$$TACO = \frac{1}{D} \left(\sum_{t=1}^{\tau} \frac{I_t^C}{(1+d)^t} + \sum_{t=\tau+1}^L \frac{C_t^P}{(1+d)^t} \right) = \frac{1}{D} (I^C + C^P(L)), \quad (1.28)$$

unde: I_t^C sunt investițiile, iar C_t^P - cheltuielile de producție cu produsul în anul t ; I^C - volumul total de investiții actualizat; $C^P(L)$ - cheltuielile de producție actualizate cu produsul pe perioada L .

La compararea alternativelor de soluții, este mai convenabilă alternativa pentru care valoarea indicilor C^{EN} , TCO sau TACO este mai mică.

După cum era și de așteptat, în toate formulele (1.4)-(1.28), folosite la calcularea indicilor de eficiență a investițiilor proiectelor informatice, de bază este volumul investițiilor. De aici primordială este reducerea costurilor la aceleași funcționalități și performanțe ale proiectelor informatice ce se compară. În acest context, ca și exemple ar putea servi metodele și modelele multicriteriale de optimizare a cheltuielilor cu dezvoltarea rețelelor de telecomunicații cablate și a celor fără fir pentru zone teritoriale aparte și Republica Moldova în ansamblu, propuse de G. Varaniță, I. Costăș și A. Godonoagă în publicațiile [99-102]. În modelele respective, ținând cont de specificul unor zone teritoriale aparte și utilizând anumiți algoritmi combinatorii sau euristici, se identifică soluțiile de cost minim, respectând, totodată, anumite cerințe de calitate a funcționării rețelelor de telecomunicații cablate și a celor fără fir dinainte stabilite.

Unele dintre formulele (1.4)-(1.28) pot fi folosite, de asemenea, pentru estimarea cheltuielilor cu contracarea riscurilor securității cibernetice și îmbunătățirea competitivității proiectelor informatice respective [103] și, de asemenea, taxarea optimă a eforturilor [104].

1.3.3. Criterii de evaluare a proiectelor informatice

În cazul proiectelor informatice pot fi cazuri de situații Pareto cunoscute și sub numele de „Regula 80/20” sau „Principiul Pareto”, care ilustrează lipsa de simetrie dintre eforturile depuse și rezultatele obținute (20% dintre cauze generează 80% din rezultate).

Orientarea adecvată în multitudinea de indici de estimare a proiectelor informatice poate conduce la soluții mai reușite în domeniu. În funcție de particularitățile i-proiectului și domeniul său de utilizare, setul oportun de indici de aplicat poate fi diferit. Într-un anumit proiect, se aplică de obicei un set mic de indici. Se recomandă analiza a 7 ± 2 indici [12]. În mod obișnuit, sunt utilizați 1-3 indici de bază și câțiva indici auxiliari. Conform [74], cel mai adesea se recomandă folosirea indicilor NPV, IRR și a perioadei de rambursare actualizată (*Discounted Payback Period* - DPP, eng.). De rând cu cei NPV, PI, IRR și DPP, în [28] sunt explorați indicii Valoarea finită (*Finite Value*, eng.) a proiectului și Rata internă de rentabilitate modificată (*Modified Internal Rate of Return* - MIRR, eng.). Pentru un proiect informatic concret, folosirea acestor șase indici poate

conduce la aceeași sau diferite decizii. Unele aspecte privind folosirea indicilor de apreciere a eficienței proiectelor de investiții în informatizare sunt discutate în [105-108].

Prezintă interes, pe cât de frecvent apar soluții diferite? Rezultatele teoretice cunoscute nu oferă un răspuns univoc la această întrebare. În același timp, pentru a le identifica, se poate folosi simularea informatică.

Pentru orientarea mai facilă în multitudinea de proiecte informatice, în [19] este dată o clasificare a acestora în baza finalităților funcționale și a gradului de incertitudine al oportunității implementării finalităților funcționale. După finalitățile funcționale, se disting proiecte informatice:

- A) cu aceleași finalități funcționale – proiecte alternative (ce se exclud reciproc), din acestea se implementează un singur proiect informatic (Categoria A);
- B) cu finalități funcționale diferite – proiecte nealternative (independente), acestea sunt candidate pentru portofolii de proiecte informatice (Categoria B).

După gradul de incertitudine al oportunității implementării finalităților funcționale la etapa dată, proiectelor informatice pot fi grupate în trei categorii:

- 1) proiecte informatice cu finalități funcționale, oportunitatea implementării cărora este certă;
- 2) proiecte informatice cu finalități funcționale, oportunitatea implementării cărora este incertă, aceasta urmează să se decidă în baza examinării argumentelor de rigoare;
- 3) proiecte informatice cu finalități funcționale, inoportunitatea implementării cărora este certă.

Desigur, proiectele informatice ce se referă la a treia categorie nu este cazul de discutat – acestea nu se implementează la etapa dată. În ce privește finalitățile funcționale ale i-proiectelor din prima categorie, acestea trebuie implementate la etapa dată, doar că, din multitudinea de alternative de realizare a setului de funcționalități în cauză, trebuie ales i-proiectul care convine mai mult, în sensul criteriului de eficiență respectiv. Pentru a decide, i-proiectele ce se referă la prima categorie se examinează în mod foarte general. Exemple de finalități de proiecte, ce ar putea fi referite la prima categorie: a) crearea sitului Web pentru o companie, care încă nu are un asemenea sit; b) implementarea votării online pentru alegerile parlamentare în Moldova, în condițiile că peste 1/3 din alegători sunt în afara hotarelor țării; c) implementarea programării online la medici în toate centrele consultativ diagnostice din Chișinău. Marea majoritate a i-proiectelor se referă la categoria a doua, care și necesită cercetări speciale. După posibilitatea estimării cantitative a venitului de la implementare, i-proiectele pot fi grupate în două categorii:

- a) proiectele informatice, veniturile de la implementarea cărora este într-atât de dificil de estimat cantitativ, încât nici nu se merită;
- b) i-proiecte, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile.

Îmbinând cele două criterii de clasificare, gradul de incertitudine a oportunității implementării finalităților funcționale și posibilitatea estimării cantitative a venitului de la implementare, proiectele informatice pot fi grupate în patru categorii: 1a, 1b, 2a și 2b, respectiv.

Se va considera, totodată, că pentru toate proiectele informatice ce țin de o oarecare dintre aceste patru categorii, se pot determina toate costurile suportate cu întreținerea și folosirea lor.

Evident, ar simplifica problema determinării setului de indici, pentru estimarea eficienței economice, existența unei corelări strânse între indici. În acest context, în [17, 36] este demonstrat că dacă se examinează proiecte informatice cu aceleași finalități funcționale (de Categoria A) în condițiile că funcția $C^P(I^C)$ este una nedescrescătoare, atunci maximizarea ratei de rentabilitate a investițiilor (R^I și R_d^I), minimizarea duratei de recuperare a investițiilor (T și T_d), maximizarea randamentului economic al investițiilor (R^{EI}), maximizarea valorii nete (NV), maximizarea valorii actualizate nete (NPV), maximizarea ratei interne de rentabilitate (IRR), maximizarea indicelui de profitabilitate (PI), maximizarea efectului economic anual (E), minimizarea cheltuielilor ajustate anuale (C^E), minimizarea cheltuielilor ajustate (C^{EL}), minimizarea cheltuielilor totale cu proprietatea (TCO), maximizarea profitului (P) și maximizarea ratei profitului (RP) se reduc la minimizarea volumului I^C al investițiilor. Aici C^P sunt cheltuielile de producție anuale cu produsul informatic în cauză. Bineînțeles, după obținerea soluției pot fi calculate, la necesitate (de exemplu, pentru analiza respectivă), și valorile celorlalți indici de eficiență economică a soluției date.

De asemenea, conform [19], la analiza comparativă în perechi a proiectelor informatice, veniturile de la implementarea cărora este într-atât de dificil de estimat, încât nici nu se merită (i-proiecte de Categoriile 1a și 2a) și având ca moment de referință anul lansării produselor, ca indici de bază de eficiență economică este oportun de folosit indicele TCO, eventual în îmbinare cu metoda valorii anuale echivalente (*Equivlent Annual Value* - EAV, eng.).

În acelaș timp, analiza comparativă, efectuată în [18, 19] și bazată pe corelarea între indici, specificul valorii temporale a banilor, durata diferită a proiectele informatice și, de asemenea, gama și importanța aspectelor caracterizate, a condus la reducerea numărului de indici de bază pentru analiza comparativă a proiectele informatice de la cei 16 descriși în Secțiunea 1.3.2 la 7 și anume: durata actualizată de recuperare a investițiilor (R_d^I), randamentul economic al investițiilor (R^{EI}), valoarea actualizată netă (NPV), rata internă de rentabilitate (IRR), indicele de profitabilitate (PI), cheltuielile ajustate (C^{EN}) și cheltuielile totale cu proprietatea (TCO), eventual în îmbinare cu metoda EAV.

Mai mult ca atât, în [18, 19] este demonstrat că la selectarea pentru investiții dintre proiectele informatice, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile (de Categoriile 1b și 2b), dintre cei 7 indici enumerați în alineatul precedent (R_d^I , R^{EI} , NPV, IRR, PI, C^{EN} și TCO) în calitate de criterii de optimizare este suficient de folosit doar trei: NPV, IRR și PI - folosirea oricăruia dintre ceilalți patru indici nu va conduce la obținerea unor noi soluții. Totodată, indicii NPV, IRR și PI formează o mulțime Pareto, adică există cazuri când aplicarea a doi sau chiar a trei dintre aceștia conduce la soluții diferite [18].

Astfel, dintre cei 16 descriși în Secțiunea 1.3.2, ca indici de bază, pentru proiecte informatice ale căror venituri de la implementare pot fi estimate cu eforturi rezonabile (de Categoriile 1b și 2b), au rămas trei: NPV, IRR și PI, eventual împreună cu metoda EAV. Desigur, pentru estimarea unor aspecte specifice ale soluției obținute, pot fi folosiți și alți indici. În acest context, prezintă interes cât de frecvent au loc astfel de cazuri. La acest aspect, răspunsul poate fi obținut doar prin simulare informatică.

1.4. Simularea informatică la analiza indicilor de eficiență a proiectelor informatice

Simularea informatică (metoda Monte-Carlo) – i-simularea, reprezintă una dintre cele mai utilizate metode pentru studierea comportamentului sistemelor complexe. Aceasta permite modelarea și evaluarea sistemelor în condiții controlate, oferind posibilitatea de a analiza comportamentul lor sub diverse scenarii și factori de influență.

Mai mulți cercetători, printre care M. Law Averill [29] și Jerry Banks, John S. Carson II, Barry L. Nelson și David M. Nicol [108], au studiat și aplicat simularea în diferite domenii de cercetare, demonstrând că această metodă permite identificarea unor soluții investiționale eficiente chiar și în condiții de incertitudine. Au fost efectuate, de asemenea, mai multe sondaje legate de utilizarea tehnicilor de cercetare operațională. De exemplu, Michael S. Lane & Ali H. Mansour & John L. Harpell [111] au raportat, într-un studiu care a acoperit perioada anilor 1973-1988, că simularea a fost constant clasată drept una dintre cele trei cele mai importante „tehnici de cercetare operațională”. Celelalte două erau „programarea matematică” și „statistica” (care nu este, în sine, o tehnică de cercetare operațională). De asemenea, Kumar Gupta și D.S. Hira [112] au arătat că simularea este a doua cea mai frecvent utilizată tehnică în cercetările de operațiuni și management științific, după programarea matematică. Studiul lor, în baza analizei a mii de articole din revistele de specialitate, a subliniat faptul că simularea este o unealtă puternică pentru evaluarea proiectelor complexe, inclusiv a celor din domeniul TIC.

În [112] și [113], i-simularea a fost folosită pentru a determina probabilitatea ca durata și costurile proiectului să depășească estimările inițiale. În plus, scala de risc propusă în [113] poate fi adaptată pentru clasificarea riscurilor în proiecte informatice, estimând pierderile potențiale.

iSimularea este utilizată în mare măsură și pentru a evalua riscurile financiare în proiectele de investiții. De exemplu, evaluarea riscurilor pentru proiectele de mediu este efectuată în [28], analizând caracteristicile a 63 proiecte. Prin i-simulare a fost determinată probabilitatea cumulată ca valoarea proiectului și perioada de execuție să fie mai mari decât valorile estimate inițial. O abordare Monte-Carlo pentru evaluarea riscurilor financiare în proiectele de investiții este utilizată și în [113]. Ca urmare, se aduce o nouă contribuție în domeniu: scala de risc propusă oferă cinci clasificări privind gradul de pierderi. În [27] este propusă o procedură bazată pe criterii multiple, dominanța stocastică și metodologia PROMETEE II. Primul pas al acestei proceduri este

isimularea informatică, iar incertitudinea proceselor este luată în considerare prin regula specială a dominanței stocastice.

Rezumând [114], i-simularea ar putea fi folosită și în analiza proiectelor informatice.

Caracteristicile principale ale simulării informatice sunt [29]:

- *Modelare*: se dezvoltă un model matematic sau algoritmic care reflectă caracteristicile sistemului real. Acest model poate include variabile, parametri și relații între acestea;
- *Experimentare*: simularea informatică permite realizarea de experimente virtuale, în care diferite scenarii și condiții pot fi testate fără a afecta sistemul real. Acest lucru ajută la identificarea celor mai bune strategii sau soluții.
- *Analiza rezultatelor*: rezultatele i-simulării informatice sunt analizate pentru a înțelege comportamentul sistemului și pentru a face predicții despre performanța sa în condiții variate.
- *Decizie informată*: decidenții pot lua decizii mai bine fundamentate, bazate pe date și observații obținute în timpul simulărilor.

În contextul analizei comparative a indicilor de eficiență pentru proiecte informatice, i-simularea are un rol esențial, deoarece permite modelarea și compararea diverselor i-proiecte conform multiplelor scenarii, în funcție de diferiți indici de eficiență și variabile complexe, cum ar fi fluxurile de numerar, ratele de actualizare și duratele de implementare a i-proiectelor.

Deși i-simularea a fost aplicată într-o varietate extinsă de domenii și sisteme din lumea reală, cercetarea modelării de simulare în contextul analizei comparative a indicilor de eficiență pentru proiecte informatice **rămâne insuficient explorată**. Etapele, prezentate în Figura 1.1, evidențiază complexitatea și interdependența proceselor de i-simulare, accentuând importanța unei abordări riguroase și structurate în analiza comparativă a eficienței proiectelor informatice.

Un aspect fundamental al i-simulării este generarea de numere aleatoare. Acest proces se bazează pe distribuții de probabilitate, care definesc comportamentul variabilelor simulate. În cadrul simulării, fiecare variabilă aleatoare este generată astfel, încât să fie independentă de celelalte variabile. Această independență permite evaluarea impactului fiecărei variabile asupra eficienței generale a proiectului informatic. De exemplu, în analiza comparativă a i-proiectelor, durata implementării și costurile pot fi modelate ca variabile aleatoare de distribuție uniformă.

Un alt aspect important al i-simulării este utilizarea algoritmilor pentru a genera cazuri variate, care să reflecte diferite condiții de piață sau cerințe ale utilizatorilor, ajutând, de exemplu, identificarea riscurilor și a oportunităților în cadrul proiectelor informatice.

Aplicarea i-simulării în analiza comparativă a proiectelor informatice constă [28] în generarea valorilor variabilelor pentru i-proiecte și calcularea indicilor de eficiență pentru fiecare scenariu.

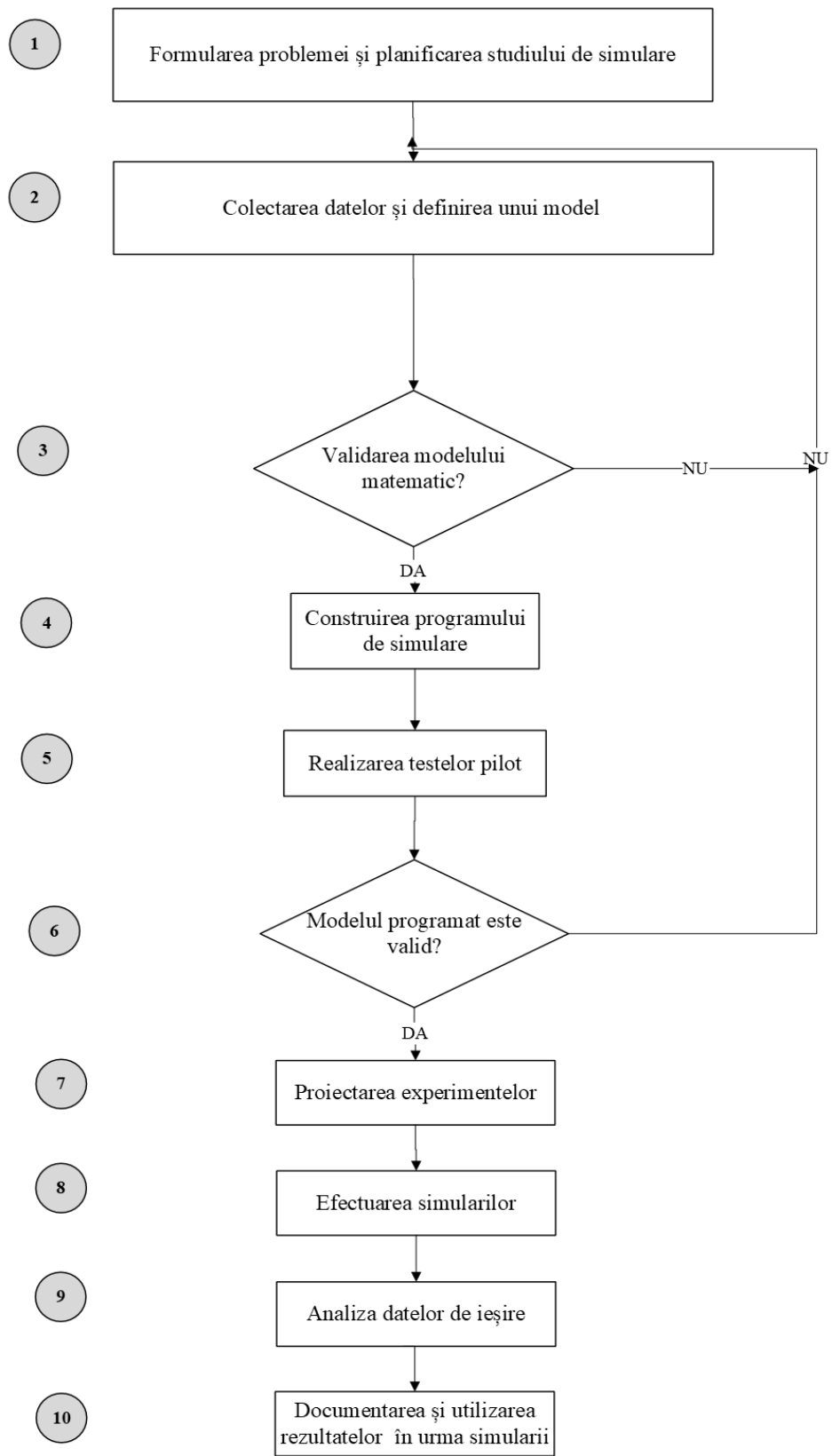


Figura 1.1. Etapele de bază în realizarea unui studiu de simulare

Sursa: elaborată de autor în baza [29]

Cu toate acestea, un dezavantaj important al i-simulării este complexitatea și laboriozitatea procesului de elaborare și implementare a tehnicii de simulare, care poate îngreuna luarea

deciziilor în timp util. Dar, prin dezvoltarea unor algoritmi eficienți de i-simulare, poate fi asigurat un echilibru rezonabil între precizie și operativitatea procesului decizional.

Pentru a atinge obiectivele necesare, modelul de simulare informatică trebuie să includă următoarele elemente de bază:

- modul în care se obțin rezultatele intermediare și finale;
- entitățile și variabilele, cărora li se atribuie valori numerice (variabile cantitative) și/sau logice (variabile calitative);
- relațiile de legătură, ce descriu modul în care cantitățile sunt corelate între ele;
- starea sistemului - statică sau dinamică;
- evenimente exogene - evenimente independente de starea sistemului;
- legături inverse, prin care valorile de ieșire influențează valorile de intrare conform unor reguli prestabilite;
- regula de oprire a simulărilor, ce delimitează fie durata, fie precizia simulării.

În concluzie, folosirea i-simulării pentru analiza comparativă a proiectelor informatice nu doar eficientizează evaluarea performanței, ci și sprijină procesul decizional prin furnizarea unor date relevante și detaliate despre riscuri, incertitudini și eficiența economică a acestora. Aceasta deschide calea către decizii de investiții în domeniul TIC mai bine fundamentate.

1.5. Dezvoltări potențiale și rezultate preconizate ale cercetărilor în domeniu

Într-o lume din ce în ce mai informatizată, **analiza comparativă** a criteriilor de eficiență devine esențială în suportul deciziilor, facilitând identificarea celor mai avantajoase proiecte informatice din punctul de vedere al alocării de resurse. Analiza comparativă este o metodă universală, care permite evidențierea caracteristicilor de bază, diferențelor, trăsăturilor comune și celor distinctive ale proiectelor informatice s.a. Aceasta ajută la selectarea celor mai potrivite căi de dezvoltare.

În urma comparării, caracteristicile distinctive și comune ale proiectelor informatice sunt de obicei rezumate în tabele. Pe baza valorilor obținute prin analiza comparativă, se pot formula concluzii privind avantajele și dezavantajele fiecărui proiect informatic.

De menționat că metoda de cercetare comparativă va fi eficientă doar dacă toate regulile de implementare sunt respectate, așa cum sunt prezentate în Figura 1.2.

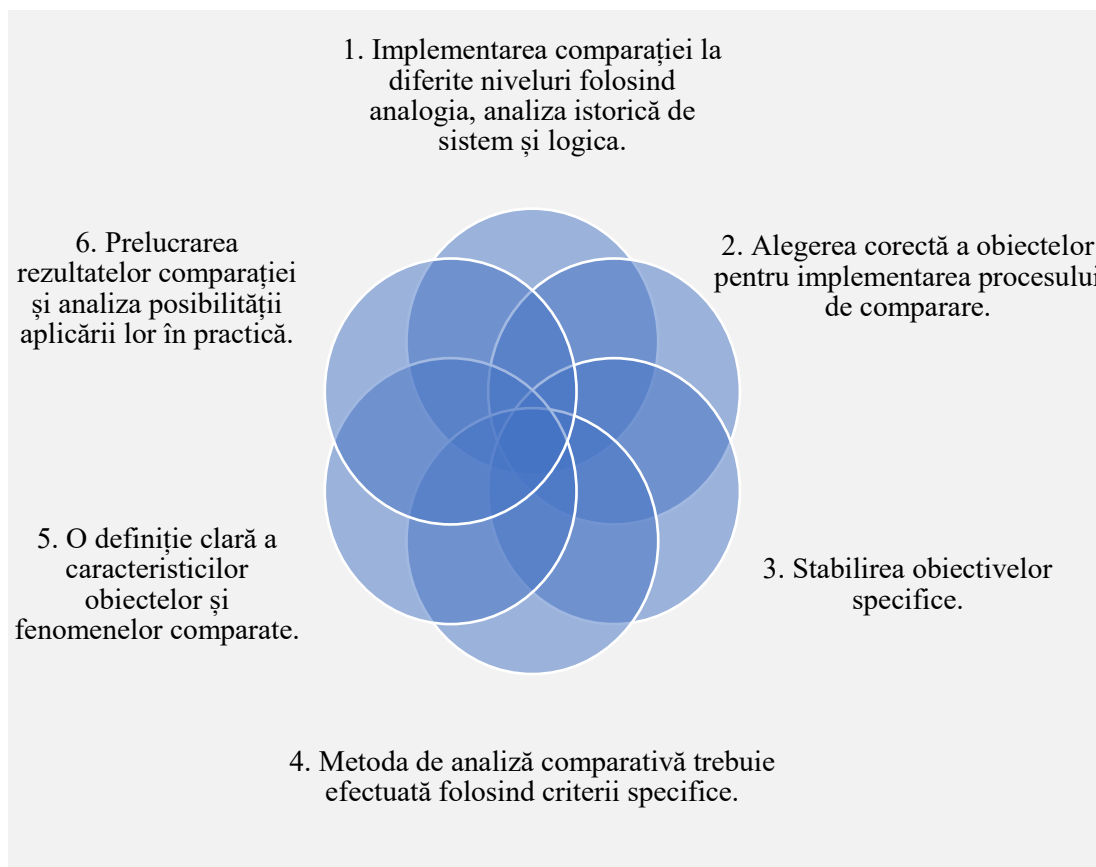


Figura 1.2. Reguli esențiale pentru aplicarea eficientă a metodei de analiză comparativă
Sursa: elaborată de autor

Toate datele obținute în timpul procesului de cercetare comparativă trebuie să fie clare, lipsite de ambiguitate și demonstrabile. În acest context, analiza comparativă prezintă o serie de avantaje și dezavantaje care trebuie luate în considerare pe parcursul cercetării. În ceea ce privește aspectele pozitive, acestea sunt următoarele:

- oferă o reflecție precisă a situației reale și curente în raport cu obiectul studiat;
- datele obținute sunt susținute de argumente statistice adecvate;
- permite ajustarea obiectelor comparate pe parcursul cercetării;
- este ușor de aplicat și, în cazul unor volume suficiente de informații, generează rezultate fiabile și consistente.

Pe de altă parte, dacă de referit la dezavantaje, metoda de cercetare comparativă prezintă și anumite limitări:

- datele pot deveni neactuale până la momentul interpretării rezultatelor;
- precizia rezultatelor depinde de stabilitatea obiectului analizat;
- pentru a asigura acuratețea și fiabilitatea datelor, este esențial să se dispună de un volum semnificativ de informații.

Raportul dintre aspectele pozitive și cele negative ale analizei comparative determină eficacitatea aplicării acesteia în fiecare caz specific. Alegerea abordării oportune este influențată de disponibilitatea informațiilor necesare și de selectarea criteriilor de comparare rezonabile.

Sensul de bază al analizei comparative este obținerea de noi informații nu doar despre proprietățile proiectelor informatice comparate, ci și despre relațiile directe și indirecte ale acestora, și, eventual, despre tendința generală de funcționare și dezvoltare a lor. Conform cercetătorilor M. Dogan și D. Pelassi [116], „deși la început comparația poate fi cauzată de căutarea informațiilor, ea este în același timp cheia cunoașterii. Aceasta este ceea ce o face una dintre cele mai fructuoase domenii de gândire”.

Deși analiza comparativă a criteriilor de eficiență a proiectelor informatice poate părea simplă, în realitate, procesul se confruntă cu un șir de probleme ce necesită o atenție sporită. Prin examinarea acestor probleme, se urmărește nu doar îmbunătățirea calității analizei, ci și o înțelegere mai profundă a contextului specific în care se desfășoară investițiile în informatizare. Aceste dificultăți sunt prezentate în Tabelul 1.2, evidențiind aspectele ce pot influența rezultatele analizei. Identificarea și abordarea acestor probleme sunt esențiale pentru a asigura validitatea și relevanța analizei comparative, sprijinind astfel luarea unor decizii informate în domeniu.

După cum s-a menționat, o problemă majoră în analiza comparativă a eficienței proiectelor informatice este selectarea corectă a indicilor de eficiență care trebuie comparați. Analiza comparativă, efectuată în [19] și bazată pe corelația dintre indici, specificul valorii în timp a banilor, durata diferită a proiectelor, precum și gama și importanța aspectelor caracterizate, a condus la reducerea numărului de indici pentru analiza comparativă a proiectelor informatice de la 16 la 7, și anume: R^d , R^{EI} , NPV, IRR, PI, C^{EN} și TCO, eventual în îmbinare cu metoda valorii anuale echivalente (EAV). Mai mult ca atât, conform Afirmației 2 din [18], pentru proiectele informatice ale căror venituri de la implementare pot fi estimate cu eforturi rezonabile, utilizarea indicilor C^{EN} , TCO, R^d și R^{EI} ca indici de bază ai eficienței economice nu este reușită. Astfel, dintre cei 16 menționați mai sus, ca indici de bază, pentru proiecte informatice ale căror venituri din implementare pot fi estimate cu eforturi rezonabile, au rămas trei: NPV, IRR și PI, eventual în îmbinare cu metoda EAV.

Rezultatele teoretice existente nu oferă un răspuns univoc cu privire la preferințele de utilizare a diversilor indici în evaluarea eficienței proiectelor informatice [18, 19, 23, 80, 93-98]. O metodă eficientă de cercetare, în absența unor soluții analitice adecvate, este **simularea informatică**.

Tabelul 1.2. Dificultăți posibile la analiza comparativă a eficienței proiectelor infomatice

Nr.	Problema	Descriere
1.	Lipsa datelor relevante	Informațiile necesare pentru o analiză comparativă detaliată pot fi incomplete sau inexacte, afectând calitatea rezultatelor
2.	Dificultăți în standardizarea indicilor	Fiecare i-proiect poate utiliza indicatori diferiți, ceea ce complică comparația directă a eficienței acestora
3.	Variabilitatea contextului	Condițiile de implementare a proiectelor infomatice pot varia semnificativ, influențând rezultatele și comparabilitatea acestora
4.	Subiectivitatea interpretării rezultatelor	Concluziile pot fi influențate de preferințe personale, ceea ce afectează obiectivitatea analizei
5.	Limitările metodologice	Metodele de analiză utilizate pot avea restricții care să afecteze interpretarea eficienței proiectelor informatice
6.	Estimările incorecte ale costurilor	Evaluarea inexactă a costurilor poate duce la concluzii greșite despre eficiența proiectelor informatice
7.	Impactul pe termen lung	Evaluarea eficienței pe termen scurt poate să nu reflecte beneficiile pe termen lung ale investițiilor în informatizare
8.	Diferențele în metodologia de evaluare	Abordările diferite pentru evaluarea eficienței pot duce la rezultate contradictorii între proiectele informatice
9.	Incapacitatea de a măsura efectele indirecte	Unele beneficii ale i-proiectelor pot fi greu de cuantificat, dar sunt esențiale pentru evaluarea completă a eficienței
10.	Provocări legate de implementare	Dificultățile în implementarea proiectelor informatice pot influența rezultatele și comparabilitatea acestora în analiză

Sursa: elaborat de autor

Astfel, **obiectivul general** al cercetărilor în conținutul tezei constă în **cercetarea sistemică comparativă, inclusiv prin simulare informatică, a indicilor NPV, IRR și PI, eventual în îmbinare cu metoda EAV, folosiți la estimarea eficienței proiectelor de investiții în informatizare și elaborarea de recomandări privind folosirea acestora.**

În acest scop, sunt necesare **obiective specifice:**

- identificarea și sistematizarea indicilor de eficiență a proiectelor informatice;
- elaborarea modelelor economico-matematice de caracterizare comparativă a indicilor de eficiență a proiectelor informatice pentru diferite scenarii;

- elaborarea metodicii simulării informatice a caracteristicilor proiectelor informatice;
- elaborarea algoritmilor de cercetare comparativă cantitativă prin simulare informatică a indicilor de eficiență a proiectelor informatice;
- elaborarea i-aplicației de cercetare comparativă a indicilor de eficiență a proiectelor informatice;
- folosirea i-aplicației elaborată, cercetarea comparativă a indicilor de eficiență a proiectelor informatice;
- elaborarea de recomandări privind aplicarea indicilor de eficiență a proiectelor informatice.

Rezultate preconizate: modelele economico-matematice de caracterizare comparativă a indicilor de eficiență a proiectelor informatice de investiții; algoritmi de cercetare comparativă cantitativă prin simulare informatică a indicilor de eficiență a proiectelor informatice; aplicația informatică de cercetare comparativă a indicilor de eficiență a proiectelor informatice de investiții; rezultatele cercetării comparative a indicilor de eficiență a proiectelor informatice; recomandările privind aplicarea indicilor de eficiență a proiectelor informatice.

1.6. Concluzii la Capitolul 1

Menirea cercetărilor în cadrul acestui capitol constă în analiza stării de lucruri și identificarea posibilelor dezvoltări privind evaluarea comparativă a eficienței proiectelor de investiții în informatizare. În urma realizării acestui obiectiv s-a ajuns la următoarele concluzii:

1. Proiectele informatice prezintă particularități distincte față de alte proiecte de investiții, dat fiind specificul implementării și folosirii tehnologiilor informaționale și de comunicații. Preponderent, produsele informatice rezultate sunt încorporate sau completează alte produse/activități, îmbunătățind performanțele ultimelor. Evaluarea proiectelor informatice necesită o abordare distinctă, adaptată dinamicii rapide a domeniului și particularităților specifice asociate.

2. Prin îmbinarea conceptelor clasice și moderne sunt definite cerințele metodologice de evaluare comparativă cantitativă a eficienței proiectelor informatice. Acestea accentuează nevoia de adaptare a metodelor de evaluare a investițiilor în funcție de specificul fiecărui i-proiect.

3. Sunt analizate metodele și indicii utilizați pentru evaluarea eficienței proiectelor informatice, inclusiv financiare și non-financiare, și sistematizate rezultatele teoretice analitice în domeniu, inclusiv:

a) reducerea, în baza corelării între indici, specificului valorii temporale a banilor, duratei diferite a proiectelor informatice și, de asemenea, a gamei și importanței aspectelor caracterizate,

a numărului de indici mai frecvent folosiți pentru analiza comparativă a i-proiectelor de la 16 la 7 și anume: durata actualizată R_d^I de recuperare a investițiilor, randamentul economic R^{EI} al investițiilor, valoarea actualizată netă (NPV), rata internă de rentabilitate (IRR), indicele de profitabilitate (PI), cheltuielile ajustate (C^{EN}) și cheltuielile totale cu proprietatea (TCO), eventual în îmbinare cu metoda EAV;

b) pentru proiectele informatice, veniturile de la implementarea cărora este într-atât de dificil de estimat, încât nici nu se merită, ca indici de bază de eficiență economică este oportun de folosit indicele TCO, eventual în îmbinare cu metoda EAV;

c) pentru proiectele informatice, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile, din cei 7 indici, enumerați în alineatul (a), în calitate de criterii de optimizare a eficienței economice este suficient de folosit doar trei NPV, IRR și PI; folosirea oricăruia din ceilalți 7 indici nu va conduce la obținerea unor noi soluții. Totodată, indicii NPV, IRR și PI formează o mulțime Pareto.

4. Deoarece indicii NPV, IRR și PI formează o mulțime Pareto, folosirea lor la compararea proiectelor informatice poate conduce la soluții diferite. Prin cercetări teoretice analitice au fost identificate doar situațiile în care aplicarea acestor trei indici conduce la aceleași soluții și, respectiv, la soluții diferite. Totodată, prin asemenea cercetări nu poate fi determinată frecvența unor asemenea cazuri, deși deseori aceasta poate prezenta un interes aparte. Totuși, frecvența în cauză poate fi determinată prin simulare informatică.

5. Simularea informatică s-a dovedit eficientă pentru studierea sistemelor complexe. Ea poate aduce o contribuție semnificativă și la analiza comparativă a proiectelor informatice. Aceasta permite analiza multiplelor scenarii, inclusiv modelarea și compararea proiectelor informatice în funcție de diferiți indici de eficiență, luând în considerare așa caracteristici ca: fluxurile de numerar, ratele de actualizare, duratele de implementare a i-proiectelor ș.a.

6. Sunt definite dezvoltările potențiale și enumerate rezultatele preconizate ale cercetărilor, stabilind cadrul conceptual de evaluare a proiectelor informatice și, respectiv, de eficientizare a deciziilor privind selectarea acestora pentru realizare.

2. MODELE ȘI ALGORITMI ÎN SIMULAREA INFORMATICĂ PENTRU ANALIZA COMPARATIVĂ A PROIECTELOR DE INFORMATIZARE

În capitol sunt descrise și discutate metodele, modelele și algoritmi cercetării comparative cantitative prin i-simulare informatică a indicilor de eficiență a proiectelor informatice în baza dezvoltărilor potențiale și rezultatelor preconizate a cercetărilor definite în Secțiunea 1.5. Astfel, în Secțiunea 2.1 sunt abordate metodele de evaluare și analiză comparativă a i-proiectelor. Aspectele privind modelele de evaluare propuse și algoritmi de realizare a acestora prin i-simulare informatică alcătuiți sunt descrise: pentru proiecte informatice de aceeași durată – în Secțiunea 2.2, pentru proiecte informatice de durată diferită – în Secțiunea 2.3, iar pentru determinarea influenței metodei EAV asupra soluției de selectare a proiectelor informatice – în Secțiunea 2.4.

2.1. Metode de evaluare și analiză comparativă a eficienței proiectelor informatice

La analiza comparativă a eficienței proiectelor informatice, un aspect esențial constă în identificarea indicilor de performanță relevanți. O descriere sistematizată a celor 16 indici de eficiență frecvent utilizați în domeniu este prezentată în Secțiunea 1.3.2. Multitudinea criteriilor de eficiență a proiectelor informatice se explică prin diversitatea aspectelor ce caracterizează situațiile-problemă aferente [18].

În funcție de proiectul informatic și domeniul utilizării lui, setul de indici oportuni în acest scop poate fi diferit. Pentru un proiect anumit, se aplică de obicei un număr mic de indici. Se recomandă analiza a 7 ± 2 indici [12]. De obicei, se aplică 1-3 indici de bază și câțiva indici auxiliari. Totodată, mult depinde de selectarea reușită a indicilor respectivi. Conform datelor Secțiunii 1.3, pentru proiecte informatice, veniturile de la implementarea cărora este într-atât de dificil de calculat că nici nu se merită, este oportun de a folosi indicele TCO, dacă proiectele ce se compară sunt de aceeași durată și indicele EATCO, dacă proiectele ce se compară sunt de durată diferită.

Totodată, pentru proiecte informatice, veniturile de la implementarea cărora este posibil de calculat cu eforturi rezonabile, este oportun de folosit indicii NPV, IRR și PI, dacă proiectele ce se compară sunt de aceeași durată și indicii EANPV, IRR și EAPI, dacă proiectele ce se compară sunt de durată diferită. Totuși, pentru o prezentare completă, în Secțiunea 2.1.2 sunt descrise și unele aspecte ale argumentărilor care au condus la asemenea concluzii. Dar, mai întâi, în Secțiunea 2.1.1 este succint descrisă posibila aplicare a principiului Pareto.

2.1.1. Folosirea principiului Pareto

Una dintre metodele ce ar putea fi folosite la selectarea proiectelor de investiții este principiul **Pareto** cunoscut și ca regula 80/20 care prevede că, pentru multe evenimente, aproximativ 80% din efecte sunt produse de 20% din cauze. Economistul italian Vilfredo Pareto a

remarcat legătura 80/20 în 1896 [122]. Inițial, V. Pareto a observat că aproximativ 80% din suprafața Italiei era deținută de 20% din populație, iar apoi a arătat că regula se păstrează, în linii mari, și pentru multe alte cazuri. Un exemplu mai recent ce ține de informatică: crimele cibernetice organizate de colective de infractori constituie apr. 80%, iar cele organizate de intruși individuali cca. 20% din total [123].

Principiul Pareto poate fi aplicat și la cei trei indici de bază NPV, IRR și PI (Figura 2.1).

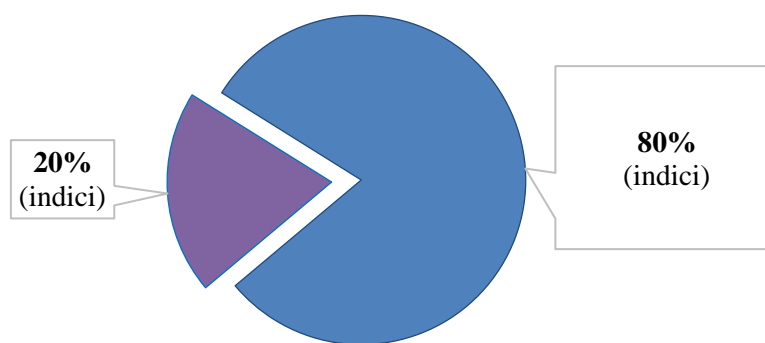


Figura 2.1. Principiul Pareto

Sursa: elaborată de autor

Pașii aplicării principiului Pareto la compararea i-proiectelor sunt prezentați în Figura 2.2.

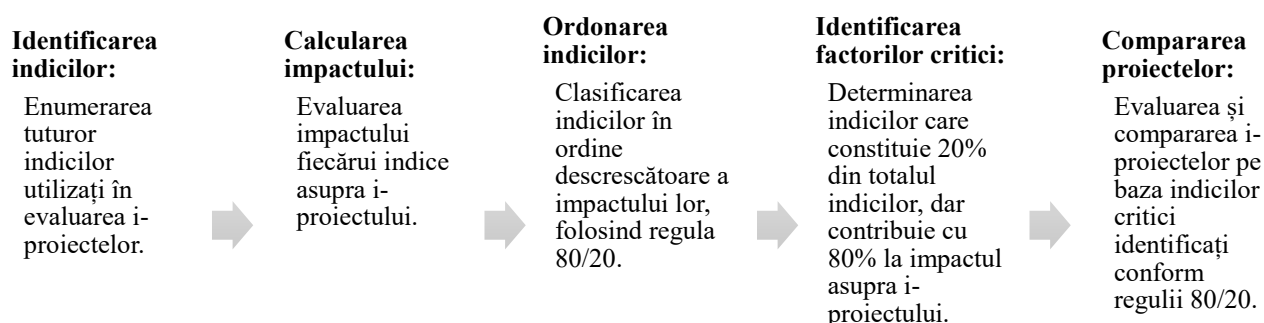


Figura 2.2. Pașii utilizați conform principiului Pareto la compararea i-proiectelor

Sursa: elaborată de autor

Aplicarea metodei Pareto poate ajuta la identificarea factorilor critici care influențează succesul unui i-proiect și luarea deciziilor informate cu privire la alocarea resurselor și prioritizarea proiectelor. Totodată, ținând cont că setul de indici oportun de a fi folosit în calitate de criterii de optimizare este redus la trei (NPV, IRR și PI), o mai amplă caracterizare cantitativă a aplicării acestor indici pentru compararea proiectelor informatice poate fi obținută prin simulare informatică.

2.1.2. Concretizări privind compararea proiectelor informatice prin i-simulare

De menționat că proiectelor informatice sunt implementate și utilizate, de obicei, pe parcursul unei perioade extinse, iar diferite i-proiecte pot fi de durată diferită. De aceea este esențial ca la evaluarea comparativă a eficienței investițiilor în proiecte informatice să se ia în

considerare factorul timp. Din acest punct de vedere disting indici **statici** – cei ce nu iau în considerare factorul timp, și indici **dinamici** – care iau în considerare factorul timp. Indicii statici se folosesc, de obicei, pentru estimarea eficienței proiectelor investiționale de durată ce nu depășește un an, iar în celelalte cazuri se folosesc indici dinamici.

La luarea în considerare a factorului timp, este necesară actualizarea volumului investițiilor și cheltuielilor operaționale din diferiți ani la același moment de timp - începutul perioadei de referință (lunii, anului etc.) [3]. În continuare, pentru simplitate, dar fără a diminua din universalitatea abordării, ca perioadă se va folosi anul. Respectiv, cheltuielile și rezultatele anului respectiv, efectuate și obținute până la începutul anului de referință, se înmulțesc la coeficientul de actualizare d_n , iar cele efectuate și obținute după începutul anului de referință se împart la acest coeficient; aici n este numărul de ani ce despart anul respectiv de anul de referință. Mărimea d_n se determină ca [3]

$$d_n = (1 + d)^n, \quad (2.1)$$

unde d este *rata de actualizare*. Metoda folosirii mărimii d_n pentru luarea în considerație a factorului timp este cunoscută ca metoda valorii anuale echivalente (*Equivalent Annual Value – EAV*, eng.) [124]. Aceasta pune într-o corespondență adecvată cu valoarea sumară actualizată pe o perioadă de timp a unui indice al unei valori pe o perioadă mai scurtă, de ex. un an, permițând astfel analiza comparativă a proiectelor de durată diferită. Metoda EAV furnizează un cadru flexibil, adaptabil la dinamica tehnologică și schimbările rapide ale mediului de afaceri.

Metoda EAV se bazează pe factorul de recuperare a capitalului (*Capital Recovery Factor - CRF*, eng.). Acesta reprezintă raportul dintre o anuitate constantă și valoarea actualizată a beneficiarului acestei anuități pentru o anumită perioadă de timp. CRF poate fi interpretat ca suma constantă ce trebuie primită anual pentru a recupera o investiție inițială într-o anumită perioadă de timp. Această sumă echivalentă anualizată este calculată astfel, încât valoarea totală actualizată a plăților egale să fie echivalentă cu valoarea unică a investiției inițiale. Folosirea CRF, pentru o evaluare mai detaliată a i-proiectelor, poate aduce o valoare suplimentară în analiza comparativă, oferind un mod uniform de a integra și compara fluxurile de numerar ale proiectelor de durată diferită. Conform [125], CRF este deosebit de util pentru proiectele de durată mare sau investiții semnificative. În cazul ratei de actualizare d și al duratei de utilizare a produsului D , valoarea CRF se determină ca [125]:

$$\text{CRF} = \left[\sum_{t=1}^D \frac{1}{(1+d)^t} \right]^{-1} = \frac{d(1+d)^D}{(1+d)^D - 1}, \quad (2.2)$$

De aici, se obține $CRF(D=1) = d + 1$ și $CRF(D \rightarrow \infty) = d$; prin urmare, $d \leq CRF < d + 1$ [19]. Pentru indicii XX , care caracterizează o anumită valoare absolută pentru întreaga perioadă D , valoarea anuală echivalentă se va nota $EAXX$ și se determină ca

$$EAXX = CRF \times XX. \quad (2.3)$$

Dacă metoda EAV se aplică indicelui NPV, aceasta se mai numește **metoda costului anual echivalent** (*Equivalent Annual Cost - EAC*, eng.) [124]. De exemplu, între indicii NPV, EAC și CRF are loc relația $EAC = EANPV = CRF \times NPV$. Fie I sunt investițiile, iar CF_t sunt fluxurile de numerar în anul t ce țin de proiect. Atunci indicii NPV, IRR și PI se determină astfel:

$$NPV = \sum_1^D \frac{CF_t}{(1+d)^t} - I^C, \quad \sum_1^D \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - I^C = 0, \quad PI = 1 + \frac{NPV}{I^C}, \quad (2.4)-(2.6)$$

După cum a mai fost menționat, acești trei indici (NPV, IRR și PI) formează o mulțime Pareto: niciunul dintre ei nu poate înlocui întotdeauna folosirea unuia sau a doi dintre ceilalți indici, în sensul obținerii aceleiași soluții la compararea i -proiectelor. În același timp, există cazuri particulare când utilizarea a doi sau chiar a tuturor celor trei indici pentru compararea a două proiecte de investiții, conduce la aceeași soluție.

Argumentările, privind oportunitatea folosirii indicelui TCO, eventual în îmbinare cu metoda EAV, ca și criteriu de bază de eficiență economică pentru proiectele informatice de Categoriile a1 și a2 definite în Secțiunea 1.3.3, și a indicilor NPV, IRR și PI, eventual în îmbinare cu metoda EAV, pentru proiectele informatice de Categoriile 1b și 2b definite în Secțiunea 1.3.3, se conțin în Afirmațiile 2.1-2.11 și Consecințele 2.1-2.7 descrise în cele ce urmează [18], dar fără demonstrarea lor. Aceste afirmații și consecințe acoperă mai multe aspecte teoretice cu soluții analitice la compararea eficienței proiectelor informatice.

Afirmația 2.1. Pentru proiectele informatice de Categoriile 1a și 2a, ca și criteriu de bază de eficiență economică este oportun de a folosi minimizarea TCO, eventual în îmbinare cu metoda EAV – indicele EATCO.

Afirmația 2.2. Pentru proiectele informatice de Categoriile 1b și 2b, folosirea indicilor C^{EN} , TCO, R_d^I și R^{EI} ca indici de bază de eficiență economică nu este oportună.

Afirmația 2.3. Pentru proiectele informatice de Categoriile 1b și 2b, folosirea indicilor PI și NPV conduce la aceeași soluție doar dacă

$$\alpha > (I_{II}^C / I_I^C - 1)(PI_{II} - 1), \quad (2.7)$$

unde: I_I^C și I_{II}^C sunt investițiile cu Proiectele I și II, respectiv; PI_I și PI_{II} sunt valorile indicelui PI pentru Proiectele I și II, iar $PI_I = PI_{II} + \alpha$, $\alpha > 0$.

Consecința 2.1. Dacă pentru i Proiectele I și II de Categoria 1b sau 2b au loc relațiile

$$I_1^C \geq I_2^C, NPV_2 \geq 0 \text{ sau } I_1^C \leq I_2^C, NPV_2 < 0 \text{ sau } I_1^C = I_2^C \quad (2.8)-(2.10)$$

la $PI_1 = PI_2 + \alpha, \alpha > 0$, atunci indicii PI și NPV conduc la aceeași soluție, de preferat fiind Proiectul 1.

Consecința 2.2. Dacă un proiect este de preferat doar în cazul că $NPV > 0$ și pentru iProiectele I și II de Categoriile 1b sau 2b au loc relațiile $I_1^C > I_2^C, PI_1 = PI_2 + \alpha, \alpha > 0$, atunci indicii PI și NPV conduc la aceeași soluție, de preferat fiind iProiectul I.

Afirmația 2.4. Dacă un proiect este de preferat doar la $NPV > 0$ și pentru iProiectele I și II de Categoriile 1b sau 2b au loc relațiile

$$I_1^C < I_2^C, PI_1 = PI_2 + \alpha, \alpha > 0, NPV_2 > 0 \quad (2.11)$$

și
$$\alpha < (I_2^C - I_1^C)(IP_2 - 1) / I_1^C, \quad (2.12)$$

atunci indicii PI și NPV conduc la soluții diferite.

Astfel, deși la o valoare NPV mai mică, se poate întâmpla să fie rezonabil de a selecta proiectul informatic de o valoare PI mai mare, îndeosebi dacă valorile NPV pentru cele două proiecte informatice diferă nesemnificativ, iar cele ale PI – considerabil.

Fie IRR_1, IRR_2, D_1 și D_2 sunt valorile parametrilor IRR și D pentru iProiectele I și II.

Afirmația 2.5. Folosirea indicilor PI și IRR la compararea iProiectelor I și II conduce la aceeași soluție, dacă $IRR_1 > d \geq IRR_2$ sau dacă la $IRR_1 > IRR_2 > d, CF_{1t} = CF_1, t = \overline{1, D_1}$ și $CF_{2t} = CF_2, t = \overline{1, D_2}$ are loc și $D_1 \geq D_2$.

Consecința 3.3. Se poate considera că, la $IRR_1 > IRR_2 > d$ și $D_1 \geq D_2$, folosirea indicilor PI și IRR pentru compararea iProiectelor I și II conduce, de obicei, la aceeași soluție.

Afirmația 2.6. Șansa ca, la $IRR_1 > IRR_2 > d$ și $D_1 < D_2$, folosirea indicilor PI și IRR, pentru compararea iProiectelor I și II, să conducă la aceeași soluție este crescătoare față de $IRR_1/IRR_2, d/IRR_2$ și D_1 și descrescătoare față de D_2 și $D_2 - D_1$.

Afirmația 2.7. Folosirea indicilor EAPI și IRR, la compararea iProiectelor I și II, conduce la aceeași soluție, dacă $IRR_1 > d \geq IRR_2$ sau dacă la $IRR_1 > IRR_2, CF_{1t} = CF_1, t = \overline{1, D_1}$ și $CF_{2t} = CF_2, t = \overline{1, D_2}$ are loc și $D_2 \geq D_1$.

Consecința 2.4. Se poate considera că, la $IRR_1 > IRR_2$ și $D_2 \geq D_1$, folosirea indicilor EAPI și IRR, pentru compararea iProiectelor I și II, conduce, de obicei, la aceeași soluție.

Afirmația 2.8. Șansa ca, la $IRR_1 > IRR_2 > d$ și $D_1 > D_2$, folosirea indicilor EAPI și IRR, pentru compararea iProiectelor I și II, să conducă la aceeași soluție este crescătoare față de IRR_1/IRR_2 și D_2 , descrescătoare față de D_1 și $D_1 - D_2$ și mai puțin depinde de valoarea d .

Consecința 2.5. Se poate considera că folosirea indicilor PI, EAPI și IRR, pentru compararea a două proiecte informatice de aceeași durată D , duce, de obicei, la aceeași soluție.

Afirmația 2.9. Se poate considera că, pentru compararea iProiectelor I și II la $D_I \neq D_{II}$, dintre indici PI, EAPI și IRR, de preferat este cel EAPI.

Exemplul 2.1. Fie datele inițiale privind Proiectele I și II, prezentate în Tabelul 2.1 și, de asemenea: $d = 0,08$, $I_I^C = 1000$ EUR, $I_{II}^C = 1240$ EUR, $D_I = 3$ ani și $D_{II} = 8$ ani. Se cere de determinat ordinea de preferință a proiectelor informatice, având ca punct de reper începutul lansării produselor proiectelor în exploatare.

Tabelul 2.1. Unele caracteristici ale iProiectelor I și II la Exemplul 2.1

t	1	2	3	4	5-8	NPV	EANPV	PI	EAPI	IRR
CF_{I_t}	300	500	500	-	-	103	40,1	1,103	0,428	0,1319
CF_{2t}	190	230	230	280	280	203	35,4	1,164	0,203	0,1190

Sursa: elaborat de autor în baza [18]

Conform Afirmației 2.9, deoarece $D_I \neq D_{II}$, ca indice de bază pentru compararea proiectelor informatice dintre indicii PI, EAPI și IRR este oportun de folosit cel EAPI. Aceeași soluție ca și cea a EAPI oferă indicii EANPV și IRR (preferință se oferă iProiectului I), pe când soluția oferită de indicii PI și NPV este opusă (preferință se oferă iProiectului II). Este ușor de observat că, dacă cu același succes de reinvestit resursele financiare, obținute de la iProiectul I, atunci în cei 8 ani (durata folosirii produsului iProiectului II) se va obține o valoare actualizată netă de peste $103 \times 8/3 \approx 374$ EUR, care este mai mare decât cei 203 EUR, obținuți de la folosirea produsului uProiectului II. Astfel, se confirmă enunțul Afirmației 2.9 privind oportunitatea folosirii indicelui EAPI față de cel PI la $D_I \neq D_{II}$.

Exemplul 2.2. Fie datele inițiale prezentate în Tabelul 2.2 și: $d = 0,08$, $I_I^C = 1000$ EUR, $I_{II}^C = 1100$ EUR, $D_I = 5$ ani, $D_{II} = 6$ ani. Se cere de determinat ordinea de preferință a proiectelor informatice, având ca punct de reper începutul lansării produselor proiectelor în exploatare.

Tabelul 2.2. Unele caracteristici ale iProiectelor I și II la Exemplul 2.2

t	1	2	3	4	5, 6	NPV	EANPV	PI	EAPI	IRR
CF_{I_t}	250	250	300	300	300	109	32,8	1,109	0,335	0,1188
CF_{2t}	220	250	270	300	300	146	31,6	1,133	0,245	0,1202

Sursa: elaborat de autor în baza [18]

Conform Afirmației 2.9, deoarece $D_I \neq D_{II}$, ca indice de bază pentru compararea proiectelor informatice dintre indicii PI, EAPI și IRR este oportun de folosit cel EAPI. Aceeași soluție ca și cea a EAPI oferă indicele EANPV (preferință se oferă iProiectului I), pe când soluția oferită de indicii PI, NPV și IRR este opusă (preferință se oferă iProiectului II).

Afirmația 2.10. Pentru proiectele informatice de Categoria 2, folosirea indicilor EAPI și EANPV conduce la aceeași soluție doar dacă

$$\beta > (I_{II}^C / I_I^C - 1)(EAPI_{II} - CRF), \quad (2.13)$$

unde I_I^C și I_{II}^C sunt investițiile în iProiectele I și II, respectiv; $EAPI_I$ și $EAPI_{II}$ sunt valorile indicelui EAPI pentru iProiectele I și II, iar $EAPI_I = EAPI_{II} + \beta$, $\beta > 0$.

Consecința 2.6. Dacă, pentru iProiectele I și II de Categoriile 1b sau 2b, au loc relațiile (2.8)-(2.10) la $EAPI_I = EAPI_{II} + \beta$, $\beta > 0$, atunci indicii EAPI și EANPV conduc la aceeași soluție, fiind de preferat iProiectul I.

Consecința 2.7. Dacă un proiect este de preferat doar în cazul că $NPV > 0$ și pentru iProiectele I și II de Categoriile 1b sau 2b au loc relațiile

$$I_I^C > I_{II}^C, \quad EAPI_I = EAPI_{II} + \beta, \quad \beta > 0, \quad (2.14)$$

atunci indicii EAPI și EANPV conduc la aceeași soluție, fiind de preferat iProiectul I.

Afirmația 2.11. Dacă un proiect este de preferat doar în cazul că $NPV > 0$ și pentru iProiectele I și II de Categoriile 1b sau 2b au loc relațiile

$$I_I^C < I_{II}^C, \quad EAPI_I = EAPI_{II} + \beta, \quad \beta > 0, \quad NPV_{II} > 0 \quad (2.15)$$

$$\text{și} \quad \beta < (I_{II}^C / I_I^C - 1)(EAPI_{II} - CRF), \quad (2.16)$$

atunci indicii EAPI și EANPV conduc la soluții diferite.

Exemplul 2.3. Fie datele inițiale din Tabelul 2.3 și, de asemenea: $d = 0,08$, $I_I^C = 1000$ EUR, $I_{II}^C = 1100$ EUR, $D_I = 3$ ani, $D_{II} = 5$ ani. Se cere de a determina ordinea de preferință a proiectelor informatice, având ca punct de reper începutul lansării produselor proiectelor în exploatare.

Tabelul 2.3. Unele caracteristici ale iProiectelor I și II la Exemplul 2.3

t	1	2	3	4	5	NPV	EANPV	PI	EAPI	IRR
CF_{1t}	300	500	500	-	-	103	40,1	1,103	0,428	0,1319
CF_{2t}	300	350	350	350	350	111	27,8	1,090	0,273	0,1127

Sursa: elaborat de autor în baza [18]

Conform Afirmației 2.9, deoarece $D_I \neq D_{II}$, ca indici de bază pentru compararea proiectelor informatice este oportun de folosit cei EANPV și EAPI. Soluțiile oferite de acești doi indici și, de asemenea, de cei PI și IRR, după cum se vede din Tabelul 2.3, coincid (preferință se acordă iProiectului I). Totodată, indicele NPV oferă o altă soluție (preferință se acordă iProiectului II).

Exemplul 2.4. Fie datele inițiale privind iProiectele I și II, prezentate în Tabelul 2.4 și $D_I = 5$ ani, $D_{II} = 4$ ani, iar celelalte condiții – ca în Exemplul 2.3.

Tabelul 2.4. Unele caracteristici ale iProiectelor I și II în Exemplul 2.4

<i>t</i>	1	2	3	4	5, 6	NPV	EANPV	PI	EAPI	IRR
CF _{1t}	250	300	300	300	300	152	37,9	1,152	0,288	0,1343
CF _{2t}	350	450	450	450	-	158	47,7	1,127	0,340	0,1337

Sursa: elaborat de autor în baza [18]

Deoarece $D_I \neq D_{II}$, conform Afirmației 2.9, ca indici de bază pentru compararea proiectelor informatice este oportun de a folosi EANPV și EAPI. Soluțiile oferite de acești doi indici și, de asemenea, de cel NPV, după cum se vede din Tabelul 3.3, sunt aceleași (preferință se oferă iProiectului II). Totodată, indicii PI și IRR oferă soluția opusă (preferință se acordă iProiectului I).

Exemplul 2.5. Fie datele inițiale privind iProiectele I și II, prezentate în Tabelul 2.5 și $D_I = D_{II} = 5$ ani, iar celelalte condiții ca în Exemplul 2.3.

Tabelul 2.5. Unele caracteristici ale iProiectelor I și II în Exemplul 2.5

<i>t</i>	1	2	3	4	5, 6	NPV	EANPV	PI	EAPI	IRR
CF _{1t}	250	330	330	330	330	244	61,0	1,244	0,311	0,1647
CF _{2t}	300	400	400	400	400	264	66,2	1,213	0,304	0,1545

Sursa: elaborat de autor în baza [18]

Deoarece $D_I = D_{II}$, conform Consecinței 2.5, ca indici de bază pentru compararea proiectelor informatice este oportun de a aplica NPV și PI. Soluțiile oferite de acești doi indici, după cum se vede din Tabelul 2.5, sunt diferite (preferința NPV este pentru iProiectul II, iar a celui PI este pentru iProiectul I). Pentru a lua decizia, sunt necesare cercetări suplimentare. De menționat că indicii PI, EAPI și IRR oferă aceeași soluție (preferință se acordă iProiectului I).

Bineînțeles, de rând cu indicii de bază, la selectarea proiectelor informatice poate fi oportună folosirea ca auxiliari și a altor indici. Mai mult ca atât, stipulările afirmațiilor și consecințelor sunt obținute în anumite condiții ce pot să nu se satisfacă, în mai mare sau mai mică măsură, în situații reale. De exemplu, în cazul unor proiecte informatice de durată diferită, importantă este luarea în considerație a riscurilor aferente etc. De aceea, recomandările în cauză pot servi, de obicei, doar ca orientări în linii mari în situațiile-problemă respective.

În baza Afirmațiilor 2.1-2.11 și a Consecințelor 2.1-2.7, se poate concluziona că la analiza comparativă în perechi a proiectelor informatice, având ca moment de referință anul lansării produselor, ca indici de bază de eficiență economică este oportun de folosit [18]:

a) indicele EATCO – pentru proiectelor informatice de Categoriile 1a sau 2a de durată diferită, veniturile de la implementarea cărora este într-atât de dificil de estimat, încât nici nu se merită (Afirmația 2.1). Dacă proiectelor informatice sunt de aceeași durată, atunci poate fi folosit indicele TCO, calcularea căruia este mai simplă. Proiectele de Categoria 2a pot fi acceptate doar dacă $D > T^N$;

b) indicii EANPV, EAPI și IRR – pentru celelalte categorii de proiecte (Afirmația 2.9). Dacă proiectele informatice sunt de aceeași durată, atunci pot fi folosiți indicii NPV, IRR și PI, a căror calculare este mai simplă (Consecința 2.5).

Rezumând, dacă de comparat două proiecte, 1 și 2, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile, atunci, la $NPV_1 > 0$ și $NPV_2 > 0$ (proiectele cu $NPV < 0$ nu sunt eligibile) și compararea în perechi a valorilor indicilor NPV, IRR și PI pentru iProiectele 1 și 2, este constatat că [18, 126]:

- 1) utilizarea indicilor NPV și PI conduce la aceeași soluție, fiind de preferat iProiectul 1, dacă și doar dacă $PI_1 = PI_2 + \alpha$, $\alpha > 0$ și $\alpha > (I_2^C/I_1^C - 1)(PI_2 - 1)$;
- 2) dacă $I_1^C < I_2^C$, $PI_1 = PI_2 + \alpha$ și $0 < \alpha < (I_2^C/I_1^C - 1)(PI_2 - 1)$, atunci utilizarea indicilor PI și NPV conduce la soluții diferite;
- 3) utilizarea indicilor PI și IRR conduce la aceeași soluție, fiind de preferat iProiectul 1, în următoarele două cazuri:
 - a) $IRR_1 > d \geq IRR_2$;
 - b) $D_1 \geq D_2$, $IRR_1 > IRR_2$, $CF_{1t} = CF_1$, $t = \overline{1, D_1}$ și $CF_{2t} = CF_2$, $t = \overline{1, D_2}$;
- 4) utilizarea indicilor EAPI și IRR conduce la aceeași soluție, fiind de preferat iProiectul 1, în următoarele două cazuri:
 - a) $IRR_1 > d \geq IRR_2$;
 - b) $D_2 \geq D_1$, $IRR_1 > IRR_2$, $CF_{1t} = CF_1$, $t = \overline{1, D_1}$ și $CF_{2t} = CF_2$, $t = \overline{1, D_2}$;
- 5) utilizarea EAPI și EANPV conduce la aceeași soluție, fiind de preferat iProiectul 1, dacă $EAPI_1 = EAPI_2 + \beta$, $\beta > 0$ și $\beta > I_2^C(EAPI_2 - CRF_2)/I_1^C - (EAPI_2 - CRF_1)$;
- 6) utilizarea indicilor EAPI și EANPV conduce la soluții diferite, dacă $I_1^C > I_2^C$, $EAPI_1 = EAPI_2 + \beta$ și $\beta < I_2^C(EAPI_2 - CRF_2)/I_1^C - (EAPI_2 - CRF_1)$.

Rezultatele menționate, cu excepția situațiilor 1), 2), 5) și 6), nu caracterizează pe deplin oportunitatea de a utiliza unul sau un alt indice atunci când se compară proiecte informatice. De exemplu, se poate considera că [18, 126]:

- 7) la $IRR_1 > IRR_2 > d$ și $D_1 > D_2$, utilizarea PI și IRR conduce, de obicei, la aceeași soluție;
- 8) la $IRR_1 < IRR_2$ și $D_1 > D_2$, utilizarea EAPI și IRR conduce, de obicei, la aceeași soluție.

Deci, în condițiile situațiilor 7) și 8), pot exista cazuri când utilizarea indicilor PI și IRR și, respectiv, a indicilor EAPI și IRR conduce la soluții diferite. Prezintă interes cât de frecvent au loc astfel de cazuri. La acest aspect și la alte aspecte, răspunsul poate fi obținut doar prin simulare informatică.

Deci, scopul de bază al i-simulării constă în identificarea frecvenței cazurilor în care soluțiile obținute la aplicarea a doi sau chiar a tuturor celor trei indici conduce la soluții diferite.

Se vor examina doar proiecte informatice, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile. Fiecare proiect informatic k se va caracteriza de mărimile:

I_k^C - volumul investițiilor necesare;

τ_k - durata însușirii investițiilor I_k^C (durata implementării proiectului informatic);

D_k - durata folosirii produsului rezultat în cazul implementării proiectului informatic;

$L_k = \tau_k + D_k$ - durata desfășurării proiectului informatic;

CF_{kt} - este fluxul de numerar în anul t ;

NPV_k - valoarea indicelui NPV;

IRR_k - valoarea indicelui IRR;

PI_k - valoarea indicelui PI.

Rata d se consideră constantă pentru întreaga perioadă L și egală pentru toate proiectele informatice ce se compară. De asemenea, la actualizarea valorilor indicilor, ca punct de referință temporală se va folosi momentul lansării proiectelor informatice în exploatare, această dată fiind aceeași pentru toate i -proiectele ce se compară. Frecvența scontată se va determina de procentajul cazurilor în care soluțiile obținute la aplicarea a cel puțin doi indici conduce la soluții diferite.

Deci, în cazul comparării proiectelor informatice de aceeași durată, este necesară identificarea, prin simulare informatică, a procentajelor cazurilor în care aplicarea indicilor fiecărei perechi $NP = \{NPV, PI\} - q_{NP}$, $NR = \{NPV, IRR\} - q_{NR}$, $PR = \{PI, IRR\} - q_{PR}$ și, de asemenea, a cel puțin uneia dintre perechile tripletului $NPR = NPV \cup NR \cup PR - q_{NPR}$ conduce la soluții diferite. Evident, procentajul de coincidență a tuturor soluțiilor la aplicarea celor trei indici (NPV, PI și IRR) este egal cu $100 - q_{NPR}$.

De asemenea, în cazul comparării proiectelor informatice de durată diferită, este necesară identificarea procentajelor cazurilor în care aplicarea indicilor fiecărei perechi $NP = \{NPV, PI\} - q_{NP}$, $NR = \{NPV, IRR\} - q_{NR}$ și $PR = \{PI, IRR\} - q_{PR}$, $NPE = \{EANPV, EAPI\} - q_{NPE}$, $NRE = \{EANPV, IRR\} - q_{NRE}$, și $PRE = \{EAPI, IRR\} - q_{PRE}$ și, de asemenea, a cel puțin uneia dintre perechile tripletului $NPER = EANP \cup EANR \cup EAPR - q_{NPER}$ conduce la soluții diferite. Evident, procentajul de coincidență a tuturor soluțiilor la aplicarea celor trei indici (EANP, EAPI și IRR) este egal cu $100 - q_{NPER}$.

2.2. Aspecte de analiză comparativă a proiectelor informatice de aceeași durată

De durată egală se consideră acele proiecte informatice care au aceeași durată de folosire utilă. În conformitate cu stipulările Secțiunii 1.5, în calitate de indici de bază la compararea proiectelor informatice, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile, se consideră indicii NPV, IRR și PI. Acești trei indici, după cum s-a constatat, constituie o mulțime

Pareto, adică niciunul dintre aceștia nu-i poate substitui întotdeauna pe ceilalți doi - în unele cazuri soluțiile obținute vor fi diferite. Prezintă interes pe cât de frecvent au loc astfel de cazuri. Răspunsul poate fi obținut doar prin simulare informatică.

În acest scop, sunt propuse 7 modele (Secțiunea 2.2.1), iar pentru fiecare din acestea - câte un algoritm (Secțiunea 2.2.2) de analiză comparativă a proiectelor informatice de aceeași durată prin simulare informatică a 7 situații-problemă. În cercetări se va ține cont de aspectele comune stipulate în Secțiunea 2.1.2. Descrierea se va efectua urmând [115].

2.2.1. Modele de analiză comparativă a proiectelor informatice de aceeași durată

Pentru a obține o evaluare pertinentă, la analiză comparativă a proiectelor informatice este esențial să se țină cont de factori cheie. Fie este necesară compararea a două proiecte informatice, 1 și 2, de durată egală, adică $D_1 = D_2 = D$, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile. La actualizarea valorilor indicilor, ca punct de referință temporală se va folosi momentul lansării proiectelor informatice în exploatare, acesta fiind același pentru ambele proiecte. Se cere identificarea, prin simulare informatică, a procentajelor cazurilor în care soluțiile, obținute la aplicarea indicilor fiecărei perechi $NP = \{NPV, PI\} - q_{NP}$, $NR = \{NPV, IRR\} - q_{NR}$ și $PR = \{PI, IRR\} - q_{PR}$ și, de asemenea, a cel puțin una dintre aceste trei perechi $NPR = NPV \cup NR \cup PR - q_{NPR}$, conduce la soluții diferite.

Rata de actualizare d se consideră constantă și egală pentru cele două proiecte informatice, dar valorile fluxurilor CF_t de numerar și, la fel, cele ale volumului I al investițiilor pot să difere pentru cele două i-proiecte. De asemenea, sunt introduși doi parametri, g și v . Valoarea parametrului g se determină din considerente de asigurare a unei valori date r pentru indicele IRR. Deci, din egalitatea (2.5) la $CF_t = CF$, $t = 1, 2, \dots, D$, se obține

$$\sum_{t=1}^D \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I = CF \sum_{t=1}^D \frac{1}{(1+r)^t} - I = CF \frac{1-(1+r)^{-D}}{r} - I = CF/g - I = 0,$$

unde
$$g = CF/I = r[1 - (1+r)^{-D}]. \quad (2.17)$$

Astfel, g depinde de r și D și, în același timp, stabilește relația dintre valoarea I a investiției și valoarea medie CF a fluxurilor de numerar CF_t , $t = 1, 2, \dots, D$. Desigur, la $CF_t \neq CF$, $t = 1, 2, \dots, D$ valoarea IRR nu este egală cu r , dar este relativ apropiată de aceasta.

La rândul său, parametrul v caracterizează intervalul de variație relativă a CF_t față de CF . Deci, valoarea lui v este atribuită în funcție de valoarea $CF = gI$ și anume

$$v = (CF - CF_{\min})/CF = (CF_{\max} - CF)/CF. \quad (2.18)$$

Așadar:
$$CF_{\min} = CF(1 - v) = gI(1 - v), \quad (2.19)$$

$$CF_{\max} = CF(1 + v) = gI(1 + v) \quad (2.20)$$

$$\text{și } CF_t \in [CF_{\min}; CF_{\max}], t = 1, 2, \dots, D. \quad (2.21)$$

În calcule, pentru parametrii d, r, v, D și I se vor folosi valori din intervalele date: $d \in [d_{\min}; d_{\max}]$, $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$, $v \in [v_{\min}; v_{\max}]$, $D \in [D_{\min}; D_{\max}]$ și $I \in [I_{\min}; I_{\max}]$. Folosind aceste intervale de valori, se poate forma un număr foarte mare de grupuri de alternative de date inițiale. Dintre acestea, ca în [115], sunt selectate șapte grupuri, și anume a1-a7. În toate cazurile, valorile CF_t sunt generate aleatoriu la repartiție uniformă în intervalul respectiv, după cum urmează (ținând cont de (2.19)-(2.21)):

$$CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}], \text{ unde } CF_{1\min} = g(1 - v)I_1 \text{ și } CF_{1\max} = g(1 + v)I_1; \quad (2.22)$$

$$CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}], \text{ unde } CF_{2\min} = g(1 - v)I_2 \text{ și } CF_{2\max} = g(1 + v)I_2. \quad (2.23)$$

În Grupul a6 de alternative, valorile mărimilor I și D sunt, de asemenea, generate aleatoriu la repartiție uniformă în intervalele: $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $D \in [D_{\min}; D_{\max}]$. În plus, Grupul a7 de alternative, valorile mărimilor r și v sunt generate aleatoriu în intervalele: $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$ și $v \in [v_{\min}; v_{\max}]$. În același timp, orice set de date inițiale astfel generat este acceptat numai dacă $NPV_1 > 0$, $NPV_2 > 0$ și $|IRR_1 - IRR_2| \geq \varepsilon$. Motivul utilizării parametrului ε ($\varepsilon = 0.005$) este de a lua în considerare eroarea de calcul la determinarea valorilor IRR_1 și IRR_2 .

Astfel, Grupurile a1-a7 de alternative (modele de simulare informatică) sunt:

a1) dependență de d : $d = d_i, i = \overline{1, n}$; $D; I_1; I_2; r; v$. Aici n este numărul de valori ale mărimii d în intervalul $[d_{\min}; d_{\max}]$, iar mărimilor D, I_1, I_2, r și v în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[D_{\min}; D_{\max}]$, $[I_{\min}; I_{\max}]$, $[r_{\min}; r_{\max}]$ și $[v_{\min}; v_{\max}]$;

a2) dependența de D : $D = D_i, i = \overline{1, n}$; $d; I_1; I_2; r; v$. Aici n este numărul de valori ale mărimii D în intervalul $[D_{\min}; D_{\max}]$ - acesta poate fi diferit de cel folosit pentru Grupul a1, iar mărimilor d, I_1, I_2, r și v în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[d_{\min}; d_{\max}]$, $[I_{\min}; I_{\max}]$, $[r_{\min}; r_{\max}]$ și $[v_{\min}; v_{\max}]$;

a3) dependența de I : $I_2 = I_{2i}, i = \overline{1, n}$; $d; D; I_1; r; v$. Aici n este numărul de valori ale mărimii I_2 în intervalul $[I_{\min}; I_{\max}]$ - acesta poate fi diferit de cel folosit pentru alte grupuri de alternative, iar mărimilor d, D, I_1, r și v în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[d_{\min}; d_{\max}]$, $[D_{\min}; D_{\max}]$, $[I_{\min}; I_{\max}]$, $[r_{\min}; r_{\max}]$ și $[v_{\min}; v_{\max}]$;

a4) dependența de r : $r = r_i, i = \overline{1, n}$; $d; D; I_1; I_2; v$. Aici n este numărul de valori ale mărimii r în intervalul $[r_{\min}; r_{\max}]$ - acesta poate fi diferit de cel folosit pentru alte grupuri de alternative, iar mărimilor d, D, I_1, I_2 și v în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[d_{\min}; d_{\max}]$, $[D_{\min}; D_{\max}]$, $[I_{\min}; I_{\max}]$ și $[v_{\min}; v_{\max}]$, respectiv;

a5) dependența de v : $v = v_i, i = \overline{1, n}$; $d; D; I_1; I_2; r$. Aici n este numărul de valori ale mărimii v în intervalul $[v_{\min}; v_{\max}]$ - acesta poate fi diferit de cel folosit pentru alte grupuri de alternative, iar mărimilor d, D, I_1, I_2 și r în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[d_{\min}; d_{\max}]$, $[D_{\min}; D_{\max}]$, $[I_{\min}; I_{\max}]$ și $[r_{\min}; r_{\max}]$;

a6) dependența de d^+ (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D , I_1 și I_2 – grup parțial general): $d = d_i$, $i = \overline{1, n}$, iar mărimile D_i , I_{1i} și I_{2i} iau valori aleatorii, pe când cele r și v – câte o valoare anume în intervalele respective;

a7) dependența de d^- (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D , I_1 , I_2 , r și v – grupul general): $d = d_i$, $i = \overline{1, n}$, iar mărimile D , I_1 , I_2 , r și v iau valori aleatorii în intervalele respective.

Pentru fiecare dintre Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale, trebuie determinate, prin simulare informatică la dimensiunea K a eșantionului dinainte stabilită, procentajele q_{NP} , q_{NR} , q_{PR} , q_{NPR} și f . Aici f este procentajul cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale. Un asemenea eșec are loc, dacă la generarea unui set de date inițiale se confirmă cel puțin una dintre următoarele inegalități: $NPV_1 < 0$, $NPV_2 < 0$ sau $|\text{IRR}_1 - \text{IRR}_2| > \varepsilon$.

2.2.2. Algoritmi de i-simulare pentru proiecte informatice de aceeași durată

Conform modelului descris în Secțiunea 2.2.1, pentru fiecare grup de alternative de date inițiale din Grupurile a1-a7 este alcătuit câte un algoritm de realizare a simulării informatice pentru a determina procentajele q_{NP} , q_{NR} , q_{PR} , q_{NPR} și f . Etapele generale ale acestor algoritmi sunt prezentate în Tabelul 2.6.

În scopul evaluării proiectelor informatice de aceeași durată, conform etapelor 1-8 din Tabelul 2.6, sunt dezvoltati Algoritmii 2.1-2.7 de i-simulare pentru Grupurile a1-a7 de alternative, respectiv.

Algoritmul 2.1 pentru Grupul a1 de alternative (dependența de d) este prezentat în Tabelul 2.7. În rezultatul aplicării acestui algoritm va fi posibilă analiza influenței varierii valorii ratei de actualizare d asupra procentajelor de diferențiere a soluțiilor la utilizarea combinațiilor de indici NP, NR, PR și NPR.

În mod similar cu Algoritmul 2.1 descris în Tabelul 2.7, dar într-o formă mai concisă (fără a comenta pe larg acțiunile) în cele ce urmează sunt descriși și Algoritmii 2.2-2.7.

În cadrul Grupului a2 de alternative se analizează dependența de $D = D_1 = D_2$, adică cum varierea duratei proiectelor influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR și NPR.

Tabelul 2.6. Etapele algoritmilor de simulare informatică pentru Grupurile a1-a7 de alternative

Etapă	Descriere	Parametrii/indicii implicați
1. Stabilirea datelor inițiale	Se stabilesc valorile și intervalele de valori pentru toți parametri relevanți.	d - rata de actualizare; $D = D_1 = D_2$ - durata i-proiectelor; I_1, I_2 - investițiile cu i-proiectele; r - valoarea dată pentru IRR; v - variabilitatea valorilor fluxurilor de numerar; n - numărul de valori pentru variabile; K - dimensiunea eșantionului de simulare.
2. Inițializarea variabilei-argument și a contorilor	Se stabilește valoarea variabilei-argument și se setează contorii pentru calcularea procentajelor q_{NP} , q_{NR} , q_{PR} și q_{NPR} .	Se implică variabila-argument conform grupului de alternative examinat. Contorii: m_f - număr de cazuri nevalide; m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} , m_{NPR} - numere de cazuri de necoincidență a soluțiilor pentru NP, NR, PR și NPR, respectiv.
3. Generarea valorilor mărimilor aleatorii	Se generează valori aleatorii de distribuție uniformă pentru mărimile respective.	Din cele d, D, I_1, I_2, r și v se implică mărimile conform grupului de alternative examinat.
4. Calcularea valorilor indicilor NPV, IRR și PI	Se determină valorile indicilor NPV, IRR și PI pentru fiecare set de date inițiale.	NPV - valoarea actualizată netă, IRR - rata internă de rentabilitate, PI - indicele de profitabilitate.
5. Evaluarea soluțiilor	Se compară soluțiile și, la necesitate, se actualizează valorile contorilor.	$m_f, m_{NP}, m_{NR}, m_{PR}, m_{NPR}$.
6. Iterarea procesului de simulare pentru valoarea dată a variabilei-argument	Pașii 3-5 se repetă de K ori (dimensiunea eșantionului).	Generarea de noi seturi de date și recalcularea indicilor
7. Iterarea valorilor variabilei-argument	Pașii 2-6 se repetă de n ori.	Determinarea de noi seturi de date inițiale și recalcularea indicilor și a procentajelor pentru fiecare din cele n valori ale variabilei-argument.
8. Prezentarea rezultatelor	Rezultatele sunt colectate și prezentate sub formă de grafice, tabele etc.	Rezultatele finale ale simulării

Sursa: elaborat de autor

Tabelul 2.7. Algoritmul 2.1 pentru Grupul a1 de alternative

Pas	Denumire	Acțiuni
1	Date inițiale	Se stabilesc valorile inițiale și intervalele pentru parametrii simulării: $n; d_i, i = \overline{1, n}; D; I_1; I_2; r; v; K$ (dimensiunea eșantionului pentru fiecare valoare a mărimii d).
2	Setare inițială d și calculare valori mărimi constante	Se calculează valoarea mărimilor ce nu se modifică și anume g și fluxurile de numerar minime și maxime admise pentru fiecare i -proiect: $g = r / [1 - (1 + r)^{-D}]$; $CF_{1min} := g(1 - v)I_1$; $CF_{1max} := g(1 + v)I_1$; $CF_{2min} := g(1 - v)I_2$; $CF_{2max} := g(1 + v)I_2$. $j := 1$ (indice de iterație pentru valoarea mărimii d).
3	Inițializare variabile	$d := d_j; m_f := 0; m_{NP} := 0; m_{NR} := 0; m_{PR} := 0; m_{NPR} := 0$; $k := 1$ (indice de iterație în cadrul eșantionului).
4	Generare fluxuri de numerar	Generarea valorilor mărimilor CF_{1t}, CF_{2t} , $t = \overline{1, D}$ în intervalele $[CF_{1min}, CF_{1max}]$ și $[CF_{2min}, CF_{2max}]$, respectiv.
5	Determinare NPV_1	Calcularea NPV pentru iProiectul 1 conform (2.4): Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6	Determinare NPV_2	Calcularea NPV pentru iProiectul 2 conform (2.4): Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7	Determinare IRR_1 și IRR_2	Determinarea ratelor interne de rentabilitate IRR_1 și IRR_2 din ecuația (2.5). Dacă $ IRR_1 - IRR_2 \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8	Determinare PI_1 și PI_2	Calcularea indicilor de profitabilitate PI_1 și PI_2 conform (2.6).
9	Numărare cazuri	Numărarea cazurilor în care soluțiile diferă pentru fiecare combinație de indici NP, NR, PR și NPR: Actualizarea valorilor contorilor m_{NP}, m_{NR}, m_{PR} și m_{NPR} .
10	Iterare eșantion	Verificarea dacă $k < K$: Dacă da, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11	Calculare procentaje	Calcularea procentajelor pentru fiecare combinație de indici NP, NR, PR și NPR și a procentajului de cazuri nevalide: $q_{NP}(d) := 100 m_{NP} / (K - m_f)$; $q_{NR}(d) := 100 m_{NR} / (K - m_f)$; $q_{PR}(d) := 100 m_{PR} / (K - m_f)$; $q_{NPR}(d) := 100 m_{NPR} / (K - m_f)$; $f(d) := 100 m_f / K$.
12	Iterare variabilă-argument	Verificarea dacă $j < n$: Dacă da, atunci $j := j + 1$ (pentru actualizarea valorii d) și trecere la Pasul 3.
13	Preluare rezultate	Finalizarea simulării și colectarea rezultatelor pentru analiză.

Sursa: elaborat de autor

Algoritmul 2.2 pentru Grupul a2 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(D)$, $q_{NR}(D)$, $q_{PR}(D)$, $q_{NPR}(D)$ și $f(D)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: $d; n; D_i, i = \overline{1, n}; I_1; I_2; r; v; K$.
2. $j := 1$.
3. $D := D_j; g := r/[1 - (1 + r)^{-D}]; CF_{1min} := g(1 - v)I_1, CF_{1max} := g(1 + v)I_1, CF_{2min} := g(1 - v)I_2, CF_{2max} := g(1 + v)I_2; m_f := 0, m_{NP} := 0, m_{NR} := 0, m_{PR} := 0, m_{NPR} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1min}; CF_{1max}], t = 1, 2, \dots, D$ și $CF_{2t} \in [CF_{2min}; CF_{2max}], t = 1, 2, \dots, D$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6).
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, la necesitate, a valorilor mărimilor m_{NP}, m_{NR}, m_{PR} și m_{NPR} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(D) := 100m_{NP}/(K - m_f), q_{NR}(D) := 100m_{NR}/(K - m_f), q_{PR}(D) := 100m_{PR}/(K - m_f), q_{NPR}(D) := 100m_{NPR}/(K - m_f)$ și $f(D) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului a3 de alternative se analizează dependența de I_2 (volumul investițiilor cu iProiectul 2), adică cum varierea volumului investițiilor cu iProiectul 2 influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR și NPR.

Algoritmul 2.3 pentru Grupul a3 - determinarea procentajelor $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$, $q_{NPR}(I_2)$ și $f(I_2)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: $d; D; n; I_{2i}, i = \overline{1, n}; I_1; r; v; K$.
2. $j := 1. g := r/[1 - (1 + r)^{-D}]; CF_{1min} := g(1 - v)I_1, CF_{1max} := g(1 + v)I_1$.
3. $I_2 := I_{2j}; CF_{2min} := g(1 - v)I_2, CF_{2max} := g(1 + v)I_2; m_f := 0, m_{NP} := 0, m_{NR} := 0, m_{PR} := 0, m_{NPR} := 0$ și $k := 1$.
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1min}; CF_{1max}], t = 1, 2, \dots, D$ și $CF_{2t} \in [CF_{2min}; CF_{2max}], t = 1, 2, \dots, D$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.

7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6).
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, la necesitate, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} și m_{NPR} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(I_2) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(I_2) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(I_2) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPR}(I_2) := 100m_{NPR}/(K - m_f)$ și $f(I_2) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului a4 de alternative se analizează dependența de r (valoarea dată pentru IRR), adică cum varierea valorii ratei interne de rentabilitate influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR și NPR.

Algoritmul 2.4 pentru Grupul a4 - determinarea procentajelor $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$, $q_{NPR}(r)$ și $f(r)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: d ; D ; I_1 ; I_2 ; n ; r_i , $i = \overline{1, n}$; v ; K .
2. $j := 1$.
3. $r := r_j$; $g := r/[1 - (1 + r)^{-D}]$; $CF_{1\min} := g(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NP} := 0$, $m_{NR} := 0$, $m_{PR} := 0$, $m_{NPR} := 0$ și $k := 1$.
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6).
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, la necesitate, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} și m_{NPR} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(r) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(r) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(r) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPR}(r) := 100m_{NPR}/(K - m_f)$ și $f(r) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului a5 de alternative se analizează dependența de v (variabilitatea valorilor fluxurilor de numerar), adică cum varierea valorilor fluxurilor de numerar influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR și NPR.

Algoritmul 2.5 pentru Grupul a5 - determinarea procentajelor $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$, $q_{NPR}(v)$ și $f(v)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: $d; D; I_1; I_2; r; n; v_i, i = \overline{1, n}; K$.
2. $j := 1$.
3. $v := v_j; g := r/[1 - (1 + r)^{-D}]; CF_{1\min} := g(1 - v)I_1, CF_{1\max} := g(1 + v)I_1; CF_{2\min} := g(1 - v)I_2, CF_{2\max} := g(1 + v)I_2; m_f := 0, m_{NP} := 0, m_{NR} := 0, m_{PR} := 0, m_{NPR} := 0$ și $k := 1$.
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}], t = 1, 2, \dots, D$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}], t = 1, 2, \dots, D$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6).
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, la necesitate, a valorilor mărimilor m_{NP}, m_{NR}, m_{PR} și m_{NPR} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(v) := 100m_{NP}/(K - m_f), q_{NR}(v) := 100m_{NR}/(K - m_f), q_{PR}(v) := 100m_{PR}/(K - m_f), q_{NPR}(v) := 100m_{NPR}/(K - m_f)$ și $f(v) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
14. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului a6 de alternative se analizează dependența de $d+$ (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D, I_1 și I_2 - grup parțial general), adică cum varierea valorilor ratei de actualizare d , la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D, I_1 și I_2 , influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR și NPR.

Algoritmul 2.6 pentru Grupul a6 - determinarea procentajelor $q_{NP}(d+)$, $q_{NR}(d+)$, $q_{PR}(d+)$, $q_{NPR}(d+)$ și $f(d+)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: $v; r; n; d_i, i = \overline{1, n}; K$.
2. $j := 1$.
3. $d := d_j; m_f := 0, m_{NP} := 0, m_{NR} := 0, m_{PR} := 0, m_{NPR} := 0$ și $k := 1$.
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $D \in [D_{\min}; D_{\max}], I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, unde D_{\min} și D_{\max} sunt valoarea minimă și, respectiv, maximă admise

pentru mărimea D , iar I_{\min} și I_{\max} sunt valoarea minimă și, respectiv, maximă admise pentru mărimile I_1 și I_2 . De asemenea, $g := r/[1 - (1 + r)^{-D}]$; $CF_{1\min} := g(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g(1 - v)I_2$ și $CF_{2\max} := g(1 + v)I_2$.

5. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{I_t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D$.
6. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
7. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
8. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
9. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6).
10. Identificarea cazurilor și actualizarea, la necesitate, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} și m_{NPR} .
11. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
12. $q_{NP}(d+) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(d+) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(d+) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPR}(d+) := 100m_{NPR}/(K - m_f)$ și $f(d+) := 100m_f/K$.
13. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
14. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului a7 de alternative se analizează dependența de d (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D , I_1 și I_2 , r și v - grupul general), adică cum varierea valorilor ratei d , la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D , I_1 , I_2 , r și v , influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR și NPR.

Algoritmul 2.7 pentru Grupul a7 - determinarea procentajelor $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$, $q_{NPR}(d)$ și $f(d)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; d_i , $i = \overline{1, n}$; K .
2. $j := 1$.
3. $d := d_j$; $m_f := 0$, $m_{NP} := 0$, $m_{NR} := 0$, $m_{PR} := 0$, $m_{NPR} := 0$ și $k := 1$.
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $D \in [D_{\min}; D_{\max}]$, $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$ și $v \in [v_{\min}; v_{\max}]$, unde r_{\min} și r_{\max} sunt valoarea minimă și, respectiv, maximă admise pentru mărimea r , iar v_{\min} și v_{\max} sunt valoarea minimă și, respectiv, maximă admisă pentru mărimea v . De asemenea, $g := r/[1 - (1 + r)^{-D}]$; $CF_{1\min} := g(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g(1 - v)I_2$ și $CF_{2\max} := g(1 + v)I_2$.
5. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{I_t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D$.
6. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.

7. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
8. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
9. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6).
10. Identificarea cazurilor și actualizarea, la necesitate, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} și m_{NPR} .
11. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
12. $q_{NP}(d+) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(d+) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(d+) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPR}(d+) := 100m_{NPR}/(K - m_f)$ și $f(d+) := 100m_f/K$.
13. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
14. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

Algoritmii 2.1-2.7 sunt implementați în aplicația informatică SIMINV (Secțiunea 3.2).

2.3. Aspecte de analiză comparativă a proiectelor informatice de durată diferită

De durată diferită se consideră acele proiecte informatice durată de folosire utilă a căroro este diferită. Fără a diminua din universalitatea abordării, se va considera $D_1 > D_2$. Similar abordării din Secțiunea 2.2, în calitate de indici de bază la compararea proiectelor informatice, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile, se consideră indicii NPV, IRR și PI ce formează o mulțime Pareto. Prezintă interes pe cât de frecvent utilizarea indicilor NPV, IRR și PI conduce la soluții diferite. Răspunsul poate fi obținut doar prin simulare informatică.

În acest scop, sunt propuse 7 modele (Secțiunea 2.3.1) și pentru fiecare din acestea câte un algoritm (Secțiunea 2.3.2) de analiză comparativă a proiectelor informatice de durată diferită prin simularea informatică a 7 situații-problemă. În cercetări se va ține cont de aspectele comune stipulate în Secțiunea 2.1.2. Descrierea se va efectua urmând [126].

2.3.1. Modele de analiză comparativă a proiectelor informatice de durată diferită

Fie este necesară compararea a două proiecte informatice, 1 și 2, de durată diferită, adică $D_1 \neq D_2$, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile. La actualizarea valorilor indicilor, ca punct de referință temporală se va folosi momentul lansării proiectelor informatice în exploatare, acesta fiind același pentru ambele proiecte. Se cere identificarea, prin simulare informatică, a procentajelor cazurilor în care soluțiile, obținute la aplicarea indicilor fiecărei perechi $NP = \{NPV, PI\} - q_{NP}$, $NR = \{NPV, IRR\} - q_{NR}$ și $PR = \{PI, IRR\} - q_{PR}$, $NPE = \{EANPV, EAPI\} - q_{NPE}$, $NRE = \{EANPV, IRR\} - q_{NRE}$, și $PRE = \{EAPI, IRR\} - q_{PRE}$, conduce la soluții diferite.

Rata d se consideră constantă și egală pentru cele două proiecte informatice, dar valorile fluxurilor CF_t de numerar și, de asemenea, cele ale volumului I al investițiilor pot să difere pentru cele două proiecte informatice. De asemenea, ca și în Secțiunea 2.2.1, sunt introduși parametrii g și v .

În calcule, pentru parametrii d, r, v, D și I se vor folosi valori din intervalele date: $d \in [d_{\min}; d_{\max}]$, $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$, $v \in [v_{\min}; v_{\max}]$, $D_1 \in [D_{\min}; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_2]$ și $I \in [I_{\min}; I_{\max}]$. Folosind aceste intervale de valori, se poate forma un număr mare de grupuri de alternative de date inițiale. Dintre acestea, ca în [118], sunt selectate șapte grupuri, și anume Grupurile 1-7. În toate cazurile, valorile CF_t sunt generate aleatoriu la repartiție uniformă în intervalul respectiv, conform (2.12) și (2.13). În Grupul 6 de alternative, valorile mărimilor I și D sunt, de asemenea, generate aleatoriu la repartiție uniformă în intervalul respectiv: $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $D_1 \in [D_{1\min}; D_{2\max}]$ și $D_2 \in [D_{1\min}; D_2]$. În plus, Grupul 7 de alternative, valorile mărimilor r și v sunt generate aleatoriu în intervalele, respectiv: $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$ și $v \in [v_{\min}; v_{\max}]$. În același timp, orice set de date inițiale astfel generat este acceptat doar dacă $NPV_1 > 0$, $NPV_2 > 0$ și $|IRR_1 - IRR_2| \geq \varepsilon$. Motivul utilizării parametrului ε ($\varepsilon = 0,005$) este de a lua în considerare eroarea de calcul la determinarea valorilor IRR_1 și IRR_2 .

Astfel, Grupurile 1-7 de alternative (modele de simulare informatică) sunt:

1) dependența de d : $d = d_i$, $i = \overline{1, n}$; $D_1; D_2, D_2 < D_1; I_1; I_2; r; v$. Aici n este numărul de valori ale mărimii d în intervalul $[d_{\min}; d_{\max}]$, iar mărimilor D_1, D_2, I_1, I_2, r și v în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[D_2 + 1; D_{\max}]$, $[D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $[I_{\min}; I_{\max}]$, $[r_{\min}; r_{\max}]$ și $[v_{\min}; v_{\max}]$, respectiv;

2) dependența de D_2 : $D_2 = D_{2i}$, $i = \overline{1, n}$; $d; D_1 > D_2; I_1; I_2; r; v$. Aici n este numărul de valori ale mărimii D_2 în intervalul $[D_{\min}; D_{\max} - 1]$ – acesta poate fi diferit de cel folosit pentru Grupul 1, iar mărimilor d, D_1, I_1, I_2, r și v în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[d_{\min}; d_{\max}]$, $[D_2 + 1; D_{\max}]$, $[I_{\min}; I_{\max}]$, $[r_{\min}; r_{\max}]$ și $[v_{\min}; v_{\max}]$, respectiv;

3) dependența de I_2 : $I_2 = I_{2i}$, $i = \overline{1, n}$; $d; D_1; D_2, D_2 < D_1; I_1; r; v$. Aici n este numărul de valori ale mărimii I_2 în intervalul $[I_{\min}; I_{\max}]$ – acesta poate fi diferit de cel folosit pentru alte grupuri de alternative, iar mărimilor d, D_1, D_2, I_1, r și v în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[d_{\min}; d_{\max}]$, $[D_2 + 1; D_{\max}]$, $[D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $[I_{\min}; I_{\max}]$, $[r_{\min}; r_{\max}]$ și $[v_{\min}; v_{\max}]$, respectiv;

4) dependența de r : $r = r_i, i = \overline{1, n}$; d ; D_1 ; $D_2, D_2 < D_1$; I_1 ; I_2 ; v . Aici n este numărul de valori ale mărimii r în intervalul $[r_{\min}; r_{\max}]$ – acesta poate fi diferit de cel folosit pentru alte grupuri de alternative, iar mărimilor d, D_1, D_2, I_1, I_2 și v în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[d_{\min}; d_{\max}], [D_2 + 1; D_{\max}], [D_{\min}; D_{\max} - 1], [I_{\min}; I_{\max}]$ și $[v_{\min}; v_{\max}]$;

5) dependența de v : $v = v_i, i = \overline{1, n}$; d ; D_1 ; $D_2, D_2 < D_1$; I_1 ; I_2 ; r . Aici n este numărul de valori ale mărimii v în intervalul $[v_{\min}; v_{\max}]$ – acesta poate fi diferit de cel folosit pentru alte grupuri de alternative, iar mărimilor d, D_1, D_2, I_1, I_2 și r în calcule li se atribuie câte o valoare anume în cadrul intervalelor $[d_{\min}; d_{\max}], [D_2 + 1; D_{\max}], [D_{\min}; D_{\max} - 1], [I_{\min}; I_{\max}]$ și $[r_{\min}; r_{\max}]$;

6) dependența de d + (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor $D_1, D_2 (D_2 < D_1), I_1$ și I_2 – grup parțial general): $d = d_i, i = \overline{1, n}$, iar mărimile D_i, I_{1i} și I_{2i} iau valori aleatorii, pe când cele r și v – câte o valoare anume în intervalele respective;

7) dependența de d · (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor $D_1, D_2 (D_2 < D_1), I_1, I_2, r$ și v – grupul general): $d = d_i, i = \overline{1, n}$, iar mărimile D_1, D_2, I_1, I_2, r și v iau valori aleatorii în intervalele respective.

Pentru fiecare dintre Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale, trebuie determinate, prin simulare informatică la dimensiunea K a eșantionului dinainte stabilită, procentajele $q_{NP}, q_{NR}, q_{PR}, q_{NPE}, q_{NRE}$ și q_{PRE} și f . Aici f este procentajul cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale. Un asemenea eșec are loc dacă la generarea unui set de date inițiale are loc cel puțin una dintre inegalitățile $NPV_1 < 0$ și $NPV_2 < 0$.

2.3.2. Algoritmi de simulare informatică pentru proiecte informatice de durată diferită

Conform modelelor descrise în Secțiunea 2.3.1, pentru fiecare grup de alternative de date inițiale dintre Grupurile 1-7 este alcătuit câte un algoritm de realizare a simulării informatice pentru a determina procentajele $q_{NP}, q_{NR}, q_{PR}, q_{NPE}, q_{NRE}$ și q_{PRE} și f . Etapele generale ale acestor algoritmi sunt prezentate în Figura 2.3.

În scopul evaluării proiectelor informatice de durată diferită, conform Figurii 2.3, sunt dezvoltate Algoritmii 2.8-2.14 de simulare informatică pentru Grupurile 1-7 de alternative, respectiv.

În cadrul Grupului 1 de alternative se analizează dependența de d , adică cum varierea ratei de actualizare influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR, NPE, NRE și PRE.

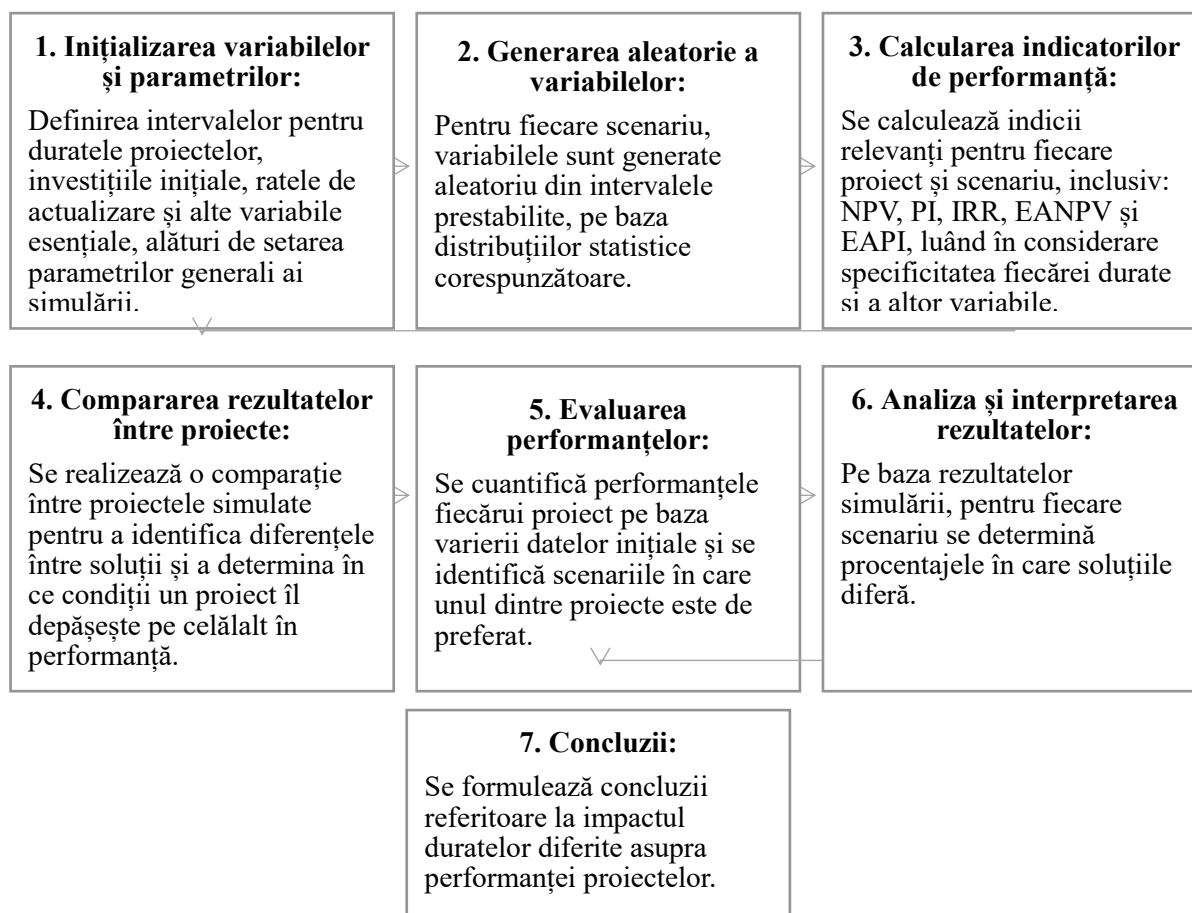


Figura 2.3. Structura logică a algoritmilor de simulare informatică pentru i-proiecte de durată diferită

Sursa: elaborată de autor

Algoritmul 2.8 pentru Grupul 1 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$, $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$, $q_{PRE}(d)$ și $f(d)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; d_i , $i = \overline{1, n}$; D_1 ; D_2 , $D_2 < D_1$; I_1 ; I_2 ; r ; v ; K . Aici $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$.
2. $j := 1$. $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$, $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$.
3. $d := d_j$; $m_f := 0$, $m_{NP} := 0$, $m_{NR} := 0$, $m_{PR} := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.

7. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform {(2.2), (2.3), (2.4)}, EANPI conform {(2.2), (2.3), (2.6)} și IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5).
8. Identificarea cazurilor și actualizarea, la necesitate, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} , m_{NPE} , m_{NRE} și m_{PRE} .
9. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
10. $q_{NP}(D) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(D) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(D) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(D) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(D) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(D) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(D) := 100m_f/K$.
11. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
12. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 2 de alternative se analizează dependența de D_2 , adică cum varierea duratei iProiectului 2 influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR, NPE, NRE și PRE.

Algoritmul 2.9 pentru Grupul 2 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(D_2)$, $q_{NR}(D_2)$, $q_{PR}(D_2)$, $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NRE}(D_2)$, $q_{PRE}(D_2)$ și $f(D_2)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; D_{2i} , $i = \overline{1, n}$; d ; D_1 , $D_1 > D_2$; I_1 ; I_2 ; r ; v ; K . Aici $D_1 \in [D_{2n} + 1; D_{\max}]$, $D_{2i} \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $i = \overline{1, n}$; $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$.
2. $j := 1$. $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$.
3. $D_2 := D_{2j}$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NP} := 0$, $m_{NR} := 0$, $m_{PR} := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.
7. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform {(2.2), (2.3), (2.4)}, EANPI conform {(2.2), (2.3), (2.6)} și IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5).
8. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} , m_{NPE} , m_{NRE} și m_{PRE} .
9. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
10. $q_{NP}(D) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(D) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(D) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(D) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(D) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(D) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(D) := 100m_f/K$.
11. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
12. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 3 de alternative se analizează dependența de I_2 , adică cum varierea volumului investiției în iProiectul 2 influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR, NPE, NRE și PRE.

Algoritmul 2.10 pentru Grupul 3 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$, $q_{NPE}(I_2)$, $q_{NRE}(I_2)$, $q_{PRE}(I_2)$ și $f(I_2)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; I_{2i} , $i = \overline{1, n}$; d ; D_1 ; D_2 , $D_2 < D_1$; I_1 ; r ; v ; K . Aici $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$; $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_{2i} \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $i = \overline{1, n}$.
2. $j := 1$. $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$.
3. $I_2 := I_{2j}$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NP} := 0$, $m_{NR} := 0$, $m_{PR} := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.
7. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform $\{(2.2), (2.3), (2.4)\}$, EANPI conform $\{(2.2), (2.3), (2.6)\}$ și IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5).
8. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} , m_{NPE} , m_{NRE} și m_{PRE} .
9. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
10. $q_{NP}(I_2) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(I_2) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(I_2) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(I_2) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(I_2) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(I_2) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(I_2) := 100m_f/K$.
11. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
12. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 4 de alternative se analizează dependența de r (valoarea dată pentru IRR), adică cum varierea valorii IRR influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR, NPE, NRE și PRE.

Algoritmul 2.11 pentru Grupul 4 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$, $q_{NPE}(r)$, $q_{NRE}(r)$, $q_{PRE}(r)$ și $f(r)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; r_i , $i = \overline{1, n}$; d ; D_1 ; D_2 , $D_2 < D_1$; I_1 ; I_2 ; v ; K . Aici $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$; $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$.
2. $j := 1$.

3. $r := r_j$; $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NP} := 0$, $m_{NR} := 0$, $m_{PR} := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.
7. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform $\{(2.2), (2.3), (2.4)\}$, EANPI conform $\{(2.2), (2.3), (2.6)\}$ și IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5).
8. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} , m_{NPE} , m_{NRE} și m_{PRE} .
9. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
10. $q_{NP}(r) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(r) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(r) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(r) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(r) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(r) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(r) := 100m_f/K$.
11. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
12. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 5 de alternative se analizează dependența de v , adică cum varierea valorilor fluxurilor de numerar influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR, NPE, NRE și PRE.

Algoritmul 2.12 pentru Grupul 5 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$, $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$, $q_{PRE}(v)$ și $f(v)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; v_i , $i = \overline{1, n}$; d ; D_1 ; D_2 , $D_2 < D_1$; I_1 ; I_2 ; r ; K . Aici $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$; $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$.
2. $j := 1$.
3. $v := v_j$; $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NP} := 0$, $m_{NR} := 0$, $m_{PR} := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 9.

7. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform {(2.2), (2.3), (2.4)}, EANPI conform {(2.2), (2.3), (2.6)} și IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5).
8. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} , m_{NPE} , m_{NRE} și m_{PRE} .
9. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
10. $q_{NP}(v) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(v) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(v) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(v) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(v) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(v) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(v) := 100m_f/K$.
11. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
12. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 6 de alternative se analizează dependența de $d+$ (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D , I_1 și I_2 - grup parțial general), adică cum varierea valorilor ratei d , la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D_1 , D_2 , I_1 și I_2 , influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR, NPE, NRE și PRE.

Algoritmul 2.13 pentru Grupul 6 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(d+)$, $q_{NR}(d+)$, $q_{PR}(d+)$, $q_{NPE}(d+)$, $q_{NRE}(d+)$, $q_{PRE}(d+)$ și $f(d+)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; d_i , $i = \overline{1, n}$; D_{\min} , D_{\max} ; I_{\min} , I_{\max} ; r ; v ; K .
2. $j := 1$.
3. $d := d_j$; $m_f := 0$, $m_{NP} := 0$, $m_{NR} := 0$, $m_{PR} := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și determinarea $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$ și $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$.
5. $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$ și generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
6. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform {(2.2), (2.3), (2.4)}, EAPI conform {(2.2), (2.3), (2.6)} și IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5).
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NP} , m_{NR} , m_{PR} , m_{NPE} , m_{NRE} și m_{PRE} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.

11. $q_{NP}(v) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(v) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(v) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(v) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(v) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(v) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(v) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 7 de alternative se analizează dependența de d (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D_1, D_2, I_1, I_2, r și v – grupul general), adică cum varierea valorilor ratei d , la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D, I_1, I_2, r și v , influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici NP, NR, PR, NPE, NRE și PRE.

Algoritmul 2.14 pentru Grupul 7 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$, $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$, $q_{PRE}(d)$ și $f(d)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: $n; d_i, i = \overline{1, n}; D_{\min}, D_{\max}; I_{\min}, I_{\max}; r_{\min}, r_{\max}; v_{\min}, v_{\max}; K$.
2. $j := 1$.
3. $d := d_j; m_f := 0, m_{NP} := 0, m_{NR} := 0, m_{PR} := 0, m_{NPE} := 0, m_{NRE} := 0, m_{PRE} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$ și $v \in [v_{\min}; v_{\max}]$ și determinarea $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$ și $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$.
5. $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$ și generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{It} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
6. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform $\{(2.2), (2.3), (2.4)\}$, EANPI conform $\{(2.2), (2.3), (2.6)\}$ și IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5).
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor $m_{NP}, m_{NR}, m_{PR}, m_{NPE}, m_{NRE}$ și m_{PRE} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(v) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(v) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(v) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(v) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(v) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(v) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(v) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

2.4. Influența metodei valorii anuale echivalente asupra selecției proiectelor informatice

După cum a fost menționat în Secțiunea 2.1.2, utilizarea metodei EAV în analiza comparativă a proiectelor informatice de durată diferită prezintă avantaje importante. Unele aspecte privind particularitățile comparării i-proiectelor de durată diferită cu folosirea metodei EAV împreună cu indicii NPV, IRR și PI sunt discutate în Secțiunea 2.3. Totodată, prezintă interes și gradul în care utilizarea metodei EAV influențează soluțiile la compararea i-proiectelor de durată diferită. Rezultatele teoretice analitice cunoscute nu oferă un răspuns clar la această întrebare. În același timp, explorarea acestei influențe poate fi efectuată prin simulare informatică.

În acest scop, sunt propuse 7 modele (Secțiunea 2.4.1) și pentru fiecare din acestea câte un algoritm (Secțiunea 2.4.2) de analiză comparativă a i-proiectelor de durată diferită prin simulare informatică a 7 situații-problemă. În cercetări se va ține cont de aspectele comune stipulate în Secțiunea 2.1.2. Descrierea se va efectua urmând [127].

2.4.1. Modele de analiză a influenței metodei EAV asupra selecției proiectelor informatice

Pentru a determina influența metodei EAV, se vor compara, prin simulare informatică, soluțiile obținute folosind indicii perechilor $NPE = \{EANPV, EAPI\}$, $NRE = \{EANPV, IRR\}$, $PRE = \{EAPI, IRR\}$, $2NE = \{NPV, EANPV\}$ și $2PE = \{PI, EAPI\}$ și, de asemenea, cele ale triplețelor $NPR = \{NPV, PI, IRR\}$ și $NPER = \{EANPV, EAPI, IRR\}$. Ca măsurători se vor folosi procentajele cazurilor în care soluțiile menționate diferă, respectiv: q_{NPE} , q_{NRE} , q_{PRE} , q_{2NE} , q_{2PE} , q_{NPR} și q_{NPER} . De observat că primele cinci procentaje se referă la perechile respective de indici, iar ultimele două se referă la cel puțin doi dintre indicii triplețelor în cauză.

În alte aspecte, se urmează abordarea aplicată în Secțiunea 2.3.1, dar cu unele adaptări. Fie este necesară compararea, prin simulare informatică, a două i-proiecte, 1 și 2, de durată diferită, adică $D_1 \neq D_2$, veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile. Fără a diminua din universalitatea abordării se va considera $D_1 > D_2$. La actualizarea valorilor indicilor, ca punct de referință temporală se va folosi momentul lansării proiectelor informatice în exploatare, acesta fiind același pentru ambele proiecte. Se cere identificarea, prin simulare informatică, a procentajelor cazurilor în care soluțiile, obținute la aplicarea indicilor fiecărei perechi $NPE - q_{NPE}$, $NRE - q_{NRE}$, $PRE - q_{PRE}$, $2NE - q_{2NE}$, și $2PE - q_{2PE}$, și, de asemenea, a cel puțin doi indici ai triplețelor $NPR - q_{NPR}$ și $NPER - q_{NPER}$, conduc la soluții diferite.

Rata d se consideră constantă și egală pentru cele două proiecte, dar valorile fluxurilor CF_t de numerar și, de asemenea, cele ale volumului I al investițiilor pot să difere pentru cele două proiecte informatice. La fel, ca și în Secțiunea 2.2.1, sunt introduși parametrii g și v .

În calcule, pentru parametrii d , r , v , D și I se vor folosi valori din intervalele date: $d \in [d_{\min}; d_{\max}]$, $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$, $v \in [v_{\min}; v_{\max}]$, $D_1 \in [D_{\min}; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_2]$ și $I \in [I_{\min}; I_{\max}]$. Folosind aceste intervale de valori, se poate forma un număr mare de grupuri de alternative de seturi de date inițiale. Dintre acestea, ca în Secțiunea 2.3.1, sunt selectate Grupurile 1-7 de alternative. În toate cazurile, valorile CF_t sunt generate aleatoriu la repartiție uniformă în intervalul respectiv, conform (2.22) și (2.23). Totodată, orice set de date inițiale astfel generat este acceptat doar dacă $NPV_1 > 0$, $NPV_2 > 0$ și $|IRR_1 - IRR_2| \geq \varepsilon$. Cauza utilizării mărimii ε ($\varepsilon = 0,005$) este de a lua în considerare eroarea de calcul a valorilor indicilor IRR_1 și IRR_2 .

Pentru fiecare din Grupurile 1-7 de alternative, trebuie determinate, prin simulare informatică la dimensiunea K a eșantionului dinainte stabilită, procentajele q_{NPE} , q_{NRE} , q_{PRE} , q_{2NE} , q_{2PE} , q_{NPR} , q_{NPER} , și f . Aici f este procentajul cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale. Un asemenea eșec se întâmplă dacă la generarea unui set de date inițiale are loc cel puțin una dintre inegalitățile $NPV_1 < 0$, $NPV_2 < 0$ sau $|IRR_1 - IRR_2| \geq \varepsilon$.

2.4.2. Algoritmi pentru analiza influenței metodei EAV asupra selecției i-proiectelor

Conform modelelor descrise în Secțiunea 2.4.1, pentru fiecare dintre Grupurile 1-7 de alternative definite în Secțiunea 2.3.1 este alcătuit câte un algoritm (Algoritmii 2.15-2.21) de realizare a i-simulării pentru a determina procentajele q_{NPE} , q_{NRE} , q_{PRE} , q_{2NE} , q_{2PE} , q_{NPR} , q_{NPER} și f .

În cadrul Grupului 1 de alternative se analizează dependența de d , adică cum varierea ratei de actualizare influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici: NPE, NRE, PRE, 2NE, 2PE, NPR și NPER.

Algoritmul 2.15 pentru Grupul 1 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$, $q_{PRE}(d)$, $q_{2NE}(d)$, $q_{2PE}(d)$, $q_{NPR}(d)$, $q_{NPER}(d)$ și $f(d)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; d_i , $i = \overline{1, n}$; D_1 ; D_2 , $D_2 < D_1$; I_1 ; I_2 ; r ; v ; K . Aici $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$.
2. $j := 1$. $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$, $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$.
3. $d := d_j$; $m_f := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$, $m_{2NE} := 0$, $m_{2PE} := 0$, $m_{NPR} := 0$, $m_{NPER} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.

7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform $\{(2.2), (2.3), (2.4)\}$, EANPI conform $\{(2.2), (2.3), (2.6)\}$.
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NPE} , m_{NRE} , m_{PRE} , m_{2NE} , m_{2PE} , m_{NPR} și m_{NPER} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(D) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(D) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(D) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(D) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(D) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(D) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(D) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 2 de alternative se analizează dependența de D_2 , adică cum varierea duratei iProiectului 2 influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici: NPE, NRE, PRE, 2NE, 2PE, NPR și NPER.

Algoritmul 2.16 pentru Grupul 2 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(D_2)$, $q_{NR}(D_2)$, $q_{PR}(D_2)$, $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NRE}(D_2)$, $q_{PRE}(D_2)$ și $f(D_2)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; D_{2i} , $i = \overline{1, n}$; d ; D_1 , $D_1 > D_2$; I_1 ; I_2 ; r ; v ; K . Aici $D_1 \in [D_{2n} + 1; D_{\max}]$, $D_{2i} \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $i = \overline{1, n}$; $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$.
2. $j := 1$. $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$.
3. $D_2 := D_{2j}$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$, $m_{2NE} := 0$, $m_{2PE} := 0$, $m_{NPR} := 0$, $m_{NPER} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 din (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform $\{(2.2), (2.3), (2.4)\}$ și EANPI conform $\{(2.2), (2.3), (2.6)\}$.
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NPE} , m_{NRE} , m_{PRE} , m_{2NE} , m_{2PE} , m_{NPR} și m_{NPER} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.

11. $q_{NP}(D) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(D) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(D) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(D) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(D) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(D) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(D) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 3 de alternative se analizează dependența de I_2 , adică cum varierea volumului investiției în iProiectul 2 influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici: NPE, NRE, PRE, 2NE, 2PE, NPR și NPER.

Algoritmul 2.17 pentru Grupul 3 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$, $q_{NPE}(I_2)$, $q_{NRE}(I_2)$, $q_{PRE}(I_2)$ și $f(I_2)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; I_{2i} , $i = \overline{1, n}$; d ; D_1 ; D_2 , $D_2 < D_1$; I_1 ; r ; v ; K . Aici $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$; $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_{2i} \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $i = \overline{1, n}$.
2. $j := 1$. $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$.
3. $I_2 := I_{2j}$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$, $m_{2NE} := 0$, $m_{2PE} := 0$, $m_{NPR} := 0$, $m_{NPER} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), $EANPV$ conform $\{(2.2), (2.3), (2.4)\}$, $EANPI$ conform $\{(2.2), (2.3), (2.6)\}$.
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NPE} , m_{NRE} , m_{PRE} , m_{2NE} , m_{2PE} , m_{NPR} și m_{NPER} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(I_2) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(I_2) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(I_2) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(I_2) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(I_2) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(D) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(I_2) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 4 de alternative se analizează dependența de r (valoarea dată pentru IRR), adică cum varierea valorii IRR influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici: NPE, NRE, PRE, 2NE, 2PE, NPR și NPER.

Algoritmul 2.18 pentru Grupul 4 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$, $q_{NPE}(r)$, $q_{NRE}(r)$, $q_{PRE}(r)$ și $f(r)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; r_i , $i = \overline{1, n}$; d ; D_1 ; D_2 , $D_2 < D_1$; I_1 ; I_2 ; v ; K . Aici $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$; $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$.
2. $j := 1$.
3. $r := r_j$; $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$, $m_{2NE} := 0$, $m_{2PE} := 0$, $m_{NPR} := 0$, $m_{NPER} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform $\{(2.2), (2.3), (2.4)\}$, EANPI conform $\{(2.2), (2.3), (2.6)\}$.
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NPE} , m_{NRE} , m_{PRE} , m_{2NE} , m_{2PE} , m_{NPR} și m_{NPER} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(r) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(r) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(r) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(r) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(r) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(r) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(r) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 5 de alternative se analizează dependența de v , adică cum varierea valorilor fluxurilor de numerar influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici: NPE, NRE, PRE, 2NE, 2PE, NPR și NPER.

Algoritmul 2.19 pentru Grupul 5 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$, $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$, $q_{PRE}(v)$ și $f(v)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; v_i , $i = \overline{1, n}$; d ; D_1 ; D_2 , $D_2 < D_1$; I_1 ; I_2 ; r ; K . Aici $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$; $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$.
2. $j := 1$.

3. $v := v_j$; $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$; $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$; $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$; $m_f := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$, $m_{2NE} := 0$, $m_{2PE} := 0$, $m_{NPR} := 0$, $m_{NPER} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
5. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
6. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
7. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 10.
8. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), $EANPV$ conform $\{(2.2), (2.3), (2.4)\}$, $EANPI$ conform $\{(2.2), (2.3), (2.6)\}$.
9. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NPE} , m_{NRE} , m_{PRE} , m_{2NE} , m_{2PE} , m_{NPR} și m_{NPER} .
10. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
11. $q_{NP}(v) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(v) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(v) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(v) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(v) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(v) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(v) := 100m_f/K$.
12. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
13. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 6 de alternative se analizează dependența de $d+$ (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D , I_1 și I_2 - grup parțial general), adică cum varierea valorilor ratei d , la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D_1 , D_2 , I_1 și I_2 , influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici: NPE, NRE, PRE, 2NE, 2PE, NPR și NPER.

Algoritmul 2.20 pentru Grupul 6 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(d+)$, $q_{NR}(d+)$, $q_{PR}(d+)$, $q_{NPE}(d+)$, $q_{NRE}(d+)$, $q_{PRE}(d+)$ și $f(d+)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; d_i , $i = \overline{1, n}$; D_{\min} , D_{\max} ; I_{\min} , I_{\max} ; r ; v ; K .
2. $j := 1$.
3. $d := d_j$; $m_f := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$, $m_{2NE} := 0$, $m_{2PE} := 0$, $m_{NPR} := 0$, $m_{NPER} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $D_1 \in [D_2 + 1; D_{\max}]$, $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$ și determinarea $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$ și $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$.

5. $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$ și generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
6. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
7. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
8. Determinarea IRR_1 și IRR_2 din (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
9. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform {(2.2), (2.3), (2.4)}, EANPI conform {(2.2), (2.3), (2.6)}.
10. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NPE} , m_{NRE} , m_{PRE} , m_{2NE} , m_{2PE} , m_{NPR} , and m_{NPER} .
11. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
12. $q_{NP}(v) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(v) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(v) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(v) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(v) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(v) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(v) := 100m_f/K$.
13. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
14. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

În cadrul Grupului 7 de alternative se analizează dependența de d (de d la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D_1 , D_2 , I_1 , I_2 , r și v – grupul general), adică cum varierea valorilor ratei d , la generarea aleatorie a valorilor mărimilor D , I_1 , I_2 , r și v , influențează procentajele de diferențiere a soluțiilor la utilizarea diferitelor combinații de indici: NPE, NRE, PRE, 2NE, 2PE, NPR și NPER.

Algoritmul 2.21 pentru Grupul 7 de alternative - determinarea procentajelor $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$, $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$, $q_{PRE}(d)$ și $f(d)$, constă în următoarele:

1. Date inițiale: n ; d_i , $i = \overline{1, n}$; D_{\min} , D_{\max} ; I_{\min} , I_{\max} ; r_{\min} , r_{\max} ; v_{\min} , v_{\max} ; K .
2. $j := 1$.
3. $d := d_j$; $m_f := 0$, $m_{NPE} := 0$, $m_{NRE} := 0$, $m_{PRE} := 0$, $m_{2NE} := 0$, $m_{2PE} := 0$, $m_{NPR} := 0$, $m_{NPER} := 0$ și $k := 1$, unde k este numărul iterației curente în cadrul eșantionului de dimensiune K .
4. Generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $D_2 \in [D_{\min}; D_{\max} - 1]$, $D_1 \in [D_{2+1}; D_{\max}]$, $I_1 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $I_2 \in [I_{\min}; I_{\max}]$, $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$ și $v \in [v_{\min}; v_{\max}]$ și determinarea $g_1 := r/[1 - (1 + r)^{D_1}]$ și $g_2 := r/[1 - (1 + r)^{D_2}]$.
5. $CF_{1\min} := g_1(1 - v)I_1$, $CF_{1\max} := g_1(1 + v)I_1$; $CF_{2\min} := g_2(1 - v)I_2$, $CF_{2\max} := g_2(1 + v)I_2$ și generarea, la distribuție aleatoare uniformă, a valorilor mărimilor $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_1$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, $t = 1, 2, \dots, D_2$.
6. Determinarea NPV_1 conform (2.4). Dacă $NPV_1 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.

7. Determinarea NPV_2 conform (2.4). Dacă $NPV_2 < 0$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
8. Determinarea IRR_1 și IRR_2 ținând cont de (2.5). Dacă $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$, atunci $m_f := m_f + 1$ și trecere la Pasul 11.
9. Determinarea PI_1 și PI_2 conform (2.6), EANPV conform {(2.2), (2.3), (2.4)}, EANPI conform {(2.2), (2.3), (2.6)}.
10. Identificarea cazurilor și actualizarea, dacă este cazul, a valorilor mărimilor m_{NPE} , m_{NRE} , m_{PRE} , m_{2NE} , m_{2PE} , m_{NPR} , and m_{NPER} .
11. Dacă $k < K$, atunci $k := k + 1$ și trecere la Pasul 4.
12. $q_{NP}(v) := 100m_{NP}/(K - m_f)$, $q_{NR}(v) := 100m_{NR}/(K - m_f)$, $q_{PR}(v) := 100m_{PR}/(K - m_f)$, $q_{NPE}(v) := 100m_{NPE}/(K - m_f)$, $q_{NRE}(v) := 100m_{NRE}/(K - m_f)$, $q_{PRE}(v) := 100m_{PRE}/(K - m_f)$ și $f(v) := 100m_f/K$.
13. Dacă $j < n$, atunci $j := j + 1$ și trecere la Pasul 3.
14. Preluarea rezultatelor simulării. Stop.

2.5. Concluzii la Capitolul 2

La rezultatele de bază la tema tezei obținute și descrise în acest capitol se referă:

1. Definirea etapelor aplicării principiului Pareto la compararea proiectelor informatice. Totodată, deși principiul Pareto ca metodă auxiliară ar putea ajuta la identificarea unor factori critici care influențează succesul unui proiect informatic, folosirea acestuia pentru compararea proiectelor informatice este inoportună din cauza numărului mic de indici (trei) folosiți pentru comparare.

2. Sistematizarea aspectelor de comparare a proiectelor informatice, inclusiv cele ce au condus la oportunitatea reducerii numărului indicilor mai frecvent folosiți la compararea i-proiectelor de la 16 la 7, iar ulterior de la 7 la 3 (NPV, IRR și PI, eventual împreună cu metoda EAV) pentru proiectelor informatice veniturile de la implementarea cărora pot fi estimate cu eforturi rezonabile.

3. Concretizarea caracteristicilor de bază necesare pentru elaborarea modelelor și alcătuirea algoritmilor de folosire a acestor modele pentru compararea proiectelor informatice prin i-simulare, inclusiv a mărimilor ce caracterizează fiecare i-proiect și a parametrilor de folosit pentru caracterizarea cazurilor de necoincidență a soluțiilor la aplicarea indicilor de comparare a proiectelor informatice. În calitate de asemenea parametri sunt definite procentajele frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor pentru perechi sau tripleți de indici.

4. Elaborarea modelelor de i-simulare pentru analiză comparativă a proiectelor informatice de aceeași durată, care includ Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale și dependențele de determinat pentru fiecare grup, și de durată diferită, care includ Grupurile 1-7 de

alternative de seturi de date inițiale și dependențele de determinat pentru fiecare grup. Aparte sunt elaborate 7 modele de simulare informatică pentru analiza influenței folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor informatice de durată diferită; acestea includ Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale și dependențele specifice de determinat pentru fiecare grup.

5. Pentru fiecare din cele 21 de modele de simulare informatică menționate în alineatul 4, este alcătuit algoritmul de realizare a i-simulării în scopul determinării procentajelor frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor comparării proiectelor informatice pentru perechi sau tripleți de indici dintre cei NPV, IRR, PI, EANPV și EAPI.

3. REZULTATELE CERCETĂRII COMPARATIVE PRIN SIMULARE INFORMATICĂ A INDICILOR DE EFICIENȚĂ

În capitol sunt explorate rezultatele obținute în urma aplicării metodologiilor, indicilor și algoritmilor descriși în capitolele anterioare. Accentul este pus pe aplicarea practică a acestora, oferind un cadru robust pentru eficientizarea proceselor de selecție a proiectelor informatice. Mai întâi, în Secțiunea 3.1, este descrisă metodică i-simulării caracteristicilor proiectelor informatice, iar ulterior, în baza acestei metodici, sunt descrise și discutate rezultatele i-simulării pentru proiecte informatice de aceeași durată (Secțiunea 3.2), de durată diferită (Secțiunea 3.3) și a influenței aplicării metodei EAV asupra deciziei (Secțiunea 3.4), folosind aplicația informatică SIMINV elaborată.

3.1. Metodica i-simulării caracteristicilor proiectelor informatice

Pentru efectuarea de calcule conform Algoritmilor 2.1-2.21 de cercetare comparativă prin i-simulare a proiectelor informatice descriși în Secțiunile 2.2.2, 2.3.2 și 2.4.2, este necesară concretizarea valorilor unor caracteristici ale modelelor aferente descrise în Secțiunile 2.2.1, 2.3.1 și 2.4.1. În aceste modele se folosesc așa caracteristici ca: I_i - volumul investițiilor necesare pentru proiectul informatic i ; I_{it} - volumul investițiilor necesare pentru i-proiectul i în perioada t ; τ_i - durata însușirii investițiilor I_i (durata implementării proiectului i); D_i - durata folosirii produsului rezultat în cazul implementării i-proiectului i ; $L_i = \tau_i + D_i$ - durata desfășurării i-proiectului i ; CF_{it} - este fluxul de numerar cu i-proiectul i în anul t ; NPV_i - valoarea indicelui NPV privind i-proiectul i ; IRR_i - valoarea indicelui IRR privind i-proiectul i ; PI_i - valoarea indicelui PI privind i-proiectul i ; $EANPV_i$ - valoarea indicelui NPV privind i-proiectul i ; $EAPI_i$ - valoarea indicelui PI privind i-proiectul i ; d - rata de actualizare; K - dimensiunea eșantionului; r - valoarea dată pentru indicele IRR; g - parametru ce ia o astfel de valoare ($g = CF/I$) ca, la valori cunoscute pentru volumul I al investițiilor în proiectul informatic și fluxurile de numerar $CF_t = CF$, $t = 1, 2, \dots, D$ cu acesta, să se asigure valoarea dată r pentru indicele IRR; ν - parametru ce caracterizează intervalul de variație relativă a CF_t față de CF (a se vedea (2.8)); ε - parametrul folosit pentru a lua în considerare eroarea de calcul la determinarea valorilor indicilor IRR_1 și IRR_2 .

În calcule pentru parametrii d , r , ν , D și I se vor folosi valori din intervalele date: $d \in [d_{\min}; d_{\max}]$, $r \in [r_{\min}; r_{\max}]$, $\nu \in [\nu_{\min}; \nu_{\max}]$, $D \in [D_{\min}; D_{\max}]$ și $I \in [I_{\min}; I_{\max}]$. Pentru fiecare asemenea interval este preconizată folosirea a n valori; valoarea n poate specifică fiecăruia din aceste intervale. De asemenea, pentru fluxurile de numerar CF_{1t} ($t = \overline{1, D_2}$) și CF_{2t} ($t = \overline{1, D_2}$) se vor folosi valori din intervalele $CF_{1t} \in [CF_{1\min}; CF_{1\max}]$ și $CF_{2t} \in [CF_{2\min}; CF_{2\max}]$, unde valorile $CF_{1\min}$, $CF_{1\max}$, $CF_{2\min}$ și $CF_{2\max}$ se deteremină conform (2.12) și (2.13), respectiv.

Ținând cont de intervalele pentru d , r , v , D și I , în calcule pot fi utilizate mai multe alternative de seturi de date inițiale. În acest scop, în Secțiunea 2.2.1 sunt definite Grupurile a1-a7 de alternative (respectiv, modele) pentru proiecte informatice de aceeași durată, iar în Secțiunea 2.3.1 sunt definite Grupurile 1-7 de alternative (respectiv, modele) pentru proiecte informatice de durată diferită.

Valorile indicilor NPV_i , IRR_i , PI_i , $EANPV_i$ și $EAPI_i$ se determină conform, în funcției de caz, Algoritmilor 2.1-2.21. Valorile unora dintre celelalte mărimi enumerate mai sus se stabilesc ca și date inițiale, iar pentru altele se generează aleatoriu la distribuție uniformă în funcție de grupul de alternative evaluat dintre Grupurile a1-a7 sau Grupurile 1-7.

În calcule, pentru ε se va folosi valoarea 0,05, adică $\varepsilon = 0,05$ [115]. În ce privește n , este oportun de folosit o valoare care ar permite obținerea unui număr suficient de valori, astfel ca în baza reprezentării grafice a rezultatelor calculelor să fie posibilă interpretarea univocă a caracterului dependențelor respective. De obicei, $n \in [9; 10]$. De asemenea, se consideră că durata τ a însușirii investițiilor este aceeași pentru proiectele informatice ce se compară, iar calculele se efectuează pentru momentul lansării produselor respective în exploatare.

În scopul cuprinderii unei varietăți de cazuri suficient de mari, pentru v se vor folosi valori din intervalul $[0,1; 0,9]$, adică $v \in [0,1; 0,9]$ [126] și anume $v = \{0,1, 0,2, \dots, 0,9\}$, $n = 9$.

De asemenea, durata de folosire utilă a produsului unui proiect informatic rar când depășește 10 ani; de obicei acesta este concretizat/dezvoltat sau înlocuit într-o perioadă de timp mai scurtă. De aceea, în calcule se consideră $D \in [1; 10]$ ani și anume $D = \{1, 2, 3, \dots, 10\}$. Totodată, la compararea a două proiecte informatice de durată diferită, se va considera, fără a diminua din universalitatea abordării, că are loc $D_1 > D_2$,

La fel, rar când se compară proiecte informatice investițiile necesare cu care s-ar deosebi de mai mult de 10 ori. De aceea, în calcule se consideră $I \in [100; 1000]$ unități convenționale și anume, în funcție de caz, $I = \{100, 200, 300, \dots, 1000\}$, $n = 10$.

De obicei, valoarea ratei d de actualizare este stabilită egală cu costul mediu ponderat al capitalului (*Weighted Average Cost of Capital – WACC*, eng.) sau cu randamentul mediu istoric ale unui proiect similar. Conform [126]:

a) estimării [125], WACC al companiei Apple este de 11,7%;

b) studiului companiei KPMG [129], valoarea WACC în diferite industrii în perioada anilor 2005-2021 a fost în intervalul 6,6÷8,9%. Cele mai mari valori ale WACC au fost observate în Tehnologie (8,9%), Automotive (7,6%) și Prelucrări industriale (7,5%);

c) David Turney [130], rata globală de actualizare a pieței de acțiuni tranzacționate public a fost estimată la aproximativ 5,81% (ianuarie 2018); de asemenea, intervalul estimat al valorilor WACC pentru companii private de materiale de construcții a fost de la 10% până la 12%;

d) estimării [131] valoarea medie a WACC: (1) pe piață (7229 firme) este de 5,14%; (2) pe piață fără instrumente financiare (5169 firme) este de 5,75%; (3) pe piața sistemelor și aplicațiilor informatice (375 firme) este de 6,15%; (4) pe piața echipamentelor semiconductoare (34 firme) este de 6,95%.

În baza acestor date, pentru rata d de actualizare în calcule se vor folosi valorile $d = \{0.05, 0.06, 0.07, \dots, 0.14\}$, $n = 10$.

În ce privește valoarea ratei interne de rentabilitate $IRR = r$, conform [126]:

a) Industry Ventures [132], companiile nou-înființate ar trebui să aibă în vedere o valoare a IRR de cel puțin 30%, companiile în faza ulterioară - o valoare a IRR de 20% și fondurile de risc de creștere - o valoare a IRR de 12-18%;

b) studiului Angel Resource Institute [133], bazat pe 136 de investiții complete în perioada anilor 2010-2016, per total valoarea IRR este de aproximativ 22%;

c) Property Club [134], o valoare a IRR de 20% ar fi considerată bună, dar este important de reținut că IRR întotdeauna depinde de costul capitalului.

Deci [126], dacă $IRR > WACC = d$, atunci este un proiect bun, adică limita inferioară pentru valorile IRR este determinată de limita inferioară pentru d . Ținând cont de aceste date, în calcule pentru IRR este rezonabil de folosit intervalul $[0,1; 0,2]$, adică $r \in [0,1; 0,9]$ și anume $r = \{0.1, 0.2, 0.3, \dots, 0.9\}$, $n = 9$.

Cunoscând valorile mărimilor D și r , valoarea mărimii g se calculează conform (2.7).

Astfel, a rămas de stabilit, dimensiunea K a eșantionului calculelor pentru un grup de alternative de date inițiale. Pentru a determina dimensiunea K a eșantionului de simulare, la exactitatea necesară (marja δ a erorii) dată a simulării, se poate folosi expresia [135]:

$$K = \frac{z^2 p(1-p)}{\delta^2}, \quad (3.1)$$

unde: z - coeficientul de încredere, în funcție de nivelul de încredere β dorit;

δ - marja erorii de simulare;

p - proporția estimată de referire a unor entități din mulțimea dată la prima din cele două clase.

Expresia (2.14) este validă pentru distribuția normală a proporției p , ceea ce și are loc în cele mai multe cazuri din practică. Cea mai conservatoare estimare, adică cazul care necesită cea mai mare valoare a eșantionului K la marja δ de eroare dată, are loc la $p = 0,5$. Pentru siguranță, în calcule se va folosi anume acest caz, adică $p = 0,5$.

Prin nivelul de încredere β se are în vedere probabilitatea cazurilor, în care valoarea mărimii aleatoare X se încadrează în intervalul de valori dorit. Dacă μ este valoarea medie, σ este variația, iar $F(x)$ este funcția cumulativă de distribuție a mărimii X , atunci probabilitatea β ca o abatere normală a mărimii X să se afle în intervalul $[\mu - z\sigma; \mu + z\sigma]$ se determină ca [135]

$$\beta = F(\mu + z\sigma) - F(\mu - z\sigma) = \operatorname{erf}\left(\frac{z}{\sqrt{2}}\right), \quad (3.2)$$

unde

$$\operatorname{erf}\left(\frac{z}{\sqrt{2}}\right) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{z}{\sqrt{2}}} e^{-t^2} dt. \quad (3.3)$$

Respectiv,

$$\beta = \operatorname{erf}\left(\frac{z}{\sqrt{2}}\right) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{z}{\sqrt{2}}} e^{-t^2} dt. \quad (3.4)$$

Unele valori ale funcției $z(\beta)$ sunt prezentate în Tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Valori ale funcției $z(\beta)$ la $\beta \in [0,950; 0,995]$

B	0,950	0,955	0,960	0,965	0,970	0,975	0,980	0,985	0,990	0,995
$1 - \beta$	0,050	0,045	0,040	0,035	0,030	0,025	0,020	0,015	0,010	0,005
Z	1,96	2,00	2,05	2,11	2,17	2,24	2,33	2,43	2,58	2,88

Sursa: elaborat de autor

Cunoscând $z(\beta)$, la $p = 0,5$ formula (3.1) ia forma

$$K(\beta, \delta) = \frac{[z(\beta)]^2 0,5^2}{\delta^2} = \left[\frac{0,5z(\beta)}{\delta} \right]^2. \quad (3.5)$$

Unele valori aproximative ale funcției $K(\beta, \delta)$ sunt prezentate în Tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Valori ale funcției $K(\beta, \delta)$ la $\beta \in [0,950; 0,995]$ și $\delta \in [0,050; 0,005]$

$\beta \setminus \delta$	0,050	0,045	0,040	0,035	0,030	0,025	0,020	0,015	0,010	0,005
0,950	384	474	600	784	1067	1537	2401	4268	9604	38416
0,955	400	494	625	816	1111	1600	2500	4444	10000	40000
0,960	420	519	657	858	1167	1681	2627	4669	10506	42025
0,965	445	550	696	909	1237	1781	2783	4947	11130	44521
0,970	471	581	736	961	1308	1884	2943	5232	11772	47089
0,975	502	619	784	1024	1394	2007	3136	5575	12544	50176
0,980	543	670	848	1108	1508	2172	3393	6032	13572	54289
0,985	590	729	923	1205	1640	2362	3691	6561	14762	59049
0,990	666	822	1040	1358	1849	2663	4160	7396	16641	66564
0,995	790	975	1234	1611	2193	3158	4935	8773	19740	78961

Sursa: elaborat de autor

Conform Tabelului 3.2, chiar și pentru o eroare a simulării informatice de 0,5% la nivelul de încredere de 99,5% este suficient un eșantion de simulare de cca. 80000. În calcule se va folosi $K = 100000$. Totodată, deoarece la generarea seturilor de date inițiale este necesară respectarea condițiilor $NPV_1 > 0$, $NPV_2 > 0$ și $|IRR_1 - IRR_2| \geq \varepsilon$ se poate întâmpla că dimensiunea efectivă a eșantionului de simulare să fie semnificativ mai mică de 80000. Totuși, folosind datele Tabelului 3.2 și valoarea efectivă a eșantionului de simulare se poate estima eroarea simulării pentru fiecare caz aparte.

Caracterul dependenței valorii K de β și δ poate fi observat în Figurile 3.1 și 3.2.

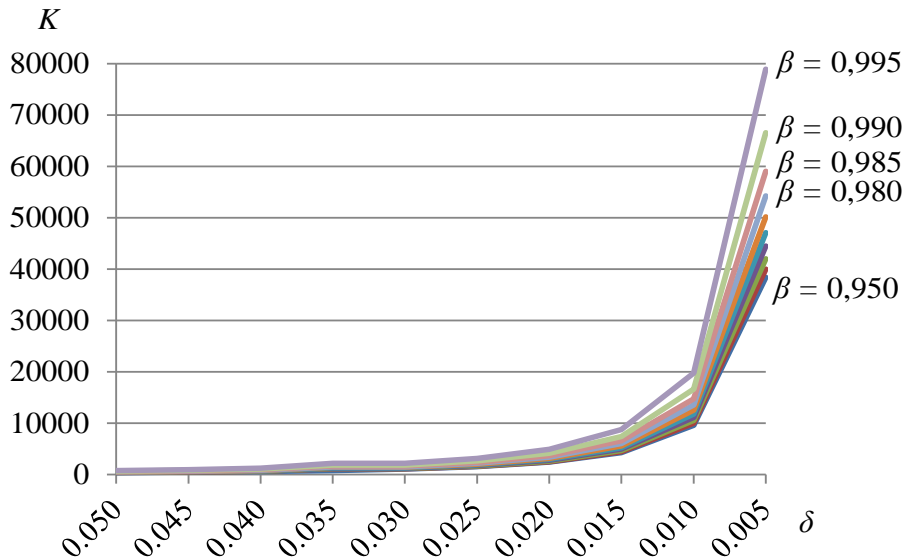


Figura 3.1. Dependența K de eroarea δ și nivelul de încredere β

Sursa: elaborată de autor

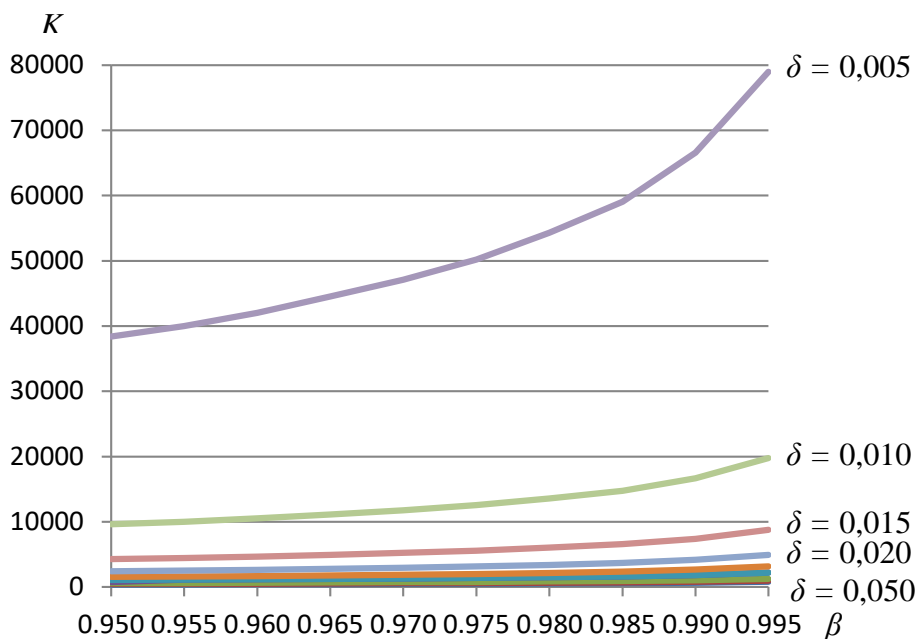


Figura 3.2. Dependența K de nivelul de încredere β și eroarea δ

Sursa: elaborată de autor

Cum și era de așteptat, funcția $K(\beta, \delta)$ este crescătoare față de β și descrescătoare față de δ . Totodată, la valori mari ale erorii δ (aprox. $\delta > 0,015$) valoarea funcției $K(\beta, \delta)$ descrește încet, iar la valori mici ale acesteia (aprox. $\delta < 0,015$) – descrește din ce în ce mai rapid.

Folosind metodica descrisă în această secțiune, este alcătuită, în C++ Builder, aplicația informatică SIMINV (a se vedea Anexa 1) de simulare conform Algoritmilor 2.1-2.21. Unele dintre rezultatele simulării sunt descrise în Secțiunile 3.2-3.4.

3.2. Rezultatele i-simulării pentru proiecte informatice de aceeași durată

Pentru proiecte informatice de aceeași durată, folosind i-aplicația SIMINV, au fost efectuate calcule conform Algoritmilor 2.1-2.7. Unele dintre rezultatele obținute [115] sunt sistematizate în această secțiune. Fiecare set de date inițiale caracterizează două proiecte informatice concrete, 1 și 2. Conform Algoritmilor 2.1-2.7, pentru fiecare punct al fiecăruia dintre cele șapte grupuri de alternative a fost generat câte un eșantion de 100000 de seturi de date inițiale. Deci, au fost generate pentru Grupurile de alternative (a se vedea Secțiunea 2.2.1):

- a1, a6 și a7 câte $10 \times 10^5 = 1$ mil seturi de date inițiale;
- a2 și a3 câte $10 \times 10 \times 10^5 = 10$ mil seturi de date inițiale;
- a4 și a5 câte $10 \times 9 \times 10^5 = 9$ mil seturi de date inițiale.

Totodată, după cum a fost deja menționat în Secțiunea 3.1, numărul efectiv de seturi de date inițiale (seturi de date inițiale ce convin), depinde de caz și este mai mic. O analiză a numărului cazurilor de eșec la generarea seturilor de datelor inițiale este dată în Secțiunea 3.2.1. Ulterior, în Secțiunea 3.2.2, este descrisă, pe grupuri de alternative de date inițiale, analiza frecvenței cazurilor în care soluțiile la aplicarea indicilor NPV, IRR și PI diferă, iar în Secțiunea 3.2.3 este efectuată o generalizare a rezultatelor obținute.

3.2.1. Cazuri de eșec la generarea seturilor de date inițiale

Abordarea, folosită pentru a stabili și genera seturi de date inițiale, nu asigură cerințele $NPV_1 > 0$ și $NPV_2 > 0$. De asemenea, există o eroare la calcularea valorilor indicilor IRR_1 și IRR_2 folosind metoda dihotomiei în cadrul Algoritmilor 2.1-2.7. De aceea, fiecare dintre acești algoritmi contorizează numărul total m_f de cazuri de nerespectare a cerințelor menționate: eșec la generarea unui set de date inițiale se întâmplă, dacă are loc cel puțin una dintre inegalitățile: $NPV_1 < 0$, $NPV_2 < 0$ sau $|IRR_1 - IRR_2| > \varepsilon$. Acest număr este utilizat la calcularea valorilor procentajelor $q_{NP}(\cdot)$, $q_{NR}(\cdot)$, $q_{PR}(\cdot)$, $q_{NPR}(\cdot)$ și $f(\cdot)$. Aici $f(\cdot)$ este procentajul eșecurilor de generare a seturilor de date inițiale. Dacă valoarea m_f este prea mare, atunci erorile de calcul sunt, de asemenea, semnificative. Prin urmare, este important de ai cunoaște valoarea.

În scopul identificării influenței valorii ratei de actualizare d asupra mărimii $f(\cdot)$, în cazul Grupurilor de alternative a2-a5 a fost aplicat și un șir de valori pentru d , adică $d = d_j, j = \overline{1, m}$.

Figura 3.3 prezintă dependențele lui f de d pentru grupurile de alternative de date inițiale a1, a6 și a7. Caracterul acestor dependențe este în mare măsură similar celui pentru cazul proiectelor de durată diferită (a se vedea Figura 3.11), valoarea absolută fiind, totuși, mai mare, dar nedeșășind 48,2 %. Aceste dependențe au caracter crescător, dar diferă de la un grup de alternative la altul.

Rezultatele calculului efectuate arată că pentru Grupul de alternative de date inițiale:

a2 dependenta $f(d, D)$ este în creștere față de d , dar este în descreștere față de D , intervalul de valori fiind [7.4; 69.3]% la $d = 0,08$ și per total [6.0; 74.3]%;

a3 dependenta $f(d, I_2)$ este în creștere față de d și depinde foarte puțin de I_2 , intervalul de valori fiind [13.5; 14.0]% la $d = 0.08$ și per total [7.3; 46.1]%;

a4 dependenta $f(d, r)$ este în creștere față de d , dar este în descreștere față de r , intervalul de valori fiind [1.6; 71.9]% la $d = 0.08$ și per total [1.5; 97.7] %, dar [1.5; 45.9] % la $r \geq 0.2$;

a5 dependenta $f(d, v)$ este în creștere față de d ; cu referire la v , inițial este în descreștere, iar apoi în creștere, intervalul de valori fiind [8.2; 40.1]% la $d = 0.08$ și per total [5.8; 63.6]%

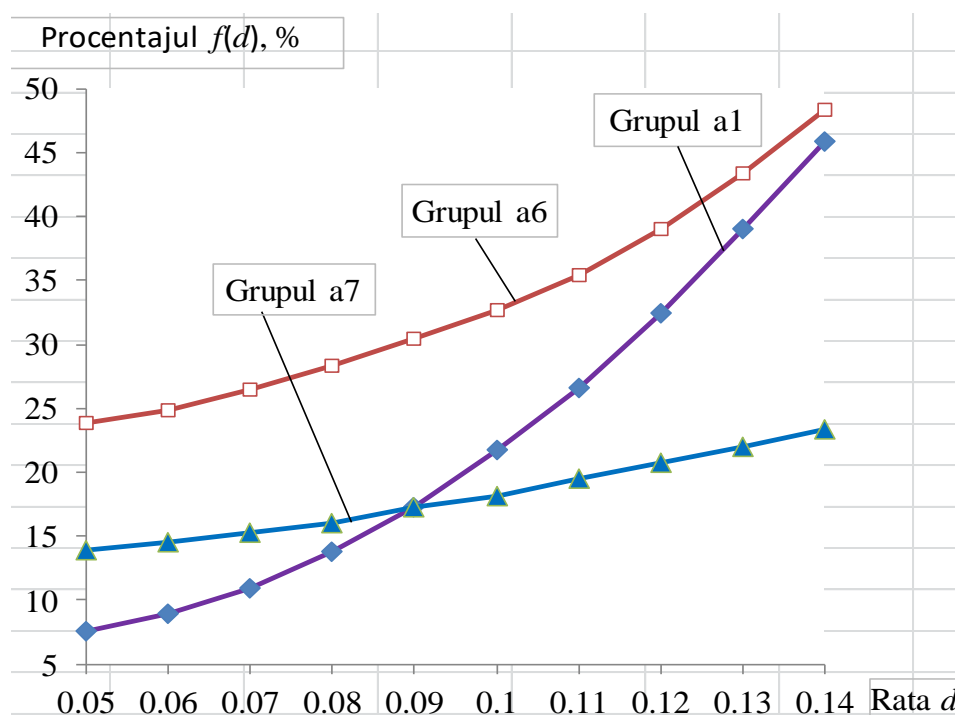


Figura 3.3. Procentajul eșecurilor la generarea seturilor de date inițiale

Sursa: elaborată de autor

Astfel, pentru Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale, dependențele $f(\cdot)$ sunt crescătoare față de d , intervalul total de valori fiind [1,5; 74,3] %, cu excepția cazului Grupului

a4 la $r = 0,1$ când limita superioară este de 97,7%. Deci, în cazul Grupului a4 la $r = 0,1$, eşantionul efectiv de date inițiale este de $100000(100 - 97,7)/100 = 2300$ seturi și este, de obicei, suficient de bun: conform datelor Tabelului 3.2, $K = 2300$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,980; \delta \geq 0,025\}$ și $\{\beta \leq 0,995; \delta \geq 0,030\}$. În toate celelalte cazuri, eşantionul de seturi de date inițiale depășește $100000(100 - 74,3)/100 = 25700$ seturi și este foarte bun: conform datelor Tabelului 3.2, $K = 25700$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,995; \delta \geq 0,010\}$.

3.2.2. Frecvența cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă

Simularea informatică folosind aplicația SIMINV a fost efectuată pentru Grupurile a1-a7 de alternative, definite în Secțiunea 2.2.1, în conformitate cu Algoritmii 2.1-2.7, descriși în Secțiunea 2.2.2. Unele din rezultatele obținute sunt descrise în această secțiune.

Grupul de alternative a1 - dependență de d . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = D_2 = 5$; $I_1 = 1000$, $I_2 = 500$; $r = 0,2$; $v = 0,5$. Dependențele obținute $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$ și $q_{NPR}(d)$ sunt prezentate în Figura 3.4.

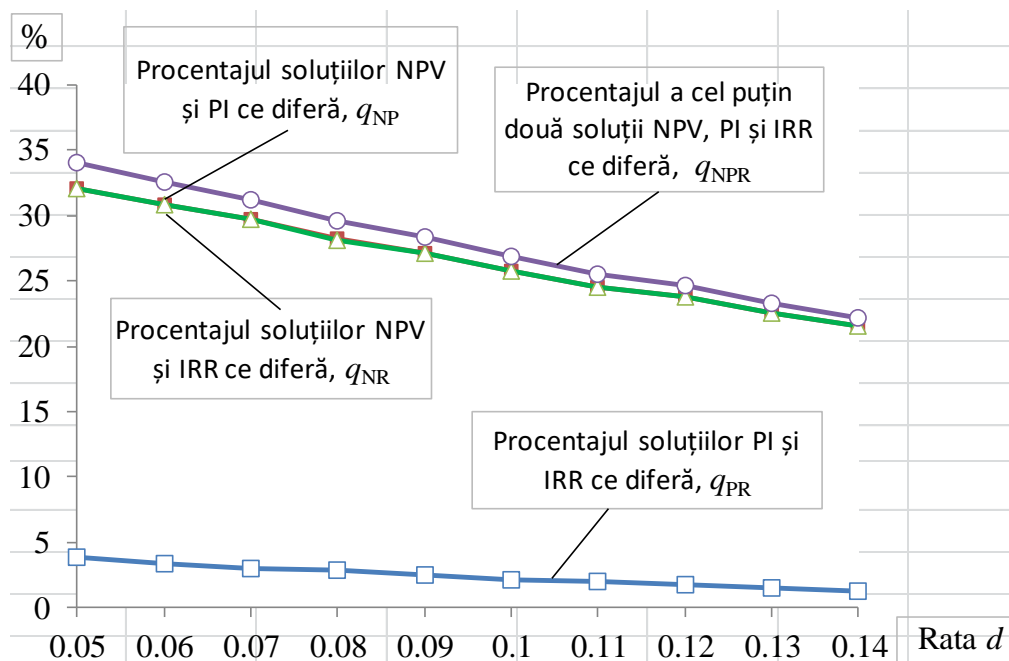


Figura 3.4. Procentajele $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$ și $q_{NPR}(d)$

Sursa: elaborată de autor

Datele Figurii 3.4 arată că toate dependențele menționate sunt în descreștere față de d . În același timp, dependențele $q_{NP}(d)$ și $q_{NR}(d)$ practic coincid, iar dependența $q_{NPR}(d)$ este apropiată de primele două. De asemenea, au loc relațiile: $q_{NPR}(d) > q_{NP}(d) \approx q_{NR}(d) \gg q_{PR}(d)$. Intervalele de valori obținute pentru cele patru dependențe sunt specificate în Tabelul 3.3.

Tablelul 3.3. Intervalele de valori pentru cele patru dependențe de rata de actualizare $d \in [0.05; 0.14]$, %

Indicii	$q_{NP}(d)^1$	$q_{NR}(d)^2$	$q_{PR}(d)^3$	$q_{NPR}(d)^4$
Minimumul lui $q(d)$	21,6	21,6	1,30	22,2
Maximumul lui $q(d)$	32,1	32,1	3,84	34,0

¹ q_{NP} - procentajul soluțiilor NPV și PI ce diferă; ² q_{NR} - procentajul soluțiilor NPV și IRR ce diferă; ³ q_{PR} - procentajul soluțiilor NPV și IRR ce diferă; ⁴ q_{NPR} - procentajul a cel puțin două soluții NPV, PI, și IRR ce diferă.

Sursa: elaborat de autor

Pe baza datelor Tabelului 3.3, se poate conchide că, în medie, există un număr considerabil de cazuri ($q_{NPR}(d) \in [22,2; 34,0]\%$) când utilizarea a cel puțin doi din cei trei indici examinați (NPV, PI și IRR) conduce la soluții diferite. Utilizarea perechilor de indici comparați NP și NR de asemenea poate conduce la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri intervalul de valori respectiv fiind aproximativ același și egal cu $[21,6; 32,1]\%$. Cel mai îngust interval (diferența dintre limitele superioară și inferioară) este cel al $q_{PR}(d)$ egal cu $3,84 - 1,30 = 2,54\%$. De asemenea, din cauza celor mai mici valori ale procentajelor $q_{PR}(d) \in [1,30; 3,84]\%$, din cei trei indici comparați, PI și IRR sunt cei mai apropiați unul de celălalt.

Grupul de alternative a2 - dependență de D . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = D_2 = D = \{1, 2, 3, \dots, 10\}$; $I_1 = 1000$, $I_2 = 500$; $r = 0,2$; $v = 0,5$. În formă grafică, dependențele $q_{NP}(D_2)$, $q_{NR}(D)$, $q_{PR}(D)$ și $q_{NPR}(D)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.5.

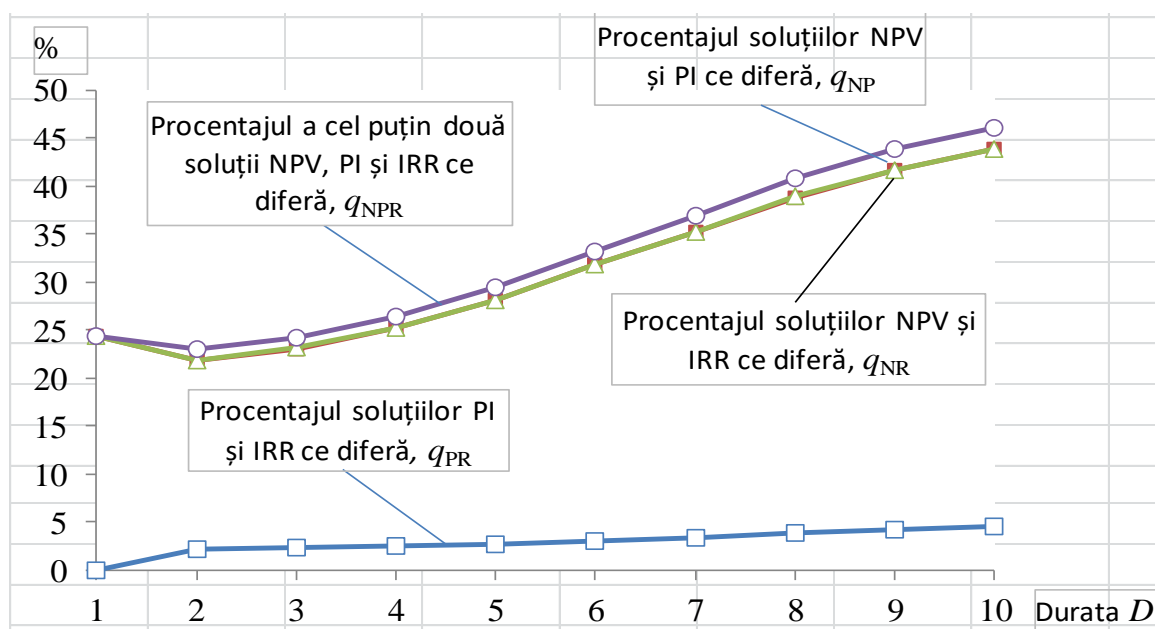


Figura 3.5. Procentajele $q_{NP}(D)$, $q_{NR}(D)$, $q_{PR}(D)$ și $q_{NPR}(D)$

Sursa: elaborată de autor

Din Figura 3.5 se poate observa caracterul diferit al celor trei dependențe de D : cel al $q_{PR}(D)$ este lent crescător; cele ale $q_{NP}(D)$, $q_{NR}(D)$ și $q_{NPR}(D)$ sunt descreștoare la $D \leq 2$ și crescătoare la $D_2 > 2$. De asemenea, ca și în Figura 3.3, dependențele $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$ practic coincid, iar

dependența $q_{NPR}(d)$ este apropiată de primele două. În același timp, au loc relațiile: $q_{NPR}(d) > q_{NP}(d) \approx q_{NR}(d) \gg q_{PR}(d)$.

Intervalele de valori obținute pentru cele patru dependențe sunt specificate în Tabelul 3.4.

Tabelul 3.4. Intervalele de valori pentru cele patru dependențe la durata D și rata de actualizare $d \in [0.05; 0.14]$, %

Indicii	$q_{NP}(D)^1$	$q_{NR}(D)^2$	$q_{PR}(D)^3$	$q_{NPR}(D)^4$
Minimul lui $q(D)$	20,3	21,1	0	21,1
Maximul lui $q(D)$	47,7	47,6	7,1	51,2

¹ q_{NP} - procentajul soluțiilor NPV și PI ce diferă; ² q_{NR} - procentajul soluțiilor NPV și IRR ce diferă; ³ q_{PR} - procentajul soluțiilor PI și IRR ce diferă; ⁴ q_{NPR} - procentajul a de cel puțin două soluții NPV, PI, și IRR ce diferă.

Sursa: elaborat de autor

Datele Tabelului 3.4 arată că poate exista un număr mare de cazuri în care utilizarea a cel puțin doi dintre cei trei indici examinați conduce la soluții diferite ($q_{NP}(D) \in [21,1; 51,2]\%$). Folosirea perechilor de indici comparați NP și NR poate, de asemenea, să conducă la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri, intervalul valorilor respective fiind aproximativ același, dar fără a depăși 47,8%. Cel mai restrâns interval este cel al $q_{PR}(D)$, egal cu 7,1%. De asemenea, din cauza valorilor procentuale mai mici ale $q_{PR}(D) \in [0\%; 7,1\%]$, dintre cei trei indici comparați, indicii PI și IRR sunt cei mai apropiați unul de celălalt. La $D = 1$, soluțiile obținute folosind acești doi indici coincid ($q_{PR}(D=1) = 0$) indiferent de valoarea $d \in [0,05; 0,14]$.

Grupul de alternative a3 - dependența de I_2 . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = D_2 = 5$; $I_1 = 1000$, $I_2 = \{100, 200, 300, \dots, 900, 1000\}$; $r = 0,2$; $v = 0,5$. Unele rezultate ale calculelor referitoare la dependențele $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$ și $q_{NPR}(I_2)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.6.

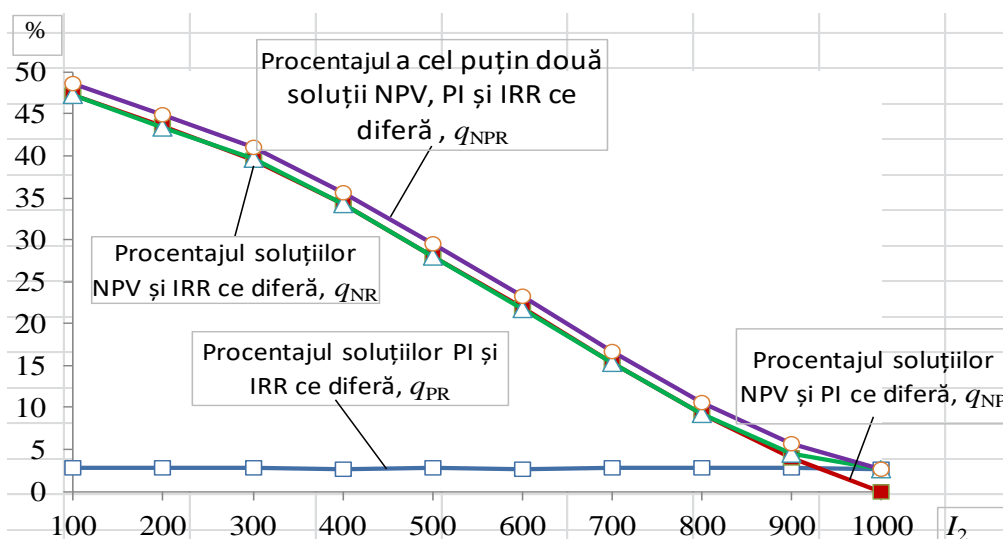


Figura 3.6. Procentajele $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$ și $q_{NPR}(I_2)$

Sursa: elaborată de autor

Din Figura 3.6 se poate observa că procentajele $q_{PR}(I_2)$ practic nu depind de I_2 , în timp ce celelalte trei dependențe sunt în descreștere față de I_2 , fiind foarte apropiate unele de altele. Mai mult decât atât, dependențele $q_{NP}(I_2)$ și $q_{NR}(I_2)$ practic coincid, cu excepția cazului $I_1 = I_2 = 1000$, când $q_{NP}(I_2) = 0$ indiferent de valoarea $d \in [0,05; 0,14]$. Deci, la $I_1 = I_2 = 1000$, soluțiile obținute folosind indicii NPV și PI coincid indiferent de valoarea $d \in [0,05; 0,14]$. Acest fapt este evident dacă de luat în considerare (2.4) și (2.6). Intervalele de valori obținute pentru cele patru dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$ sunt sistematizate în Tabelul 3.5.

Conform datelor Tabelului 3.5, ca și în Grupuri a1 și a2 de alternative, poate exista un număr considerabil de cazuri când utilizarea a cel puțin doi din cei trei indici examinați conduce la soluții diferite ($q_{NPR}(d) \in [1,3; 50,3]\%$). Folosirea indicilor NP și NR poate conduce, de asemenea, la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri, dar nedepășind 48,3 %. În același timp, la $I_1 = I_2 = 1000$ soluțiile obținute la utilizarea indicilor NP și NR coincid ($q_{NP}(I_2) = 0$) indiferent de valoarea $d \in [0,05; 0,14]$. Cel mai îngust interval este cel al $q_{PR}(I_2)$ egal cu $3,9 - 1,2 = 2,7\%$. De asemenea, din cauza celor mai mici valori ale procentajului $q_{PR}(d) \in [1,2; 3,9]\%$, din cei trei indici comparați, indicii PI și IRR sunt, de obicei, cei mai apropiați unul de celălalt.

Tabelul 3.5. Intervalele de valori pentru cele patru dependențe de volumul investițiilor I_2 la rata $d \in [0.05; 0.14]$, %

Indicii	$q_{NP}(I_2)^1$	$q_{NR}(I_2)^2$	$q_{PR}(I_2)^3$	$q_{NPR}(I_2)^4$
Minimumul lui $q(I_2)$	0	1,3	1,2	1,3
Maximumul lui $q(I_2)$	48,3	48,3	3,9	50,3

¹ q_{NP} – procentul soluțiilor NPV și PI ce diferă; ² q_{NR} – procentul soluțiilor NPV și IRR ce diferă; ³ q_{PR} – procentul soluțiilor PI și IRR ce diferă; ⁴ q_{NPR} – procentajul a cel puțin două soluții NPV, PI, și IRR ce diferă.

Sursa: elaborat de autor

Grupul de alternative a4 - dependență de r . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = D_2 = 5$; $I_1 = 1000$, $I_2 = 500$; $r = \{0,1; 0,2; 0,3; \dots; 0,9\}$; $v = 0,5$. Dependențele obținute $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$ și $q_{NPR}(r)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.7.

Datele Figurii 3.7 arată că toate cele patru dependențe examinate sunt crescătoare față de r , iar cele $q_{NP}(r)$ și $q_{NR}(r)$ practic coincid ($q_{NP}(r) \approx q_{NR}(r)$). Este crescătoare față de r și discrepanța dintre $q_{NP}(r) \approx q_{NR}(r)$ și $q_{NPR}(r)$. Comparativ cu precedentele trei grupuri de alternative (a1, a2 și a3), creșterea față de r a $q_{PR}(r)$ este mai puternică. În același timp, au loc relațiile $q_{NR}(r) < q_{NP}(r) \approx q_{NPE}(r) < q_{NPR}(r)$ și $q_{PR}(r) = 0$ la $\{r = 0,1; d = 0,14\}$.

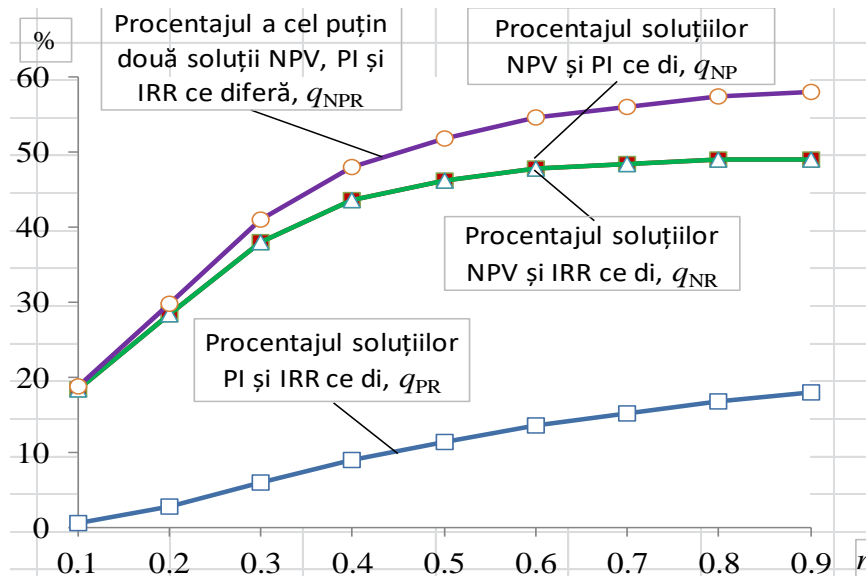


Figura 3.7. Procentajele $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$ și $q_{NPR}(r)$
Sursa: elaborată de autor

Domeniile de valori obținute, pentru cele patru dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$, sunt sistematizate în Tabelul 3.6.

Tabelul 3.6. Intervalele valorilor pentru cele patru dependențe de parametrul r la rata de actualizare $d \in [0,05; 0,14]$, %

Indicii	$q_{NP}(r)^1$	$q_{NR}(r)^2$	$q_{PR}(r)^3$	$q_{NPR}(r)^4$
Minimul lui $q(r)$	13,4	13,4	0	13,4
Maximul lui $q(r)$	49,2	49,4	19,1	58,7

¹ q_{NP} - procentajul soluțiilor NPV și PI ce diferă; ² q_{NR} - procentajul soluțiilor NPV și IRR ce diferă; ³ q_{PR} - procentajul soluțiilor PI și IRR ce diferă; ⁴ q_{NPR} - procentajul a cel puțin două soluții NPV, PI, și IRR ce diferă.

Sursa: elaborat de autor

Conform datelor Tabelului 3.6, ca și în cele trei grupuri anterioare de alternative (a1, a2 și a3), poate exista un număr considerabil de cazuri când utilizarea oricărui doi dintre cei trei indici examinați conduce la soluții diferite. Cel mai mare interval de valori este cel al $q_{NPR}(d)$ egal cu $58,7 - 13,4 = 45,3\%$, iar cel mai restrâns este cel al $q_{PR}(d)$ egal cu $19,1\%$. De asemenea, din cauza celor mai mici valori ale procentajelor $q_{PR}(d) \in [0; 19,1]\%$, din cei trei indici comparați, PI și IRR sunt cei mai apropiați unul de celălalt.

Grupul de alternative a5 - dependență de v . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = D_2 = 5$; $I_1 = 1000$, $I_2 = 500$; $r = 0,2$; $v = \{0,1; 0,2; 0,3; \dots; 0,9\}$. Dependențele obținute $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$ și q_{NPR} la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.8.

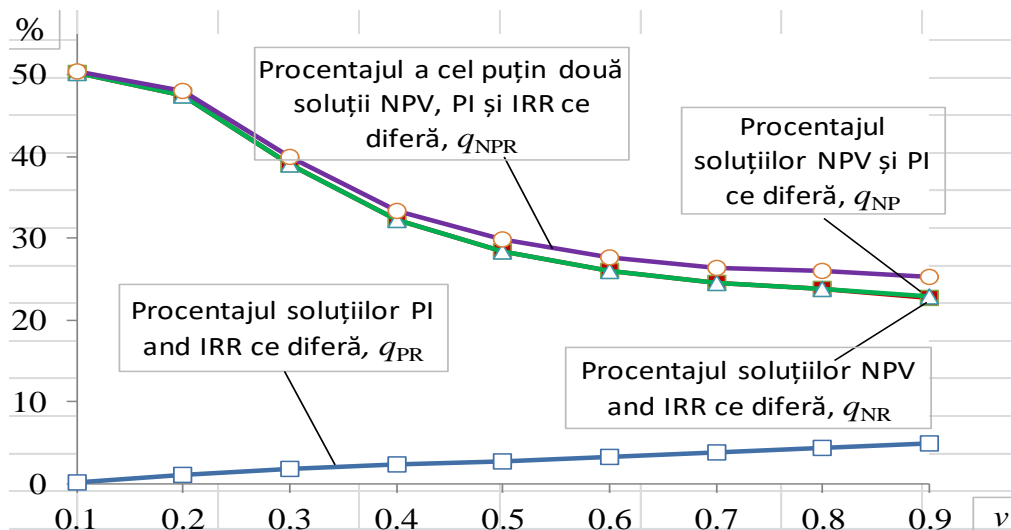


Figura 3.8. Procentajele $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$ și $q_{NPR}(v)$
Sursa: elaborată de autor

Conform Figurii 3.8, trei din cele patru dependențe, și anume $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$ și $q_{NPR}(v)$, sunt descrescătoare, iar cea $q_{PR}(v)$ este lent crescătoare față de v . În același timp, la $v \in [0.1; 0.2]$ are loc $q_{NP}(v) \approx q_{NR}(v) \approx q_{NPR}(v)$, iar la $v > 0.1$ discrepanța dintre $q_{NP}(v) \approx q_{NR}(v)$ și $q_{NPR}(v)$ este lent crescătoare, dar este relativ mică. Domeniile de valori obținute pentru cele patru dependențe față de v la $d \in [0.05; 0.14]$ sunt specificate în Tabelul 3.7.

Tabelul 3.7. Intervalele de valori pentru patru dependențe de parametrul v la rata de actualizare $d \in [0.05; 0.14]$, %

Indicii	$q_{NP}(v)^1$	$q_{NR}(v)^2$	$q_{PR}(v)^3$	$q_{NPR}(v)^4$
Minimul lui $q(v)$	20,6	20,2	0	21,7
Maximul lui $q(v)$	50,01	50,03	5,6	50,4

¹ q_{NP} – procentajul soluțiilor NPV și PI ce diferă; ² q_{NR} – procentajul soluțiilor NPV și IRR ce diferă; ³ q_{PR} – procentajul soluțiilor PI și IRR ce diferă; ⁴ q_{NPR} – procentajul a cel puțin două soluții NPV, PI și IRR ce diferă.

Sursa: elaborat de autor

În baza datelor din Tabelul 3.7, se poate concluziona că, în medie, există un număr considerabil de cazuri când utilizarea a cel puțin doi din cei trei indici examinați conduce la soluții diferite ($q_{NPR}(v) \in [21,7; 50,4]\%$). Utilizarea perechilor de indici comparați NP și NR poate de asemenea conduce la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri intervalul de valori respectiv fiind aproximativ același, dar nedepășind 50 %. Cel mai restrâns interval de valori este cel al $q_{PR}(v)$ egal cu 5,56 %, iar $q_{PR}(v) = 0$ la $\{v = 0,1, d \in [0,12, 0,14]\}$. Totodată, din cauza celor mai mici valori ale procentajului $q_{PR}(v) \in [0; 5,6]\%$, din cei trei indici comparați, PI și IRR sunt cei mai apropiați între ei.

Grupul de alternative a6 - dependența de $d+$ (față de d când valorile mărimilor $D_1 = D_2$, I_1 și I_2 sunt generate aleatoriu). Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = D_2 \in [1; 10]$; $I_1 \in [100; 1000]$, $I_2 \in [100; 1000]$; $r = 0,2$; $v = 0,5$. Dependențele $q_{NP}(d+)$, $q_{NR}(d+)$, $q_{PR}(d+)$ și $q_{NPR}(d+)$ sunt prezentate în Fig. 3.9.

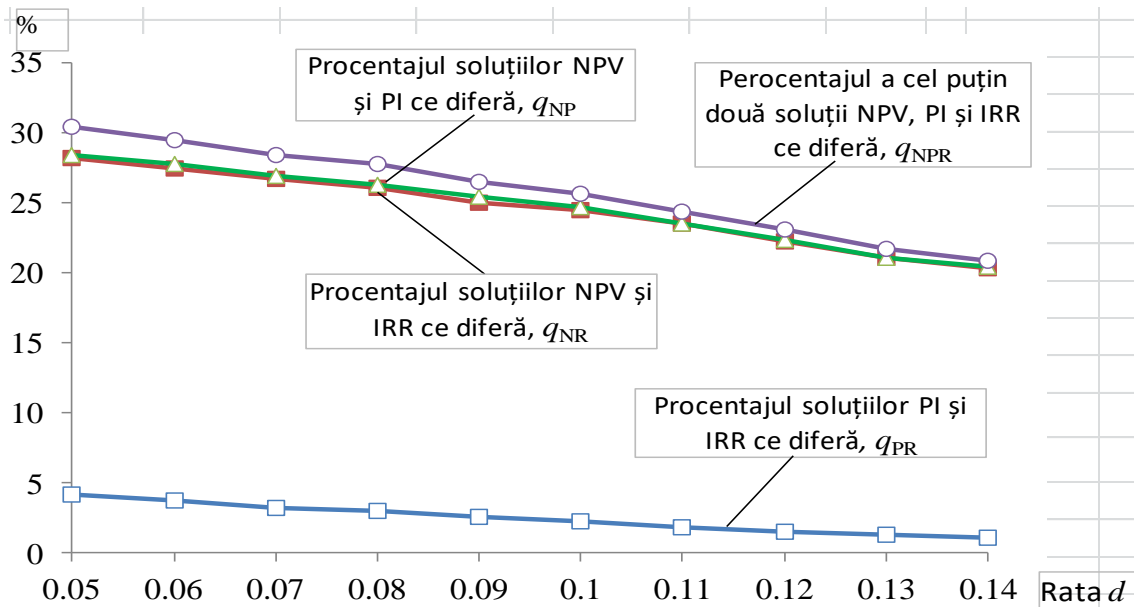


Figura 3.9. Procentajele $q_{NP}(d+)$, $q_{NR}(d+)$, $q_{PR}(d+)$ și $q_{NPR}(d+)$

Sursa: elaborată de autor

Similar Grupului a1 de alternative (dependența de d), pentru Grupul a6 toate cele patru dependențe sunt descrescătoare față de d , iar cele pentru perechile $q_{NP}(d+)$ și $q_{NR}(d+)$ practic coincid. Totodată, discrepanța dintre procentajele $q_{NP}(d+) \approx q_{NR}(d+)$ și $q_{NPR}(d+)$ este lent descrescătoare față de d . De asemenea, au loc relațiile $q_{PR}(d+) < q_{NP}(d+) \approx q_{NR}(d+) < q_{NPR}(d+)$. Domeniile de valori obținute pentru cele patru dependențe la $d \in [0.05; 0.14]$ sunt specificate în Tabelul 3.8.

Tabelul 3.8 Intervalele de valori pentru $q_{NP}(d+)$, $q_{NR}(d+)$, $q_{PR}(d+)$ și $q_{NPR}(d+)$ la $d \in [0.05; 0.14]$, %

Indicii	$q_{NP}(d+)$	$q_{NR}(d+)$	$q_{PR}(d+)$	$q_{NPR}(d+)$
Minimul lui $q(d+)$	20,3	20,4	1,1	20,9
Maximul lui $q(d+)$	28,2	28,4	4,2	30,4

Sursa: elaborat de autor

Din Tabelul 3.8 rezultă că, în medie, există un număr semnificativ de cazuri când utilizarea perechilor de indici examinați conduce la soluții diferite; de exemplu, $q_{NPR}(d+) \in [20,9; 30,4]\%$. Cel mai mare interval de valori este cel al $q_{NPR}(d+)$ egal cu $30,4 - 20,9 = 9,5\%$, iar cel mai restrâns interval este cel al $q_{PR}(d+)$ egal cu $4,2 - 1,1 = 3,1\%$. Din cei trei indici comparați, PI și IRR sunt cei mai apropiați între ei: $q_{PR}(d+) \in [1,1; 4,2]\%$.

Grupul de alternative a7 – grup general (față de d când valorile mărimilor $D_1 = D_2$, I_1 , I_2 , r și v sunt generate aleatoriu). Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = D_2 \in [1; 10]$; $I_1 \in [100; 1000]$, $I_2 \in [100; 1000]$; $r \in [0,1; 0,9]$; $v \in [0,1; 0,9]$. Unele din rezultatele obținute pentru cele patru dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$ sunt sistematizate în Tabelul 3.9.

Tabele 3.9. Procentajele $q_{NP}(d\cdot)$, $q_{NR}(d\cdot)$, $q_{PR}(d\cdot)$ și $q_{NPR}(d\cdot)$ la $d \in [0.05; 0.14]$, %

d	$q_{NP}(d\cdot)$	$q_{NR}(d\cdot)$	$q_{PR}(d\cdot)$	$q_{NPR}(d\cdot)$
0,05	34,68	35,74	10,95	40,69
0,06	34,68	35,56	10,55	40,40
0,07	34,51	35,38	10,09	39,99
0,08	34,51	35,28	9,85	39,82
0,09	34,17	35,09	9,47	39,36
0,1	34,02	34,68	9,33	39,01
0,11	34,03	34,85	9,31	39,10
0,12	33,54	34,15	8,89	38,29
0,13	33,40	34,28	8,65	38,19
0,14	33,41	34,03	8,32	37,88
Minimul $q(d\cdot)$	33,40	34,03	8,32	37,88
Maximul $q(d\cdot)$	34,68	35,74	10,95	40,69
Media $q(d\cdot)$	34,09	34,91	9,54	39,27

Sursa: elaborat de autor

Datele Tabelului 3.9 arată că, în medie, pentru Grupul de alternative a7 procentajul cazurilor în care utilizarea perechilor de indici cercetați conduce la soluții diferite este mai mic de 35,7 %, iar per total, adică atunci când cel puțin doi din cei trei indici examinați conduc la soluții diferite, este mai mic de 40,7 %. Cel mai mare interval de valori este cel al $q_{NPR}(d\cdot)$ egal cu $40,7 - 37,9 = 2,8\%$ ($q_{PR}(d\cdot) \in [37,9; 40,7]\%$), iar cel mai restrâns interval este cel al $q_{NP}(d\cdot)$ egal cu $34,7 - 33,4 = 1,3\%$. Ca și în șase grupuri de alternative anterioare (a1-a7), în baza celor mai mici valori ale procentajului $q_{PR}(d\cdot) \in [8,3; 11,0]\%$, din cei trei indici comparați, PI și IRR sunt cei mai apropiați între ei.

Dependențele obținute $q_{NP}(d\cdot)$, $q_{NR}(d\cdot)$, $q_{PR}(d\cdot)$ și $q_{NPR}(d\cdot)$ sunt prezentate în Figura 3.10. Ca și în cazurile Grupurilor de alternative a1 (dependență de d) și a6 (dependență de $d+$), pentru Grupul a7 toate cele patru dependențe sunt descrescătoare față de d , dar mai lent decât $q_{PR}(v)$ pentru cele două grupuri nominalizate. În același timp, acesta este singurul grup din cele șapte examinate pentru care în mod clar are loc $q_{NP}(d\cdot) < q_{NR}(d\cdot)$, iar discrepanțele dintre $q_{NP}(d\cdot)$ și $q_{NPR}(d\cdot)$ și dintre $q_{NR}(d\cdot)$ și $q_{NPR}(d\cdot)$ sunt relativ mari la $d \in [0.05; 0.14]$.

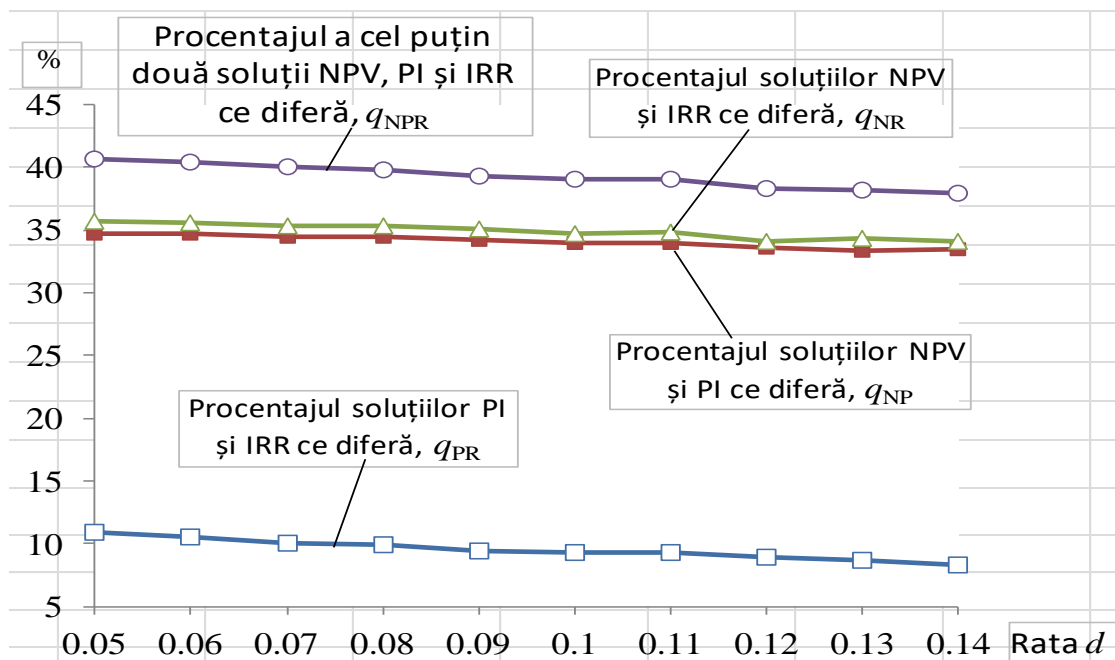


Figura 3.10. Procentajele $q_{NP}(d\cdot)$, $q_{NR}(d\cdot)$, $q_{PR}(d\cdot)$ și $q_{NPRE}(d\cdot)$
Sursa: elaborată de autor

3.2.3. Generalizarea rezultatelor i-simulării

Figurile 3.4-3.10 prezintă 28 de dependențe ($4 \times 7 = 28$), dintre care 18 sunt descrescătoare, 6 sunt crescătoare, 3 inițial sunt descrescătoare, iar apoi sunt crescătoare și una este, practic, invariabilă. Astfel, dependențele $q_{NP}(\cdot)$, $q_{NR}(\cdot)$, $q_{PR}(\cdot)$ și $q_{NPRE}(\cdot)$ față de d (Figura 3.4), față de I_2 (Figura 3.6), față de v (Figura 3.8), față de $d+$ (Figura 3.9) și față de $d\cdot$ (Figura 3.10) sunt descrescătoare sau lent descrescătoare, cu excepția următoarelor cazuri:

- $q_{PR}(I_2)$ este, practic, invariabilă (Figura 3.6);
- $q_{PR}(v)$ este lent crescătoare (Figura 3.8).

De asemenea, sunt crescătoare și dependențele: $q_{PR}(D)$ (Figura 3.5); $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$ și $q_{NPRE}(r)$ (Figura 3.7). În același timp, dependențele $q_{NP}(D)$, $q_{NR}(D)$ și $q_{NPRE}(D)$ sunt inițial descrescătoare iar apoi crescătoare (Figura 3.5).

În perechi, pentru Grupurile a1-a6 de alternative de seturi de date inițiale, dependențele $q_{NP}(\cdot)$ și $q_{NR}(\cdot)$ practic coincid, iar pentru Grupul a7 acestea sunt foarte apropiate între ele. De asemenea, dependența $q_{NPRE}(\cdot)$ este relativ apropiată de acestea. În ceea ce privește procentajele $q_{PR}(\cdot)$, acestea sunt, de obicei, considerabil mai mici decât cele pentru $q_{NP}(\cdot)$, $q_{NR}(\cdot)$ și $q_{NPRE}(\cdot)$. Astfel, dintre indicii NPV, PI și IRR, ultimii doi sunt cei mai apropiați între ei în ceea ce privește soluțiile obținute a eficienței i-proiectelor. O analiză comparativă a intervalului de valori pentru cele patru procentaje poate fi realizată pe baza datelor din Tabelul 3.10.

Tabelul 3.10. Caracteristicile intervalului de valori pentru cele patru dependențe, %

Indicii		$q_{NP}(\cdot)$	$q_{NR}(\cdot)$	$q_{PR}(\cdot)$	$q_{NPR}(\cdot)$
Minimum de	$q(d)$	21,60	21,60	1,30	22.20
	$q(D)$	20,32	21,05	0	21.14
	$q(I_2)$	0	1,26	1,24	1.26
	$q(r)$	13,36	13,36	0	13.36
	$q(v)$	20,58	20,20	0	21.71
	$q(d+)$	20,31	20,43	1,07	20.90
	$q(d-)$	33,40	34,03	8,32	37.88
Minimul general		0	1,26	0	1,26
Maximul de	$q(d)$	32,10	32,10	3,84	34.00
	$q(D)$	47,67	47,57	7,06	51.15
	$q(I_2)$	48,34	48,31	3,89	50.25
	$q(r)$	49,22	49,35	19,11	58.67
	$q(v)$	50,01	50,03	5,56	50.35
	$q(d+)$	28,22	28,40	4,16	30.39
	$q(d-)$	34,68	35,74	10,95	40.69
Maximul general		50,01	50,03	19,11	58,67
Valoarea totală a intervalului		50,01	48,77	19,11	57,41

Sursa: elaborat de autor

Astfel, pentru Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale folosite, procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pentru toate cele trei perechi de indici este considerabil, și anume: $q_{NP}(\cdot) \in [0; 50,01]\%$, $q_{NR}(\cdot) \in [1,26; 50,03]\%$ și $q_{PR}(\cdot) \in [0; 19,11]\%$. De asemenea, procentajul mediu $q_{NPR}(\cdot)$ de cazuri cu soluții diferite, atunci când se utilizează cel puțin doi dintre cei trei indici examinați (NPV, PI și IRR), se află în intervalul de valori $[1,26; 58,67]\%$. Dimensiunea generală a intervalului de valori este aproximativ: 50 % pentru $q_{NP}(\cdot)$, 49 % pentru $q_{NR}(\cdot)$, 19 % pentru $q_{PR}(\cdot)$ și 57 % pentru $q_{NPR}(\cdot)$. Totodată, există categorii de seturi de date inițiale în care indicii examinați în perechi conduc întotdeauna la aceeași soluție, inclusiv perechile:

- {NPV, PI} pentru Grupul a3 (dependența de I_2) la $I_1 = I_2 = 1000$, aceasta este evident;
- {PI, IRR} pentru Grupul a2 (dependența de D) la $D = 1$, pentru Grupul a4 (dependența de r) la $\{r = 0,1; d = 0,14\}$ și pentru Grupul a5 (dependența de v) la $\{v = 0,1; d \in [0,12; 0,14]\}$.

Însă nu au fost identificate astfel de categorii de seturi de date inițiale când s-au utilizat indicii NPV și IRR sau, ca rezultat, toți cei trei indici examinați (NPV, PI și IRR) împreună.

De menționat, că pe baza Grupului a7 de alternative de date inițiale (grupul general – dependența de d când valorile mărimilor $D_1 = D_2, I_1, I_2, r$ și v sunt generate aleatoriu), procentajul mediu al cazurilor cu soluții diferite este de aproximativ: 9,5 % pentru $q_{PR}(\cdot)$, 34,1% pentru $q_{NP}(\cdot)$, 34,9 % pentru $q_{NR}(\cdot)$ și 39,3 % pentru $q_{NPR}(\cdot)$ (a se vedea Tabelul 3.9). Astfel, în medie, soluțiile obținute la compararea eficienței proiectelor. atunci când se utilizează indicii NPV, PI și IRR, nu coincid în peste 1/3 din cazuri.

3.3. Rezultatele i-simulării pentru proiecte informatice de durată diferită

Folosind i-aplicația SIMINV, au fost efectuate calcule conform Algoritmilor 2.8-2.14 pentru proiecte informatice de durată diferită. Scopul calculelor - determinarea procentajului cazurilor în care soluțiile obținute folosind indicii fiecărei perechi $NP = \{NPV, PI\} - q_{NP}(\cdot)$, $NR = \{NPV, IRR\} - q_{NR}(\cdot)$, $PR = \{PI, IRR\} - q_{PR}(\cdot)$, $NPE = \{EANPV, EAPI\} - q_{NPE}(\cdot)$, $NRE = \{EANPV, IRR\} - q_{NRE}(\cdot)$ și $PRE = \{EAPI, IRR\} - q_{PRE}(\cdot)$ diferă, analizând Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale, descrise în Secțiunea 2.3.1. Unele din rezultatele obținute [126] sunt descrise în această secțiune.

Fiecare set de date inițiale caracterizează două proiecte informatice concrete, 1 și 2, de durată diferită. Conform Algoritmilor 2.8-2.14, pentru fiecare punct al fiecăruia din Grupurile 1-7 de alternative a fost generat câte un eșantion de 100000 de seturi de date inițiale. Astfel, au fost generate pentru Grupurile de alternative (a se vedea Secțiunea 2.3.1):

- 1, 6 și 7 câte $10 \times 10^5 = 1$ mil seturi de date inițiale;
- 2 și 5 câte $10 \times 9 \times 10^5 = 9$ mil seturi de date inițiale;
- 3 și 4 câte $10 \times 10 \times 10^5 = 10$ mil seturi de date inițiale.

Totodată, după cum a fost deja menționat în Secțiunea 3.1, numărul efectiv de seturi de date inițiale (seturi de date inițiale ce convin), depinde de caz și este mai mic. O analiză a numărului cazurilor de eșec la generarea seturilor de datelor inițiale este prezentată în Secțiunea 3.3.1. Ulterior, în Secțiunea 3.3.2, sunt descrise exemple de necoincidență a soluțiilor la aplicarea indicilor fiecăreia din perechile PR și PRE, în Secțiunea 3.3.3 este data, pe grupuri de alternative de date inițiale, analiza frecvenței cazurilor în care soluțiile folosind indicii fiecăreia din perechile NP, NR, PR, NPE, NRE și PRE diferă, iar în Secțiunea 3.3.4 este efectuată o generalizare a rezultatelor obținute.

3.3.1. Cazuri de eșec la generarea seturilor de date inițiale

Abordarea, utilizată pentru a genera seturi de date inițiale, nu asigură respectarea cerințelor $NPV_1 > 0$ și $NPV_2 > 0$. Acesta este motivul pentru care algoritmul contorizează numărul total m_f de cazuri de eșec ($NPV_1 < 0$ sau $NPV_2 < 0$ sau ambele $NPV_1 < 0$ și $NPV_2 < 0$). Acest număr este

utilizat la calcularea valorilor procentajelor $q_{NP}(\cdot)$, $q_{NR}(\cdot)$, $q_{PR}(\cdot)$, $q_{NPE}(\cdot)$, $q_{NRE}(\cdot)$, $q_{PRE}(\cdot)$ și $f(\cdot)$. Aici $f(\cdot)$ este procentajul eșecurilor de generare a datelor inițiale. Dacă valoarea m_f este prea mare, atunci erorile de calcul sunt, de asemenea, semnificative. De asemenea, în scopul identificării influenței valorii ratei d asupra mărimii $f(\cdot)$, în cazul Grupurilor 2-5 de alternative a fost aplicat și un șir de valori pentru d , adică $d = d_j, j = \overline{1, m}$.

În Figura 3.11 sunt prezentate dependențele lui f de d pentru Grupurile 1, 6 și 7 de alternative de seturi de date inițiale. Aceste dependențe sunt relativ apropiate între ele și sunt crescătoare față de d , dar nu depășesc 40,2 %. Comparându-le cu cele pentru Grupurile a1, a6 și a7 (proiecte informatice de aceeași durată, a se vedea Figura 3.3), caracterul lor este același, dar valoarea absolută în cazul Grupurilor 1, 6 și 7 este mai mică (nu depășește 40,2 %).

Rezultatele calculelor efectuate arată că pentru Grupul de alternative de date inițiale:

- 2) dependența $f(d, D_2)$ este descrescătoare atât față de d , cât și față de D_2 , intervalul de valori fiind $[0,03; 44,1]\%$ la $d = 0,08$ și per total $[0,00; 51,3]\%$;
- 3) dependența $f(d, I_2)$ este crescătoare față de d și foarte puțin depinde de I_2 , intervalul de valori fiind $[4,77; 4,94]\%$ la $d = 0,08$ și per total $[1,51; 27,5]\%$;
- 4) dependența $f(d, r)$ este descrescătoare atât față de d , cât și față de r , dar $f(d, r) = 0$ la $r \geq 0,5$, intervalul de valori fiind $[0; 60,5]\%$ la $d = 0,08$ și per total $[0; 99,65]\%$, dar $[0; 27,7]\%$ la $r \geq 0,2$;
- 5) dependența $f(d, v)$ este crescătoare atât față de d , cât și față de v , dar $f(d, r) = 0$ la $v = 0,1$, intervalul de valori fiind $[0; 23,6]\%$ la $d = 0,08$ și global $[0; 51,8]\%$.

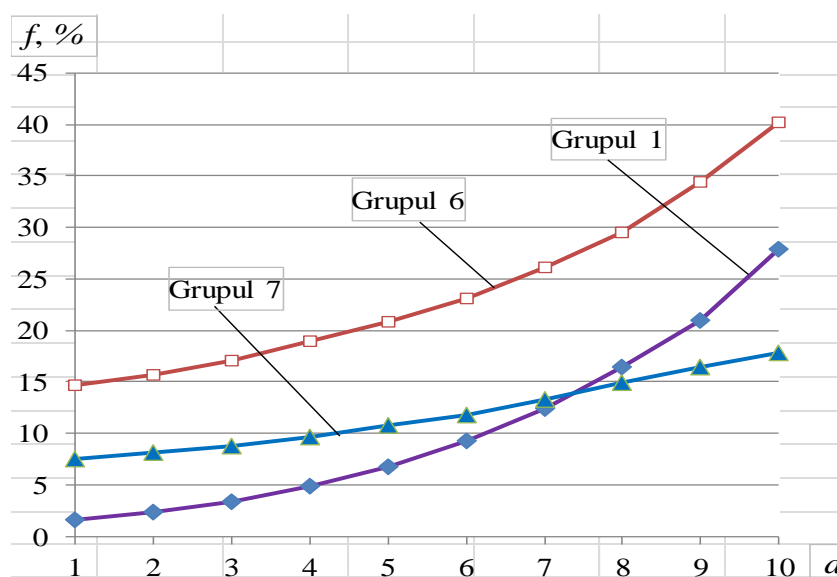


Figura 3.11. Procentajul cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale
Sursa: elaborată de autor

Astfel, pentru Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale, dependențele $f(\cdot)$ sunt crescătoare sau lent crescătoare față de d , intervalul de valori per total fiind $[0; 51,8]\%$, cu excepția Grupului 4 la $r = 0,1$ când limita de sus este de $99,65\%$. Astfel, în cazul Grupului 4 la $r = 0,1$, eșantionul efectiv de date inițiale este de $100000(100 - 99,65)/100 = 350$ seturi și poate fi insuficient: conform calculelor efectuate, $K = 350$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,939; \delta \geq 0,050\}$. În toate celelalte cazuri, eșantionul efectiv de date inițiale depășește $100000(100 - 51,8)/100 = 48200$ seturi și este foarte bun: conform datelor Tabelului 3.2, $K = 48200$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,995; \delta \geq 0,010\}$ și $\{\beta \leq 0,970; \delta \geq 0,005\}$.

3.3.2. Exemple de cazuri de necoincidență a soluțiilor

Pentru a identifica, dacă într-adevăr la condițiile de la poz. (7) și (8) din Secțiunea 2.1.2, pot exista cazuri în care utilizarea indicilor PI și IRR și, respectiv, a indicilor EAPI și IRR conduce la soluții diferite, au fost efectuate calculele respective, complementar la cele din Exemplele 2.1-2.5, utilizând i-aplicația SIMINV. Unele dintre aceste cazuri sunt descrise mai jos în această secțiune.

Exemplul 3.1 - cu utilizarea indicilor IRR și PI. Date inițiale comune iProiectelor 1 și 2: $d = 0,1$. iProiectul 1 se caracterizează de următoarele date: $D_1 = 7; I_1 = 125,7; CF_{1,1} = 81,6; CF_{1,2} = 44,3; CF_{1,3} = 40,4; CF_{1,4} = 78,4; CF_{1,5} = 63,3; CF_{1,6} = 39,7$ și $CF_{1,7} = 42,7$. De asemenea, iProiectul 2 se caracterizează de datele: $D_2 = 6; I_2 = 609,0; CF_{2,1} = 206,8; CF_{2,2} = 407,0; CF_{2,3} = 250,2; CF_{2,4} = 305,0; CF_{2,5} = 412,6$ și $CF_{2,6} = 385,5$.

Rezultatele calculelor pentru indicii IRR și PI sunt: $PI_1 = 2,214; PI_2 = 2,290; IRR_1 = 0,450$ și $IRR_2 = 0,436$. Deci: $PI_1 = 2,214 < PI_2 = 2,290$ și $IRR_1 = 0,450 > IRR_2 = 0,436$. Astfel, soluțiile obținute diferă: conform indicelui IRR de preferat este iProiectul 1, iar conform indicelui PI de preferat este iProiectul 2. Aceasta confirmă prevederea "de obicei" de la poz. (7) din Secțiunea 2.1.2.

Exemplul 3.2 - cu utilizarea indicilor IRR și EAPI. Date inițiale comune iProiectelor 1 și 2: $d = 0,1$. iProiectul 1 se caracterizează de următoarele date: $D_1 = 9; I_1 = 158; CF_{1,1} = 64,7; CF_{1,2} = 73,7; CF_{1,3} = 81,1; CF_{1,4} = 85,8; CF_{1,5} = 79,3; CF_{1,6} = 73,2; CF_{1,7} = 85,7; CF_{1,8} = 84,1$ și $CF_{1,9} = 81,1$. De asemenea, iProiectul 2 se caracterizează de următoarele date: $D_2 = 7; I_2 = 691,1; CF_{2,1} = 382,1; CF_{2,2} = 308,8; CF_{2,3} = 392,6; CF_{2,4} = 381,7; CF_{2,5} = 274,4; CF_{2,6} = 275,9$ și $CF_{2,7} = 321,2$.

Rezultatele calculelor pentru indicii IRR și PI sunt: $EAPI_1 = 0,492; EAPI_2 = 0,490; IRR_1 = 0,454$ și $IRR_2 = 0,475$. Deci: $EAPI_1 = 0,492 > EAPI_2 = 0,490$ și $IRR_1 = 0,454 < IRR_2 = 0,475$. Astfel, soluțiile obținute diferă: conform indicelui EAPI, de preferat este iProiectul 1, iar conform

indicelui IRR de preferat este iProiectul 2. Aceasta confirmă prevederea "de obicei" de la poz. (8) din Secțiunea 2.1.2.

Astfel, se confirmă faptul că pot exista cazuri când utilizarea indicilor PI și IRR și, respectiv, a indicilor EAPI și IRR conduce la soluții diferite. De aceea este oportună determinarea procentajelor q_{NP} , q_{NR} , q_{PR} , q_{NPE} , q_{NRE} și q_{PRE} ale cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă.

3.3.3. Frecvența cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă

Simularea imformatică utilizând i-aplicația SIMINV a fost efectuată pentru Grupurile 1-7 de alternative definite în Secțiunea 2.3.1. Unele rezultate sunt descrise în această secțiune.

Grupul de alternative 1 - dependența de d . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10$, $D_2 = 5$; $I_1 = 1000$, $I_2 = 500$; $r = 0,2$; $v = 0,5$. Dependențele obținute $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$, $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$ și $q_{PRE}(d)$ sunt prezentate în Figura 3.12.

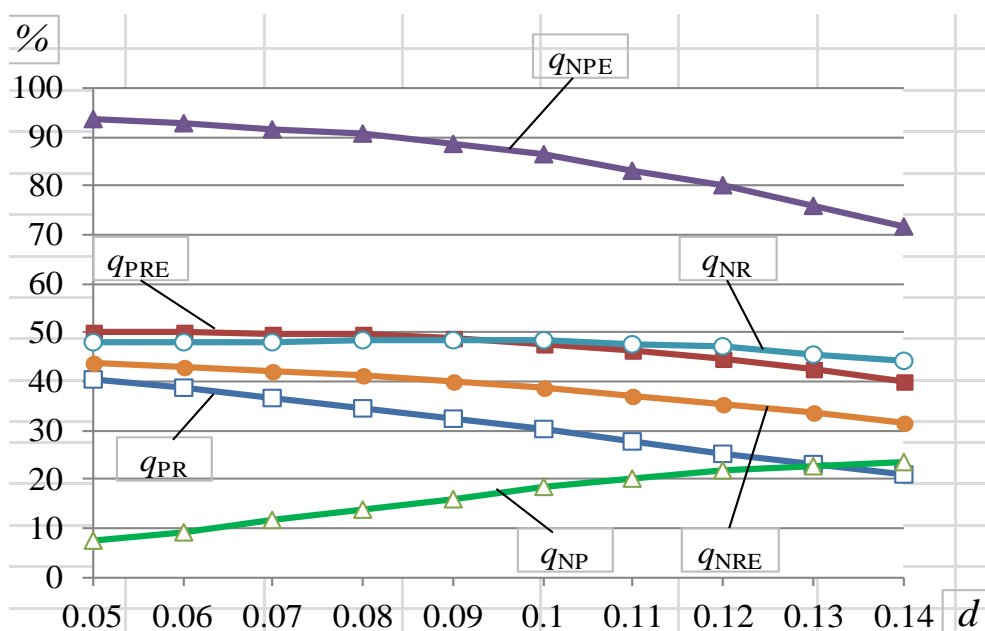


Figura 3.12. Procentajele $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$, $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$ și $q_{PRE}(d)$
Sursa: elaborată de autor

Conform Figurii 3.12, toate dependențele menționate, cu excepția celei $q_{NP}(d)$, sunt descrescătoare față de d ; în ceea ce privește dependența $q_{NP}(d)$, aceasta este crescătoare față de d . De asemenea, pe perechi, cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(d)$ și $q_{NPE}(d)$, urmează perechea $\{q_{PR}(d), q_{PRE}(d)\}$, iar cea mai mică discrepanță este între procentajele $q_{NR}(d)$ și $q_{NRE}(d)$. În același timp, au loc relațiile $q_{NP}(d) < q_{NPE}(d)$ și $q_{PR}(d) < q_{PRE}(d)$, dar $q_{NR}(d) > q_{NRE}(d)$.

Intervalele de valori obținute pentru cele șase dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$ sunt specificate în Tabelul 3.11.

Tabelul 3.11. Intervalele de valori pentru cele șase dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$

Indicii	$q_{NP}(d)$	$q_{NR}(d)$	$q_{PR}(d)$	$q_{NPE}(d)$	$q_{NRE}(d)$	$q_{PRE}(d)$
Minimul $q(d)$	7,37	44,25	20,81	71,59	31,66	39,93
Maximul $q(d)$	23,44	48,39	40,54	93,67	43,72	50,05

Sursa: elaborat de autor

În baza datelor din Tabelul 3.11 se poate concluziona că, în medie, există un număr considerabil de cazuri ($q_{NPE}(d) \in [71,59; 93,67]\%$) pentru care utilizarea indicilor EANPV și EAPI conduce la soluții diferite. Utilizarea altor perechi de indici comparați de asemenea poate conduce la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri. Cel mai mare interval (diferența dintre limitele de sus și cele de jos) este cel al $q_{NPE}(d)$ egal cu $93,67 - 71,49 = 22,18\%$ ($q_{NPE}(d) \in [71,49; 93,67]\%$), iar cel mai restrâns interval este cel al $q_{NR}(d)$ egal cu $48,39 - 44,25 = 4,14\%$ ($q_{NP}(d) \in [44,25; 48,39]\%$).

Grupul de alternative 2 - dependența de D_2 . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10$, $D_2 = \{1, 2, 3, \dots, 9\}$; $I_1 = 1000$, $I_2 = 500$; $r = 0,2$; $v = 0,5$. În formă grafică, dependențele $q_{NP}(D_2)$, $q_{NR}(D_2)$, $q_{PR}(D_2)$, $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NRE}(D_2)$ și $q_{PRE}(D_2)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.13.

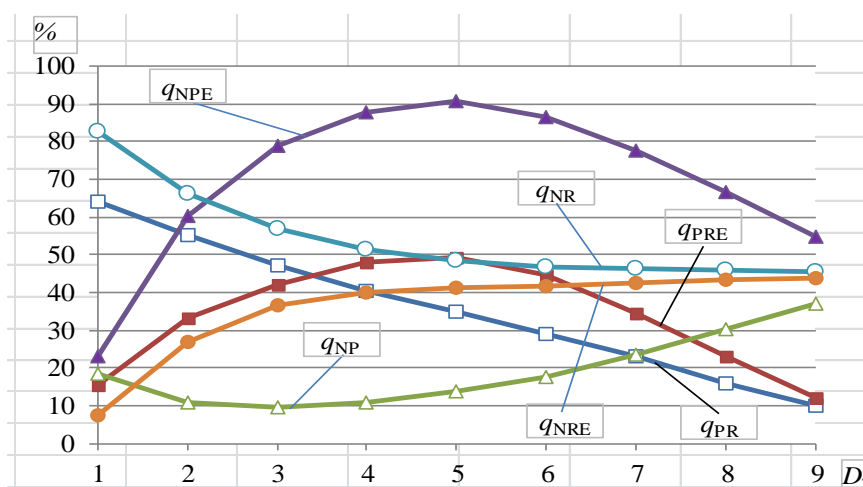


Figura 3.13. Procentajele $q_{NP}(D_2)$, $q_{NR}(D_2)$, $q_{PR}(D_2)$, $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NRE}(D_2)$ și $q_{PRE}(D_2)$

Sursa: elaborată de autor în baza [111]

Conform Figurii 3.13, caracterul celor șase dependențe de D_2 este diferit: cel al $q_{NRE}(D_2)$ este crescător; cele ale $q_{NPE}(D_2)$ și $q_{PRE}(D_2)$ sunt inițial crescătoare, iar apoi descrescătoare; cel al $q_{NP}(D_2)$ este descrescător la $D_2 \leq 3$ și crescător la $D_2 > 3$; cele ale $q_{NR}(D_2)$ și $q_{PR}(D_2)$ sunt descrescătoare. De asemenea, pe perechi, cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(D_2)$ și $q_{NPE}(D_2)$. În același timp, au loc relațiile $q_{NP}(D_2) < q_{NPE}(D_2)$, $q_{NR}(D_2) > q_{NRE}(D_2)$, dar $q_{PR}(D_2) > q_{PRE}(D_2)$ la

$D_2 \leq 3$ și $q_{PR}(D_2) < q_{PRE}(D_2)$ la $D_2 > 3$. Intervalele de valori obținute pentru cele șase dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$ sunt specificate în Tabelul 3.12.

Tabelul 3.12. Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de D_2 la $d \in [0,05; 0,14]$

Indicii	$q_{NP}(D_2)$	$q_{NR}(D_2)$	$q_{PR}(D_2)$	$q_{NPE}(D_2)$	$q_{NRE}(D_2)$	$q_{PRE}(D_2)$
Minimum $q(D_2)$	3,38	31,40	4,55	13,18	4,61	9,38
Maximum $q(D_2)$	37,50	82,73	75,61	93,61	47,26	50,75

Sursa: elaborat de autor

În Tabelul 3.12 se observă că poate exista un număr mare de cazuri în care utilizarea indicilor EANPV și EAPI conduce la soluții diferite, care, în medie, pot ajunge la 93,61%, aceasta fiind aproximativ egală cu $q_{NPE}(d)$: $\max\{q_{NPE}(d)\} = 93,67\% \approx \max\{q_{NPE}(D_2)\} = 93,61\%$. Utilizarea altor perechi de indici comparați poate conduce, de asemenea, la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri. Cel mai mare interval este cel al $q_{NPE}(D_2)$ egal cu $93,61 - 13,18 = 80,43\%$ ($q_{NPE}(D_2) \in [13,18; 93,61]\%$), iar cel mai îngust interval este cel al $q_{NP}(D_2)$ egal cu $37,50 - 3,38 = 34,12\%$ ($q_{NR}(D_2) \in [3,38; 37,50]$).

Grupul de alternative 3 - dependența de I_2 . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10$, $D_2 = 5$; $I_1 = 1000$, $I_2 = \{100, 200, 300, \dots, 900, 1000\}$; $r = 0, 2$; $v = 0,5$. Unele rezultate ale calculelor cu referire la dependențele $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$, $q_{NPE}(I_2)$, $q_{NRE}(I_2)$ și $q_{PRE}(I_2)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.14.

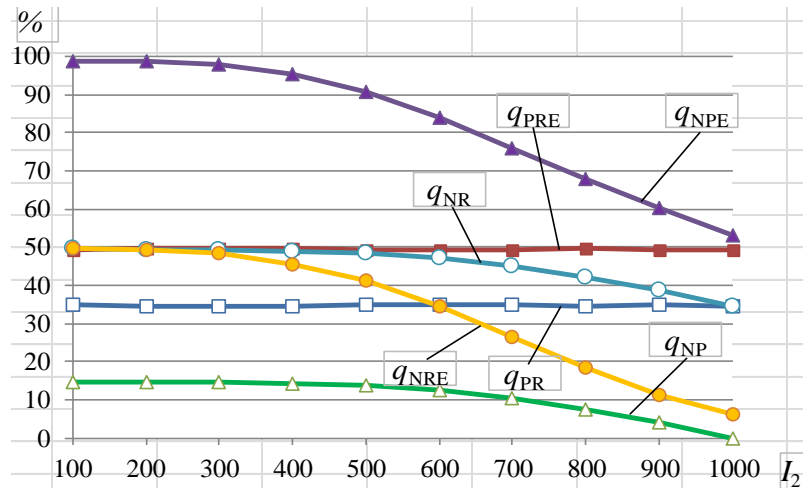


Figura 3.14. Procentajele $q_{NP}(I_2)$, $q_{NR}(I_2)$, $q_{PR}(I_2)$, $q_{NPE}(I_2)$, $q_{NRE}(I_2)$ și $q_{PRE}(I_2)$

Sursa: elaborată de autor

Din Figura 3.14 se poate observa că procentajele $q_{PR}(I_2)$ și $q_{PRE}(I_2)$ practic nu depind de I_2 , în timp ce celelalte patru dependențe sunt descrescătoare față de I_2 . De asemenea, formele dependențelor $q_{NPE}(I_2)$ și $q_{NRE}(I_2)$ și cele ale $q_{NP}(I_2)$ și $q_{NR}(I_2)$ sunt asemănătoare între ele. Ca și în cazul celor două grupuri anterioare de alternative, cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(I_2)$ și

$q_{NPE}(I_2)$. În același timp, la valori mici de I_2 , au loc următoarele relații: $q_{NR}(I_2) \approx q_{NRE}(I_2) \approx q_{PRE}(I_2)$. De menționat că $q_{NP}(I_2) < q_{NPE}(I_2)$, $q_{PR}(I_2) < q_{PRE}(I_2)$, dar $q_{NR}(I_2) > q_{NRE}(I_2)$. Intervalele de valori obținute pentru cele șase dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$ sunt specificate în Tabelul 3.13.

Tabelul 3.13. Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de I_2 la $d \in [0,05; 0,14]$

Indicii	$q_{NP}(I_2)$	$q_{NR}(I_2)$	$q_{PR}(I_2)$	$q_{NPE}(I_2)$	$q_{NRE}(I_2)$	$q_{PRE}(I_2)$
Minimumul $q(I_2)$	0	20,40	20,40	43,25	3,89	40,11
Maximumul $q(I_2)$	37,10	57,85	40,54	99,27	56,58	50,38

Sursa: elaborat de autor

Ca și în cazul celor două grupuri anterioare de alternative, poate exista un număr considerabil de cazuri în care utilizarea indicilor EANPV și EAPI conduce la soluții diferite, care, în medie, pot ajunge la 99,27%. Utilizarea altor perechi de indici comparați poate conduce, de asemenea, la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri. Cel mai mare interval este cel al $q_{NPE}(I_2)$ egal cu $99,27 - 43,25 = 56,02\%$, iar cel mai îngust interval este cel al $q_{PRE}(I_2)$ egal cu $50,38 - 40,11 = 10,27\%$ ($q_{NR}(I_2) \in [40,11; 50,38]\%$). De menționat că $q_{NP}(I_2) = 0$ la $I_2 = I_1$ indiferent de valoarea lui $d \in [0,05; 0,14]$.

Grupul de alternative 4 - dependența de r . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10, D_2 = 5; I_1 = 1000, I_2 = 500; r = \{0,1; 0,2; 0,3; \dots; 1,0\}; v = 0,5$. Dependențele obținute $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$, $q_{NPE}(r)$, $q_{NRE}(r)$ și $q_{PRE}(r)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.15.

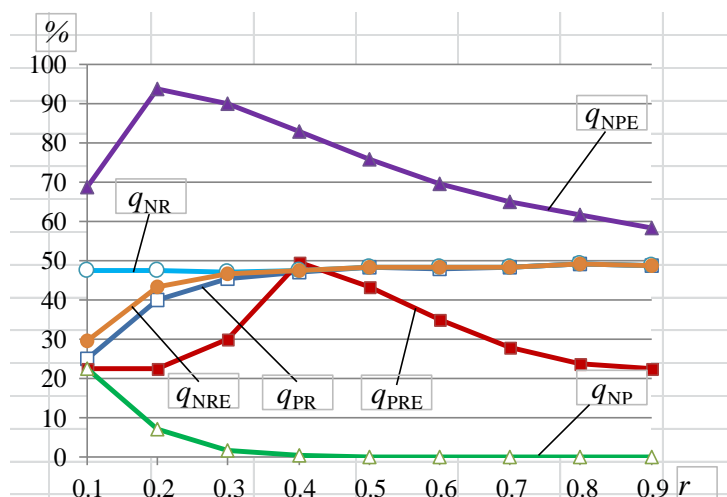


Figura. 3.15. Procentajele $q_{NP}(r)$, $q_{NR}(r)$, $q_{PR}(r)$, $q_{NPE}(r)$, $q_{NRE}(r)$ și $q_{PRE}(r)$
Sursa: elaborată de autor în baza [111]

Din Figura 3.15 se poate observa caracterul asemănător al dependențelor $q_{NPE}(r)$ și $q_{PRE}(r)$: el este crescător la valori mici ale lui r și descrescător la valori mari ale lui r . Dependențele $q_{PR}(r)$ și $q_{NRE}(r)$ practic coincid, fiind crescătoare față de r . Valoarea $q_{NR}(r)$ depinde foarte puțin de r ,

dependența în cauză coincidând cu cele două anterioare la $r \geq 0,4$. Cea mai mare discrepanță este, de asemenea, între $q_{NP}(r)$ și $q_{NPE}(r)$. În același timp, au loc relațiile: $q_{NP}(r) < q_{NPE}(r)$ și $q_{NR}(I_2) \geq q_{NRE}(I_2)$. Totodată, de obicei $q_{PR}(r) > q_{PRE}(r)$.

Intervalele de valori, obținute pentru cele șase dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$, sunt sistematizate în Tabelul 3.14.

Tabelul 3.14. Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de r la $d \in [0,05; 0,14]$

Indicii	$q_{NP}(r)$	$q_{NR}(r)$	$q_{PR}(r)$	$q_{NPE}(r)$	$q_{NRE}(r)$	$q_{PRE}(r)$
Minimul $q(r)$	0,004	26,99	9,66	36,93	15,54	19,40
Maximul $q(r)$	23,34	49,23	49,11	93,76	49,21	50,40

Sursa: elaborat de autor

Ca și în cazul celor patru grupuri anterioare de alternative, poate exista un număr considerabil de cazuri în care utilizarea indicilor EANPV și EAPI conduce la soluții diferite, care, în medie, pot ajunge la 93,76 %. Utilizarea altor perechi de indici comparați poate conduce de asemenea la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri. Cel mai mare interval este cel al $q_{NPE}(r)$ egal cu $93,76 - 36,93 = 46,83\%$, iar cel mai îngust interval este cel al $q_{NP}(r)$ egal cu $23,34 - 0,004 = 23,34\%$ ($q_{NR}(I_2) \in [0,004; 23,34]$).

Grupul de alternative 5 - dependența de v . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10$, $D_2 = 5$; $I_1 = 1000$, $I_2 = 500$; $r = 0, 2$; $v = \{0,1; 0,2; 0,3; \dots; 0,9\}$. Dependențele obținute $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$, $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$ și $q_{PRE}(v)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.16.

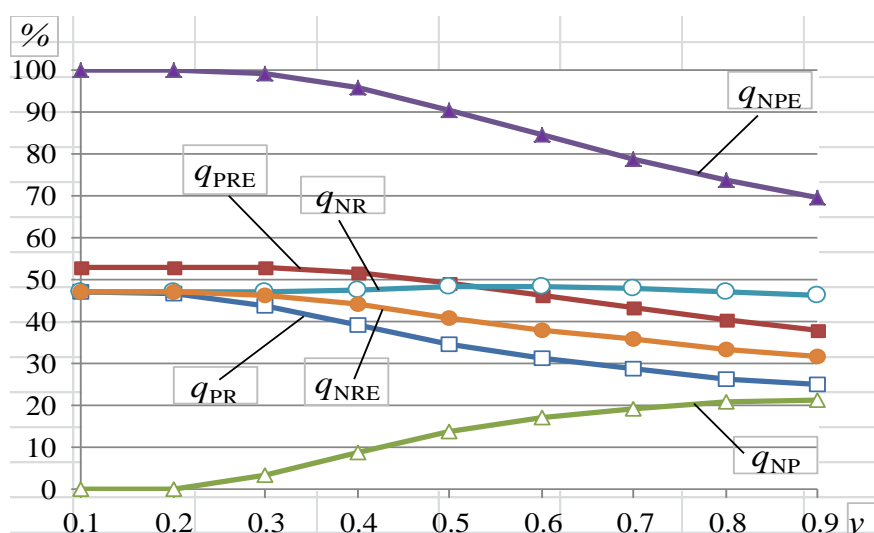


Figura 3.16. Procentajele $q_{NP}(v)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(v)$, $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$ și $q_{PRE}(v)$

Sursa: elaborată de autor

Conform Figurii 3.16, prin caracterul lor, toate cele șase dependențe $q(v)$ sunt asemănătoare cu cele șase dependențe respective $q(d)$ (a se vedea Figura 3.12): patru din cele șase dependențe,

și anume $q_{PR}(v)$, $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$ și $q_{PRE}(v)$ sunt descrescătoare față de v ; cu referire la dependența $q_{NP}(v)$ la $d = 0,08$, aceasta este crescătoare la $v \in [0,1; 0,8]$, iar $q_{NR}(v)$ depinde foarte puțin de v . În același timp, la $v \in [0,1; 0,2]$ au loc $q_{NR}(v) = q_{PR}(v) = q_{NRE}(v)$. Pe perechi, cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(v)$ și $q_{NPE}(v)$, urmează perechea $\{q_{PR}(v), q_{PRE}(v)\}$, iar cea mai mică discrepanță este între procentajele $q_{NR}(v)$ și $q_{NRE}(v)$. De asemenea, au loc relațiile: $q_{NP}(v) < q_{NPE}(v)$ și $q_{PR}(v) \leq q_{PRE}(v)$, dar $q_{NR}(v) \geq q_{NRE}(v)$. Intervalele de valori obținute pentru cele șase dependențe sunt specificate în Tabelul 3.15.

Tabelul 3.15. Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de v la $d \in [0,05; 0,14]$

Indicii	$q_{NP}(v)$	$q_{NR}(v)$	$q_{PR}(v)$	$q_{NPE}(v)$	$q_{NRE}(v)$	$q_{PRE}(v)$
Minimul $q(v)$	0	38,89	16,31	59,85	25,86	33,99
Maximul $q(v)$	22,97	48,94	47,43	100	47,43	53,26

Sursa: elaborat de autor

Pe baza datelor din Tabelul 3.15, se poate concluziona că, în medie, există un număr considerabil de cazuri ($q_{NPE}(v) \in [59,85; 100]\%$) în care utilizarea indicilor EANPV și EAPI conduce la soluții diferite. Utilizarea altor perechi de indici comparați poate conduce, de asemenea, la soluții diferite într-un număr semnificativ de cazuri. Cel mai mare interval este cel al $q_{NPE}(v)$ egal cu $100 - 59,85 = 40,15\%$, iar cel mai îngust interval este cel al $q_{NR}(v)$ egal cu $48,94 - 38,89 = 10,05\%$ ($q_{NP}(d) \in [48,94; 38,89]\%$). De remarcat, că la $v = 0,1$ și $d \in [0,05; 0,10]$ au loc $q_{NP}(v) = 0$ (valorile CF_t generate variază prea puțin pentru a conduce la soluții diferite) și $q_{NPE}(v) = 100$ (influența valorilor CRF, cauzată de diferența considerabilă dintre valorile D_1 și D_2 , dimpotrivă, este întotdeauna suficientă pentru a implica soluții diferite).

Grupul de alternative 6 - dependența de $d+$ (față de d când D_1, D_2, I_1 și I_2 sunt generate aleatoriu). Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots, 0,14\}$; $D_2 \in [1; 9]$, $D_1 \in [D_2+1; 10]$; $I_1 \in [100; 1000]$, $I_2 \in [100; 1000]$; $r = 0,2$; $v = 0,5$. Dependențele $q_{NP}(d+)$, $q_{NR}(d+)$, $q_{PR}(d+)$, $q_{NPE}(d+)$, $q_{NRE}(d+)$ și $q_{PRE}(d+)$ sunt prezentate în Figura 3.17.

Spre deosebire de Grupul 1 de alternative (dependența de d), pentru Grupul 6 toate cele șase dependențe, inclusiv cea $q_{NP}(d+)$, sunt descrescătoare față de d . Pe perechi, pentru valori mici ale v cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(d+)$ și $q_{NPE}(d+)$, iar pentru valori mari ale v cea mai mare discrepanță este între $q_{PR}(d+)$ și $q_{PRE}(d+)$; cea mai mică discrepanță este de obicei între procentajele $q_{NR}(d+)$ și $q_{NRE}(d+)$. În același timp, au loc relațiile: $q_{NP}(d+) < q_{NPE}(d+)$ și $q_{PR}(d+) < q_{PRE}(d+)$, dar $q_{NR}(d+) > q_{NRE}(d+)$. Intervalele de valori obținute pentru cele șase dependențe sunt specificate în Tabelul 3.16.

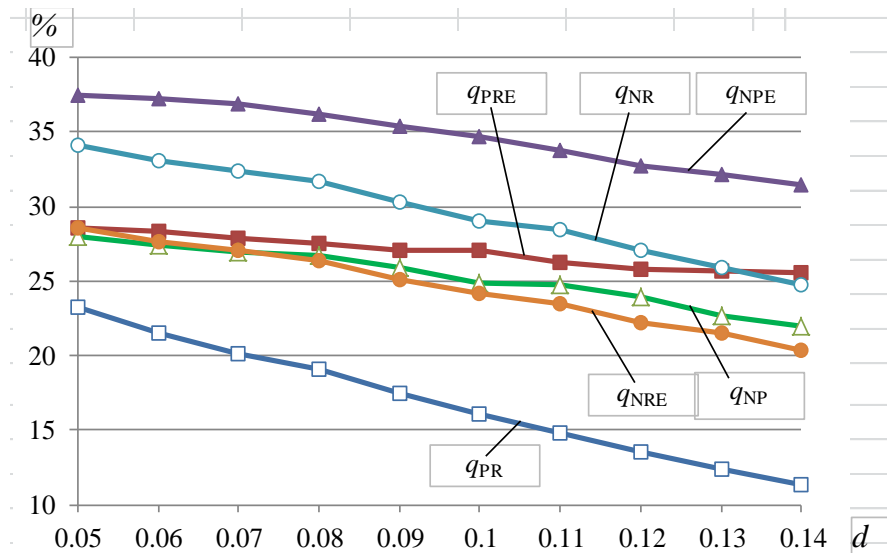


Figura 3.17. Procentajele $q_{NP}(d+)$, $q_{NR}(d+)$, $q_{PR}(d+)$, $q_{NPE}(d+)$, $q_{NRE}(d+)$ și $q_{PRE}(d+)$
Sursa: elaborată de autor

Conform datelor Tabelului 3.16, în medie, există un număr semnificativ de cazuri când utilizarea perechilor de indici examinați conduce la soluții diferite; de exemplu, $q_{NPE}(d+) \in [31,46; 37,47]\%$. Cel mai mare interval este cel al $q_{PR}(d+)$ egal cu $23,19 - 11,31 = 11,88\%$ ($q_{PR}(d+) \in [23,19; 11,31]\%$), iar cel mai restrâns interval este cel al $q_{PRE}(d+)$ egal cu $28,54 - 25,53 = 3,01\%$ ($q_{PRE}(d+) \in [28,54; 25,53]\%$).

Tabelul 3.16. Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de $d+$ la $d \in [0,05; 0,14]$

Indicii	$q_{NP}(d+)$	$q_{NR}(d+)$	$q_{PR}(d+)$	$q_{NPE}(d+)$	$q_{NRE}(d+)$	$q_{PRE}(d+)$
Minimul $q(d+)$	21,95	24,79	11,31	31,46	20,36	25,53
Maximul $q(d+)$	28,03	34,11	23,19	37,47	28,55	28,54

Sursa: elaborat de autor

Grupul de alternative 7 – grup general (față de d când D_1, D_2, I_1, I_2, r și v sunt generate aleatoriu). Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_2 \in [1; 9]$, $D_1 \in [D_2+1; 10]$; $I_1 \in [100; 1000]$, $I_2 \in [100; 1000]$; $r \in [0,1; 1,0]$; $v \in [0,1; 0,9]$. Dependențele obținute $q_{NP}(d\cdot)$, $q_{NR}(d\cdot)$, $q_{PR}(d\cdot)$, $q_{NPE}(d\cdot)$, $q_{NRE}(d\cdot)$ și $q_{PRE}(d\cdot)$ sunt prezentate în Figura 3.18.

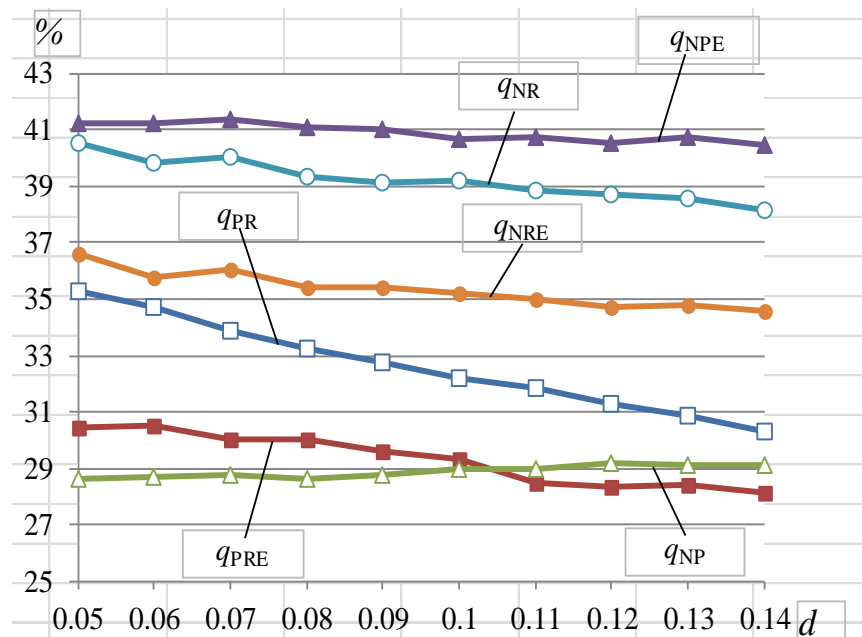


Figura 3.18. Procentajele $q_{NP}(d)$, $q_{NR}(d)$, $q_{PR}(d)$, $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$ și $q_{PRE}(d)$
Sursa: elaborată de autor

Ca și Grupul 6 de alternative (dependența de d), pentru Grupul 7 toate cele șase dependențe sunt descrescătoare față de d . Pe perechi, cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(d)$ și $q_{NPE}(d)$; urmează, în majoritatea cazurilor, perechea $\{q_{NR}(d), q_{NRE}(d)\}$, iar cea mai mică discrepanță este de obicei între frecvențele $q_{PR}(d)$ și $q_{PRE}(d)$. În același timp, au loc relațiile: $q_{NP}(d) < q_{NPE}(d)$, dar $q_{PR}(d) > q_{PRE}(d)$ și $q_{NR}(d) > q_{NRE}(d)$.

Intervalele de valori obținute pentru cele șase dependențe sunt prezentate în Tabelul 3.17.

Tabelul 3.17. Intervalele de valori pentru cele șase dependențe de d la $d \in [0,05; 0,14]$

Indicii	$q_{NP}(d)$	$q_{NR}(d)$	$q_{PR}(d)$	$q_{NPE}(d)$	$q_{NRE}(d)$	$q_{PRE}(d)$
Minimul $q(d)$	28,59	38,14	30,30	40,47	34,59	28,11
Maximul $q(d)$	29,17	40,56	35,26	41,38	36,58	30,51

Sursa: elaborat de autor

În medie, pentru Grupul de alternative 7, numărul de cazuri în care utilizarea perechilor de indici cercetate conduce la soluții diferite este mai mic de 41,38%. Cel mai mare interval este cel al $q_{PR}(d)$ egal cu $35,26 - 30,30 = 4,96$ % ($q_{PR}(d) \in [35,26; 30,30]\%$), iar cel mai îngust interval este cel al $q_{NP}(d)$ egal cu $29,17 - 28,59 = 0,58$ % ($q_{NP}(d) \in [29,17; 28,59]\%$).

3.3.4. Analiza comparativă a rezultatelor simulării informatice

Dependențele $q_{NP}(\cdot)$, $q_{NR}(\cdot)$, $q_{PR}(\cdot)$, $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$ și $q_{PRE}(\cdot)$ față de d (Figura 3.12), față de D_2 (Figura 3.13), față de I_2 (Figura 3.14), față de r (Figura 3.15), față de v (Figura 3.16), față de

d^+ (Figura 3.17) și față de d (Figura 3.18) sunt descrescătoare sau lent descrescătoare, cu următoarele excepții:

- c) $q_{NP}(d)$, $q_{NP}(v)$, $q_{NP}(d^+)$, $q_{PR}(r)$, $q_{NRE}(D_2)$ și $q_{NRE}(r)$ sunt crescătoare;
- d) $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NPE}(r)$, $q_{PRE}(D_2)$ și $q_{PRE}(r)$ sunt inițial crescătoare, iar apoi descrescătoare, dar $q_{NP}(D_2)$ este inițial descrescătoare, iar apoi crescătoare;
- e) $q_{NR}(r)$, $q_{NR}(v)$, $q_{PR}(D_2)$ și $q_{PRE}(I_2)$ sunt, practic, invariabile.

Deci, din totalul de $6 \times 7 = 42$ dependențe, 21 sunt descrescătoare, 6 sunt crescătoare, 4 sunt inițial crescătoare, iar apoi descrescătoare, una este inițial descrescătoare, iar apoi crescătoare, iar 4 sunt, practic, invariabile.

Pe perechi, în toate Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale, cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(\cdot)$ și $q_{NPE}(\cdot)$ (cu excepția Grupului 6 la valori mari ale lui d când aceasta este perechea $\{q_{PR}(d^+), q_{PRE}(d^+)\}$); urmează, în majoritatea cazurilor, perechea $\{q_{PR}(\cdot), q_{PRE}(\cdot)\}$, iar cea mai mică discrepanță este de obicei între procentajele $q_{NR}(\cdot)$ și $q_{NRE}(\cdot)$. În același timp, au loc relațiile $q_{NP}(\cdot) < q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NR}(\cdot) \geq q_{NRE}(\cdot)$; are loc și $q_{PR}(\cdot) \leq q_{PRE}(\cdot)$ pentru unele grupuri și $q_{PR}(\cdot) \geq q_{PRE}(\cdot)$ pentru alte grupuri.

Astfel, utilizarea indicilor EANPV și EAPI pentru a compara proiectele informatice de durată diferită nu doar că permite o estimare mai precisă a eficienței proiectelor, dar și soluțiile obținute pot diferi mai frecvent decât atunci când se utilizează indici NPV și PI. De obicei, această afirmație este valabilă și pentru perechile de indici $\{EAPI, IRR\}$ și $\{PI, IRR\}$, dar este una inversă pentru perechile de indici $\{EANPV, IRR\}$ și $\{NPV, IRR\}$.

O analiză comparativă a intervalelor de valori pentru cele șase procentaje se poate face pe baza datelor din Tabelul 3.18.

Datele din Tabelul 3.18 arată că, pentru toate Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale folosite, procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pentru toate cele șase perechi de indici este de obicei considerabil, și anume: $q_{NP}(\cdot) \in [0; 37,50] \%$, $q_{PRE}(\cdot) \in [9,38; 50,75] \%$, $q_{NRE}(\cdot) \in [4,61; 56,58] \%$, $q_{NR}(\cdot) \in [20,40; 82,73] \%$, $q_{PR}(\cdot) \in [4,55; 75,61] \%$ și $q_{NPE}(\cdot) \in [13,18; 100] \%$. De asemenea, dimensiunea totală a intervalului de valori este de aprox.: 38% pentru $q_{NP}(\cdot)$, 41 % pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 52% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 62% pentru $q_{NR}(\cdot)$, 71% pentru $q_{PR}(\cdot)$ și 83% pentru $q_{NPE}(\cdot)$.

În același timp, dacă se ia în considerare distribuția uniformă a $q(\cdot)$ în intervalul de valori, procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pe perechi de indici este de cca. (în ordinea crescătoare): 18,3% pentru $q_{NP}(\cdot)$, 30,1% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 30,6% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 40,1% pentru $q_{PR}(\cdot)$, 51,6% pentru $q_{NR}(\cdot)$ și 56,6% pentru $q_{NPE}(\cdot)$.

Tabelul 3.18. Caracteristicile intervalului de valori pentru cele șase dependențe, %

Indicii		$q_{NP}(\cdot)$	$q_{NR}(\cdot)$	$q_{PR}(\cdot)$	$q_{NPE}(\cdot)$	$q_{NRE}(\cdot)$	$q_{PRE}(\cdot)$
Minimul față de	$q(d)$	7,37	44,25	20,81	71,59	31,66	39,93
	$q(D_2)$	3,38	31,40	4,55	13,18	4,61	9,38
	$q(I_2)$	0	20,40	20,40	43,25	3,89	40,11
	$q(r)$	0,004	26,99	9,66	36,93	15,54	19,40
	$q(v)$	0	38,89	16,31	59,85	25,86	33,99
	$q(d+)$	21,95	24,79	11,31	31,46	20,36	25,53
	$q(d\cdot)$	28,59	38,14	30,30	40,47	34,59	28,11
Minimul general		0	20,40	4,55	13,18	4,61	9,38
Maximul față de	$q(d)$	23,44	48,39	40,54	93,67	43,72	50,05
	$q(D_2)$	37,50	82,73	75,61	93,61	47,26	50,75
	$q(I_2)$	37,10	57,85	40,54	99,27	56,58	50,38
	$q(r)$	23,34	49,23	49,11	93,76	49,21	50,40
	$q(v)$	22,97	48,94	47,43	100	47,43	53,26
	$q(d+)$	28,03	34,11	23,19	37,47	28,55	28,54
	$q(d\cdot)$	29,17	40,56	35,26	41,38	36,58	30,51
Maximul per total		37,50	82,73	75,61	100	56,58	50,75
Valoarea totală a intervalului		37,50	62,33	71,06	82,82	51,97	41,37

Sursa: elaborat de autor

3.3.5. Generalizarea rezultatelor simulării informatice

Pentru cercetarea comparativă prin i-simulare a indicilor NPV, PI, EANPV, EAPI și IRR, utilizați la selectarea proiectelor informatice, este elaborată aplicația SIMINV de implementare a Algoritmilor 2.8-2.14.

Fiecare dintre cele două proiecte informatice comparate se caracterizează prin: rata de actualizare d , durata D , volumul investițiilor I și fluxurile de numerar CF_t , $t = 1, 2, \dots, D$. Dintre aceste caracteristici, numai valoarea lui d este comună pentru ambele i-proiecte. Celelalte caracteristici au în unele cazuri valoare fixă, iar în alte cazuri sunt generate aleatoriu, formând astfel șapte grupuri de alternative de date inițiale – Grupurile 1-7.

Prin simulare informatică, este determinat procentajul cazurilor în care soluțiile, obținute utilizând indicii fiecăreia din perechile $\{NPV, PI\} - q_{NP}$, $\{NPV, IRR\} - q_{NR}$, $\{PI, IRR\} - q_{PR}$, $\{EANPV, EAPI\} - q_{NPE}$, $\{EANPV, IRR\} - q_{NRE}$ și $\{EAPI, IRR\} - q_{PRE}$, diferă. Aceste rezultate

le completează, într-o oarecare măsură, pe cele teoretice cunoscute în domeniu. Astfel, pentru toate Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale sunt determinate:

- caracterul dependențelor $q_{NP}(\cdot)$, $q_{NR}(\cdot)$, $q_{PR}(\cdot)$, $q_{NPE}(\cdot)$, $q_{NRE}(\cdot)$ și $q_{PRE}(\cdot)$;
- relația mai mare/mai mică dintre procentajele perechilor $\{q_{NP}(\cdot), q_{NPE}(\cdot)\}$, $\{q_{NR}(\cdot), q_{NRE}(\cdot)\}$ și $\{q_{PR}(\cdot), q_{PRE}(\cdot)\}$. De exemplu, utilizarea indicilor EANPV și EAPI pentru a compara i-proiectele de durată diferită nu numai că permite o estimare mai precisă a eficienței i-proiectelor, dar și soluțiile obținute pot diferi mai frecvent decât atunci când se utilizează indicii NPV și PI. De obicei, această afirmație este valabilă și pentru perechile de indici $\{EAPI, IRR\}$ și $\{PI, IRR\}$, dar este inversă pentru perechile de indici $\{EANPV, IRR\}$ și $\{NPV, IRR\}$;
- procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pe perechi de indici este de aproximativ (în ordine crescătoare): 18,3 % pentru $q_{NP}(\cdot)$, 30,1 % pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 30,6 % pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 40,1 % pentru $q_{PR}(\cdot)$, 51,6 % pentru $q_{NR}(\cdot)$ și 56,6 % pentru $q_{NPE}(\cdot)$.

Astfel, procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite este considerabil; acesta depinde de perechea de indici utilizată, dar de obicei depășește 18%, dacă nu se utilizează metoda EAV, și depășește 30%, dacă se utilizează metoda EAV.

3.4. Rezultatele simulării informatice a influenței metodei EAV

Pentru Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale definite în Secțiunea 2.3.1, în această secțiune, urmând [127], sunt descrise unele rezultate ale simulării informatice folosind i-aplicația SIMINV cu accentul, în principal, pe trei aspecte:

- A) frecvența cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă atunci când se utilizează indici ai perechilor NPE, NRE, PRE, 2NE și 2PE și, de asemenea, cei ai tripleților NPR și NPER;
- B) gradul influenței folosirii metodei EAV asupra deciziei;
- C) gradul influenței folosirii indicilor EANPV, EAPI și IRR asupra deciziei.

În toate cazurile, gradul de influență asupra deciziei este determinat pe baza procentajului cazurilor în care soluțiile obținute diferă. Analiza aspectului A se bazează pe procentajele $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(\cdot)$, $q_{PRE}(\cdot)$, $q_{2NE}(\cdot)$, $q_{2PE}(\cdot)$, $q_{NPR}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$; a aspectului B - pe procentajele $q_{2NE}(\cdot)$ și $q_{2PE}(\cdot)$ și pe discrepanța dintre procente $q_{NPR}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$; a aspectului C - pe discrepanța dintre procentajele $q_{2PE}(d)$ și $q_{2NE}(d)$ și, de asemenea, dintre procentajele $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$. Pentru toate Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale, aspectele A, B și C sunt descrise în Secțiunile 3.4.2, 3.4.3 și 3.4.4, respectiv.

De asemenea, în Secțiunea 3.4.1 se examinează influența numărului cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale asupra dimensiunii efective a eșantionului pentru fiecare din Grupurile de alternative 1-7.

Conform Algoritmilor 2.15-2.21, pentru fiecare punct al fiecărui Grup de alternative 1-7 a fost generat un eșantion de $K = 100000$ seturi de date inițiale. Astfel, au fost generate, pentru Grupurile de alternative de date inițiale (a se vedea Secțiunea 2.3.1):

- 1, 6 și 7 câte $10 \times 10^5 = 1$ mil seturi de date inițiale;
- 2 și 3 câte $10 \times 10 \times 10^5 = 10$ mil seturi de date inițiale;
- 4 și 5 câte $10 \times 9 \times 10^5 = 9$ mil seturi de date inițiale.

3.4.1. Cazuri de eșec la generarea seturilor de date inițiale

În ce privește numărul cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale, abordarea este similară celei aplicate în Secțiunea 3.2.2 pentru compararea proiectelor informatice de aceeași durată. Astfel, fiecare dintre Algoritmii 2.15-2.21 contorizează numărul total m_f de cazuri de eșec (eșec este atunci când are loc cel puțin una dintre inegalitățile: $NPV_1 < 0$, $NPV_2 < 0$ sau $|IRR_1 - IRR_2| \leq \varepsilon$).

În Figura 3.19, sunt prezentate dependențele lui f de d pentru Grupurile 1, 6 și 7 de alternative de date inițiale. Aceste dependențe sunt relativ apropiate între ele și crescătoare față de d , dar nu depășesc 43, 9%.

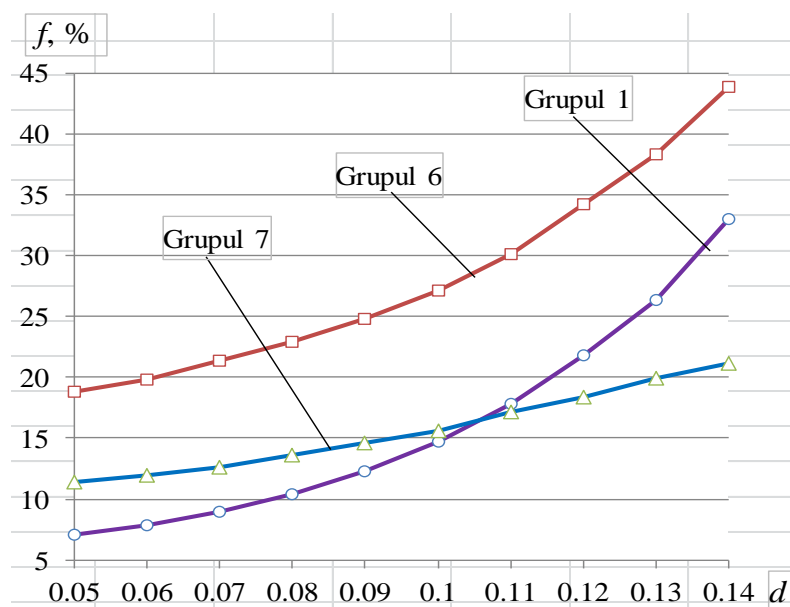


Figura 3.19. Procentajul cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale
Sursa: elaborată de autor

Rezultatele calculului efectuate arată că, pentru Grupul de alternative de date inițiale:

- 2 - dependența $f(d, D_2)$ este descrescătoare atât față de d cât și față de D_2 , intervalul de valori fiind $[7,73; 44,87]\%$ la $d = 0,08$ și per total $[6,61; 52,10]\%$;
- 3 - dependența $f(d, I_2)$ este crescătoare față de d și este foarte puțin dependentă de I_2 , intervalul de valori fiind $[10,33; 10,55]\%$ la $d = 0,08$ și per total $[6,98; 32,88]\%$;
- 4 - dependența $f(d, r)$ este crescătoare față de d și descrescătoare față de r , intervalul de valori fiind $[1,65; 65,02]\%$ la $d = 0,08$ și per total $[1,61; 99,73]\%$, dar $[1,61; 32,90]\%$ la $r \geq 0,2$;
- 5 - dependența $f(d, v)$ este crescătoare față de d și v , dar descrescătoare pentru valori mici ale lui r și crescătoare la valori mari ale lui r , intervalul de valori fiind $[8,53; 27,20]\%$ la $d = 0,08$ și per total $[7,10; 54,18]\%$.

Astfel, pentru toate Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale, dependențele $f(\cdot)$ sunt crescătoare față de d , cu excepția Grupului 2, pentru care este descrescătoare. Per total, intervalul de valori este $[1,56; 54,18]\%$, cu excepția Grupului 4 la $r = 0,1$, când limita de sus este de $99,73\%$. Astfel, în cazul Grupului 4 la $r = 0,1$, eșantionul efectiv de date inițiale este de $100000(100 - 99,73)/100 = 270$ alternative și poate fi insuficient: conform calculelor efectuate, $K = 270$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,899; \delta \geq 0,050\}$. În toate celelalte cazuri, eșantionul de date inițiale depășește $100000(100 - 54,18)/100 = 45820$ alternative ale seturilor de date inițiale și este foarte bun: conform datelor Tabelului 3.2, $K = 48200$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,995; \delta \geq 0,010\}$ și $\{\beta \leq 0,965; \delta \geq 0,005\}$.

3.4.2. Frecvența cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă

În această secțiune, rezultatele obținute privind frecvența cazurilor pentru care soluțiile obținute diferă (Aspectul A) sunt prezentate și discutate pentru fiecare dintre Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale aparte.

Grupul 1 de alternative - dependența de d . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10, D_2 = 5; I_1 = 1000, I_2 = 500; r = 0, 2; v = 0,5$.

Dependențele obținute $q_{NPE}(d), q_{NRE}(d), q_{PRE}(d), q_{2NE}(d), q_{2PE}(d), q_{NPR}(d)$ și $q_{NPER}(d)$ în formă grafică sunt prezentate în Figura 3.20. Se poate observa că toate dependențele menționate, cu excepția celei $q_{2NE}(d)$, sunt descrescătoare față de d ; în ceea ce privește dependența $q_{2NE}(d)$, aceasta este crescătoare față de d . În același timp, luând în considerare și rezultatele altor calcule efectuate, au loc relațiile $q_{NPE}(d) = q_{NPER}(d) > q_{2PE}(d) > \{q_{PRE}(d), q_{NPR}(d)\} > q_{NRE}(d) > q_{2NE}(d)$, valorile celor șapte procentaje explorate fiind considerabile. În ceea ce privește procentajele $q_{PRE}(d)$ și $q_{NPR}(d)$, au loc relațiile: $q_{PRE}(d) > q_{NPR}(d)$ la $d \in [0,05; 0,09]$ și $q_{PRE}(d) < q_{NPR}(d)$ la $d \in [0,1; 0,14]$.

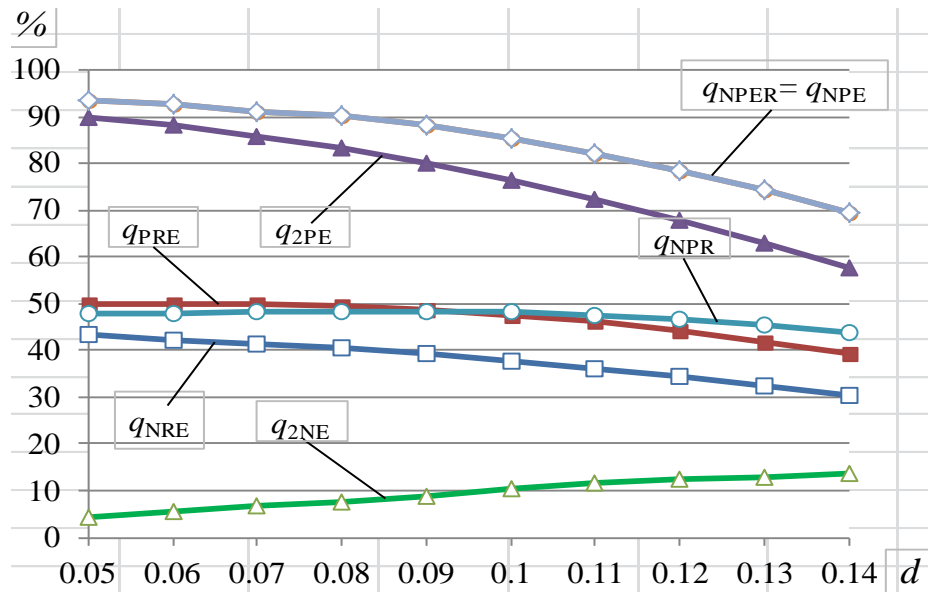


Figura 3.20. Procentajele $q_{NPE}(d)$, $q_{NRE}(d)$, $q_{PRE}(d)$, $q_{2NE}(d)$, $q_{2PE}(d)$, $q_{NPR}(d)$ și $q_{NPER}(d)$
Sursa: elaborată de autor

Grupul 2 de alternative - dependența de D_2 . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$;
 $D_1 = 10$, $D_2 = \{1, 2, 3, \dots, 9\}$; $I_1 = 1000$, $I_2 = 500$; $r = 0,2$; $v = 0,5$.

În formă grafică, dependențele $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NRE}(D_2)$, $q_{PRE}(D_2)$, $q_{2NE}(D_2)$, $q_{2PE}(D_2)$, $q_{NPR}(D_2)$ și $q_{NPER}(D_2)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.21.

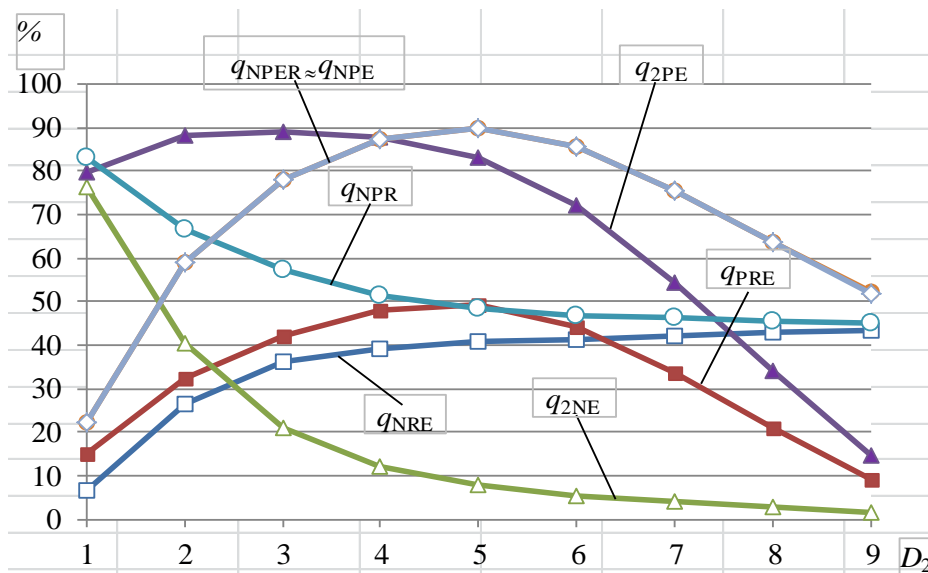


Figura 3.21. Procentajele $q_{NPE}(D_2)$, $q_{NRE}(D_2)$, $q_{PRE}(D_2)$, $q_{2NE}(D_2)$, $q_{2PE}(D_2)$, $q_{NPR}(D_2)$ și $q_{NPER}(D_2)$ la $d = 0,08$
Sursa: elaborată de autor

Caracterul celor șapte dependențe de D_2 la $d = 0,08$ este diferit: dependența $q_{NRE}(D_2)$ este crescătoare; cele ale $q_{NPE}(D_2) \approx q_{NPER}(D_2)$, $q_{2PE}(D_2)$ și $q_{PRE}(D_2)$ sunt inițial crescătoare, iar apoi descrescătoare; cele ale $q_{NPR}(D_2)$ și $q_{2NE}(D_2)$ sunt descrescătoare. De asemenea, au loc relațiile

$q_{NPE}(D_2) \approx q_{NPER}(D_2) > \{q_{PRE}(D_2), q_{NRE}(D_2)\}$, $q_{2PE}(D_2) > \{q_{2NE}(D_2), q_{PRE}(D_2)\}$ și $q_{NPR}(D_2) > \{q_{PRE}(D_2), q_{NRE}(D_2), q_{2NE}(D_2)\}$, valorile celor șapte procentaje fiind de obicei considerabile.

Grupul 3 de alternative - dependența de I_2 . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10, D_2 = 5; I_1 = 1000, I_2 = \{100, 200, 300, \dots, 900, 1000\}$; $r = 0,2; v = 0,5$.

Unele rezultate ale calculelor cu se referă la dependențele $q_{NPE}(I_2), q_{NRE}(I_2), q_{PRE}(I_2), q_{2NE}(I_2), q_{2PE}(I_2), q_{NPR}(I_2)$ și $q_{NPER}(I_2)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.22.

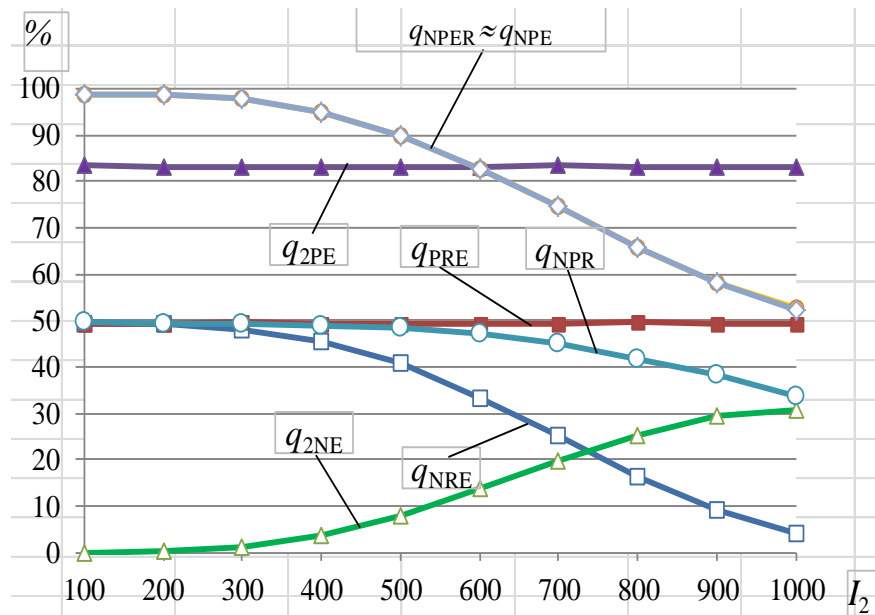


Figura 3.22. Procentajele $q_{NPE}(I_2), q_{NRE}(I_2), q_{PRE}(I_2), q_{2NE}(I_2), q_{2PE}(I_2), q_{NPR}(I_2)$ și $q_{NPER}(I_2)$ la $d = 0,08$

Sursa: elaborată de autor

Se poate observa că procentajele $q_{2NPE}(I_2)$ și $q_{PRE}(I_2)$ practic nu depind de I_2 , iar $q_{2NPE}(I_2) > q_{PRE}(I_2)$, în timp ce dependența $q_{2NE}(I_2)$ este crescătoare, iar celelalte patru dependențe, ($q_{NPER}(I_2), q_{NPE}(I_2), q_{NPR}(I_2)$ și $q_{NRE}(I_2)$), sunt descrescătoare față de I_2 . De asemenea, formele dependențelor $q_{NPER}(I_2) \approx q_{NPE}(I_2)$ și cea a $q_{NRE}(I_2)$ sunt foarte asemănătoare între ele. În același timp, la valori mici ale I_2 au loc relațiile $q_{NRE}(I_2) \approx q_{NPR}(I_2) \approx q_{PRE}(I_2)$, iar la valori mari ale I_2 au loc inegalitățile $q_{NRE}(I_2) < q_{NPR}(I_2) < q_{PRE}(I_2)$. În general, au loc: $q_{NRE}(I_2) \leq q_{NPR}(I_2) \leq q_{PRE}(I_2) \leq q_{NPER}(I_2) \approx q_{NPE}(I_2)$ și $q_{2NE}(I_2) < q_{NPR}(I_2)$.

Grupul 4 de alternative - dependența de r . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10, D_2 = 5; I_1 = 1000, I_2 = 500; r = \{0,1; 0,2; 0,3; \dots; 1,0\}$; $v = 0,5$.

În formă grafică, dependențele obținute $q_{NPE}(r), q_{NRE}(r), q_{PRE}(r), q_{2NE}(r), q_{2PE}(r), q_{NPR}(r)$ și $q_{NPER}(r)$ la $d = 0,08$ sunt prezentate în Figura 3.23. Se poate observa caracterul asemănător al dependențelor $q_{NPE}(r), q_{NPER}(r), q_{2PE}(r)$ și $q_{PRE}(r)$: ele sunt crescătoare la valori mici și descrescătoare la valori mari ale lui r . Mai mult ca atât, primele trei dintre aceste patru dependențe sunt apropiate

între ele. De asemenea, dependențele $q_{2PE}(r)$ și $q_{PRE}(r)$ sunt crescătoare față de r și practic coincid la $r \geq 4$, dar dependența $q_{2NE}(r)$ este descrescătoare. În același timp, au loc relațiile: $q_{NPER}(r) \geq q_{NPE}(r) \geq q_{2PE}(r) > q_{NPR}(I_2) \geq q_{NRE}(I_2) > q_{2NE}(I_2)$ și $q_{PRE}(r) > q_{2NE}(r)$.

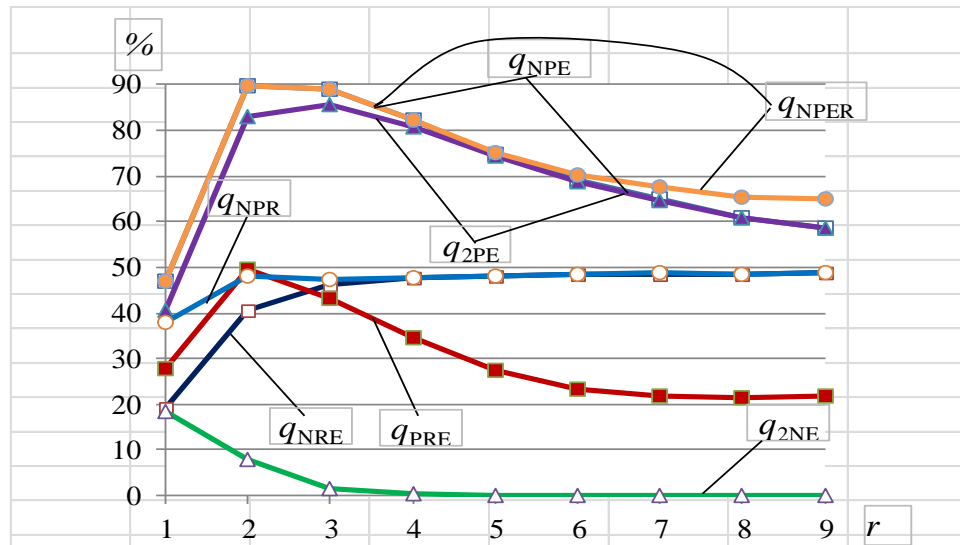


Figura 3.23. Procentajele $q_{NPE}(r)$, $q_{NRE}(r)$, $q_{PRE}(r)$, $q_{2NE}(r)$, $q_{2PE}(r)$, $q_{NPR}(r)$ și $q_{NPER}(r)$ la $d = 0,08$
Sursa: elaborată de autor

Grupul 5 de alternative - dependența de v . Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_1 = 10, D_2 = 5; I_1 = 1000, I_2 = 500; r = 0,2; v = \{0,1; 0,2; 0,3; \dots; 0,9\}$.

Dependențe $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$, $q_{PRE}(v)$, $q_{2NE}(v)$, $q_{2PE}(v)$, $q_{NPR}(v)$ și $q_{NPER}(v)$ la $d = 0,08$ obținute conform calculelor efectuate sunt prezentate în Figura 3.24.

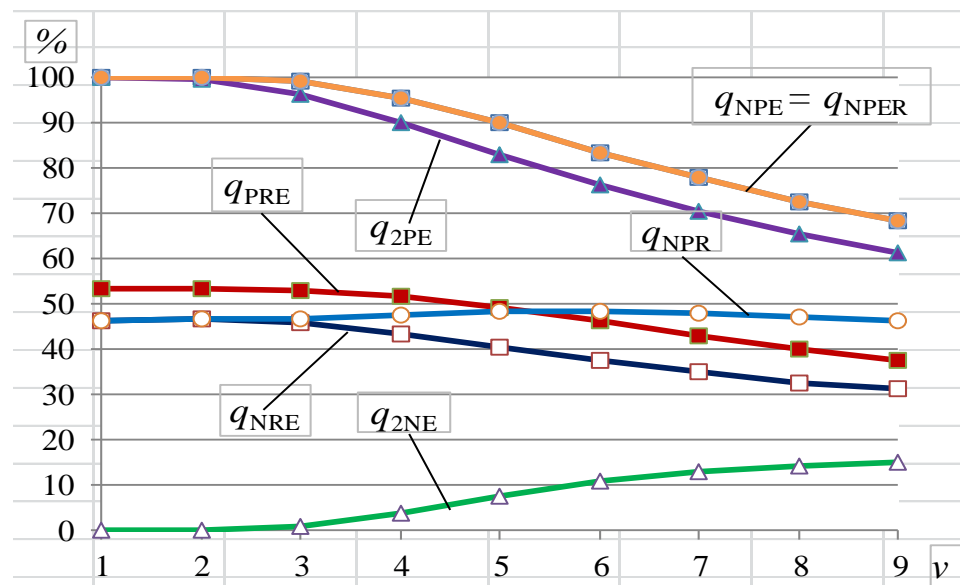


Figura 3.24. Procentajele $q_{NPE}(v)$, $q_{NRE}(v)$, $q_{PRE}(v)$, $q_{2NE}(v)$, $q_{2PE}(v)$, $q_{NPR}(v)$ și $q_{NPER}(v)$ la $d = 0,08$
Sursa: elaborată de autor

Prin caracterul lor, toate cele șapte dependențe $q(v)$ sunt foarte asemănătoare cu cele șapte dependențe $q(d)$ respective (a se vedea Figura 3.18): cinci dintre cele șapte dependențe, și anume $q_{NPE}(v)$, $q_{NPER}(v)$, $q_{2PE}(v)$, $q_{PRE}(v)$ și $q_{NRE}(v)$, sunt descrescătoare față de v ; cu referire la $q_{2NE}(v)$, aceasta este crescătoare, iar $q_{NPR}(v)$ depinde foarte puțin de v . În același timp, la $v \in [0,1; 0,2]$ au loc relațiile: $q_{NPE}(v) = q_{NPER}(v)$ și $q_{2PE}(v) = q_{NPR}(v) = q_{NRE}(v)$. În general, au loc $q_{NPE}(v) = q_{NPER}(v) \geq q_{2PE}(v) > q_{PRE}(v) > q_{NRE}(v) > q_{2NE}(v)$; totodată, au loc și $q_{PRE}(v) > q_{NPR}(v)$ la $v \in [0,1; 0,5]$ și $q_{PRE}(v) < q_{NPR}(v)$ la $v \in [0,6; 0,9]$.

Grupul 6 de alternative - dependența de $d+$ (față de d când D_1, D_2, I_1 și I_2 sunt generate aleatoriu), **grupul general parțial**. Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_2 \in [1; 9]$, $D_1 \in [D_2+1; 10]$; $I_1 \in [100; 1000]$, $I_2 \in [100; 1000]$; $r = 0, 2$; $v = 0,5$.

În formă grafică, dependențele obținute $q_{NPE}(d+)$, $q_{NRE}(d+)$, $q_{PRE}(d+)$, $q_{2NE}(d+)$, $q_{2PE}(d+)$, $q_{NPR}(d+)$ și $q_{NPER}(d+)$ sunt prezentate în Figura 3.25.

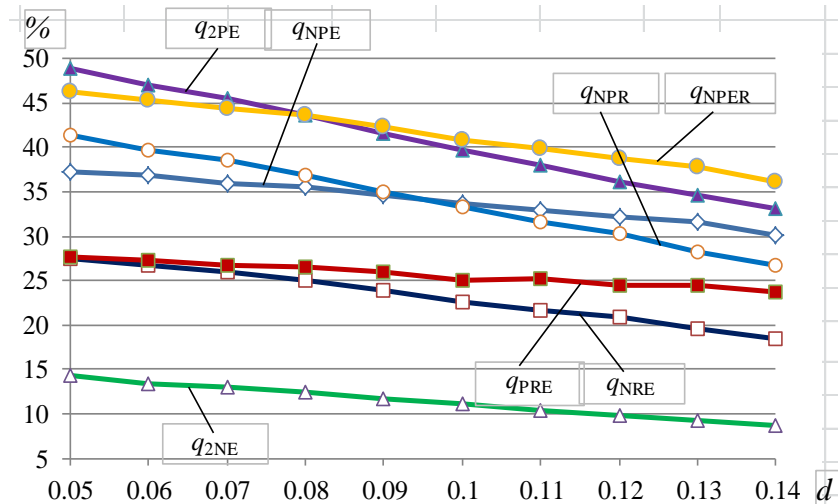


Figura 3.25. Procentajele $q_{NPE}(d+)$, $q_{NRE}(d+)$, $q_{PRE}(d+)$, $q_{2NE}(d+)$, $q_{2PE}(d+)$, $q_{NPR}(d+)$ și $q_{NPER}(d+)$

Sursa: elaborată de autor

Spre deosebire de Grupul 1 (dependența de d), pentru Grupul 6 toate cele șapte dependențe, inclusiv $q_{NP}(d+)$, sunt descrescătoare față de d . De asemenea, au loc relațiile $\{q_{NPER}(d+), q_{2PE}(d+)\} > \{q_{NPR}(d+), q_{NPE}(d+)\} > q_{PRE}(d+) > q_{NRE}(d+) > q_{2NE}(d+)$. În același timp, au loc: $q_{2PE}(d+) > q_{NPER}(d+)$ la $d \in [0,05; 0,08]$ și $q_{2PE}(d+) < q_{NPER}(d+)$ la $d \in [0,09; 0,14]$; $q_{NPR}(d+) > q_{NPE}(d+)$ la $d \in [0,05; 0,09]$ și $q_{NPR}(d+) < q_{NPE}(d+)$ la $d \in [0,1; 0,14]$.

Grupul 7 de alternative – grupul general (dependența de d când D_1, D_2, I_1, I_2, r și v sunt generate aleatoriu). Date inițiale: $d = \{0,05; 0,06; 0,07; \dots; 0,14\}$; $D_2 \in [1; 9]$, $D_1 \in [D_2+1; 10]$; $I_1 \in [100; 1000]$, $I_2 \in [100; 1000]$; $r \in [0,1; 1,0]$; $v \in [0,1; 0,9]$.

Dependențele $q_{NPE}(d\cdot)$, $q_{NRE}(d\cdot)$, $q_{PRE}(d\cdot)$, $q_{2NE}(d\cdot)$, $q_{2PE}(d\cdot)$, $q_{NPR}(d\cdot)$ și $q_{NPER}(d\cdot)$, obținute conform rezultatelor calculului efectuate, sunt prezentate în Figura 3.26. Ca și pentru Grupul 6 (dependența față de $d+$), pentru Grupul 7 toate cele șapte dependențe sunt descrescătoare față de d , dar mai lent. Mai mult ca atât, se poate afirma că $q_{NPE}(d\cdot)$ și $q_{NRE}(d\cdot)$ practic nu depind de d . În același timp, au loc relațiile: $q_{2PE}(d\cdot) > q_{NPER}(d\cdot) > q_{NPR}(d\cdot) > q_{NPE}(d\cdot) > q_{NRE}(d\cdot) > q_{PRE}(d\cdot) > q_{2NE}(d\cdot)$.

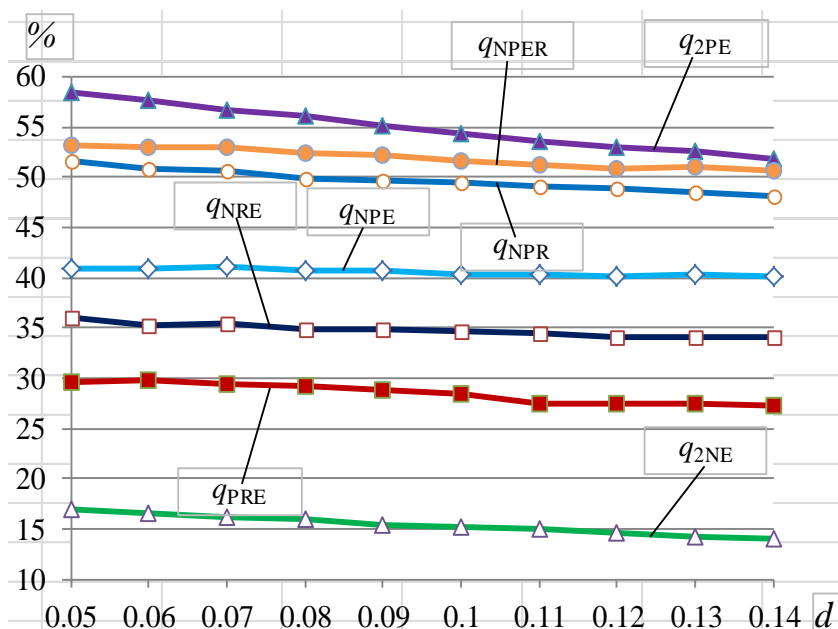


Figura. 3.26. Procentajele $q_{NPE}(d\cdot)$, $q_{NRE}(d\cdot)$, $q_{PRE}(d\cdot)$, $q_{2NE}(d\cdot)$, $q_{2PE}(d\cdot)$, $q_{NPR}(d\cdot)$ și $q_{NPER}(d\cdot)$

Sursa: elaborată de autor

Caracterul celor șapte dependențe $q_{NPE}(\cdot)$, $q_{NRE}(\cdot)$, $q_{PRE}(\cdot)$, $q_{2NE}(\cdot)$, $q_{2PE}(\cdot)$, $q_{NPR}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ pentru Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale sistematizate în Tabelul 3.19 poate fi folosit pentru analiza comparativă a acestora. În general, pentru toate cele șapte grupuri de date inițiale, caracterul dependențelor:

- $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ este același, fiind descrescător pentru cinci grupuri și crescător, iar apoi descrescător pentru două grupuri;
- $q_{PRE}(\cdot)$ și $q_{2PE}(\cdot)$ este același, fiind descrescător pentru patru grupuri, constant pentru un grup și crescător, iar apoi descrescător pentru două grupuri.

Cu referire la Grupurile 1-4, caracterul dependențelor $q_{NRE}(\cdot)$ și $q_{2NE}(\cdot)$ este opus: când $q_{NRE}(\cdot)$ crește, $q_{2NE}(\cdot)$ descrește și invers. În cele din urmă, dependența $q_{NPR}(\cdot)$ este descrescătoare pentru cinci grupuri, constantă pentru un grup și crescătoare pentru un grup.

Astfel, din totalul de $7 \times 7 = 49$ dependențe, 32 sunt descrescătoare, 6 sunt crescătoare, 8 inițial sunt crescătoare, iar apoi sunt descrescătoare, iar 3 sunt, practic, invariabile. Rezumând, în

majoritatea cazurilor, cele șapte dependențe explorate sunt descrescătoare. În plus, pentru Grupurile 6 (grupul general parțial) și 7 (grupul general), toate dependențele sunt descrescătoare.

Tabelul 3.19. Caracterul* celor șapte dependențe examinate $q(\cdot)$

		$q_{NPE}(\cdot)$	$q_{NRE}(\cdot)$	$q_{PRE}(\cdot)$	$q_{2NE}(\cdot)$	$q_{2PE}(\cdot)$	$q_{NPR}(\cdot)$	$q_{NPER}(\cdot)$
Grupul 1	$q(d)$	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓
Grupul 2	$q(D_2)$	↑↓	↑	↑↓	↓	↑↓	↓	↑↓
Grupul 3	$q(I_2)$	↓	↓	→	↑	→	↓	↓
Grupul 4	$q(r)$	↑↓	↑	↑↓	↓	↑↓	↑	↑↓
Grupul 5	$q(v)$	↓	↓	↓	↑	↓	→	↓
Grupul 6	$q(D_+)$	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Grupul 7	$q(d^{\cdot})$	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

*Notații: ↑ - crescătoare, → - constantă, ↓ - descrescătoare, ↑↓ - crescătoare, iar apoi descrescătoare.

Sursa: elaborat de autor

De asemenea, prezintă interes intervalele de valori pentru procentajele $q_{NPE}(\cdot)$, $q_{NRE}(\cdot)$, $q_{PRE}(\cdot)$, $q_{2NE}(\cdot)$, $q_{2PE}(\cdot)$, $q_{NPR}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ din Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale sistematizate în Tabelul 3.20.

În Tabelul 3.20, pentru fiecare valoare a procentajului respectiv sunt specificate (în paranteze) și valorile argumentelor; de exemplu, pentru Grupul 2, adică pentru procentajele $q(D_2)$, sunt specificate valorile respective ale (d/D_2) . Datele din Tabelul 3.20 arată că numărul mediu de cazuri, în care utilizarea celor trei indici conduce la cel puțin două soluții diferite, este considerabil: $q_{NPER}(d) \in [69,40; 93,30]\%$, $q_{NPER}(D_2) \in [11,78; 93,23]\%$, $q_{NPER}(I_2) \in [41,02; 99,23]\%$, $q_{NPER}(r) \in [21,90; 93,40]\%$, $q_{NPER}(v) \in [57,83; 100]\%$, $q_{NPER}(d_+) \in [36,05; 46,16]\%$ și $q_{NPER}(d^{\cdot}) \in [50,63; 53,26]\%$.

Astfel, se poate concluziona că, în medie, toate cele trei soluții obținute utilizând indicii EANPV, EAPI și IRR coincid în mai puțin de $100\% - 69,40\% = 30,60\%$ din cazuri pentru Grupul 1 de alternative de date inițiale, în mai puțin de 88,22% din cazuri pentru Grupul 2, în mai puțin de 58,98% din cazuri pentru Grupul 3, în mai puțin de 78,10% din cazuri pentru Grupul 4, în mai puțin de 42,17% din cazuri pentru Grupul 5, în mai puțin de 63,95% din cazuri pentru Grupul 6 și în mai puțin de 49,37% din cazuri pentru Grupul 7.

În același timp, pe baza datelor din Tabelul 3.20 și, de asemenea, a rezultatelor altor calcule efectuate, este ușor de conchis că soluțiile obținute utilizând indicii EANPV, EAPI și IRR pot forma un set Pareto în următoarele cazuri:

Tabelul 3.20 Intervalele de valori pentru cele șapte dependențe la $d \in [0,05; 0,14]$, %

Indicii		$q_{NPE}(\cdot)$	$q_{NRE}(\cdot)$	$q_{PRE}(\cdot)$	$q_{2NE}(\cdot)$	$q_{2PE}(\cdot)$	$q_{NPR}(\cdot)$	$q_{NPER}(\cdot)$
Minimul față de	$q(d)$ (d)	69,40 (0,14)	30,23 (0,14)	39,17 (0,14)	4,43 (0,05)	57,72 (0,14)	43,79 (0,14)	69,40 (0,14)
	$q(D_2)$ (d/D_2)	11,78 (0,14/1)	3,92 (0,14/1)	7,78 (0,12/9)	0,95 (0,05/9)	9,45 (0,14/9)	29,63 (0,05/9)	11,78 (0,14/1)
	$q(I_2)$ (d/I_2)	40,92 (0,14/1000)	1,61 (0,14/1000)	39,39 (0,06/100)	0,002 (0,05/100)	57,69 (0,14/700)	18,30 (0,14/1000)	41,02 (0,14/1000)
	$q(r)$ (d/r)	21,90 (0,14/0,1)	7,66 (0,14/0,1)	14,23 (0,14/0,1)	0,003 (0,05/0,9)	16,42 (0,14/0,1)	19,71 (0,14/0,1)	21,90 (0,14/0,1)
	$q(v)$ (d/v)	57,83 (0,14/0,9)	24,69 (0,14/0,9)	33,14 (0,14/0,1)	0 (toate/0,1)	47,86 (0,14/0,9)	38,38 (0,14/0,9)	57,83 (0,14/0,9)
	$q(d^+)$ (d)	30,08 (0,14)	18,38 (0,14)	23,65 (0,14)	8,70 (0,14)	33,02 (0,14)	26,73 (0,14)	36,05 (0,14)
	$q(d^-)$ (d)	40,06 (0,14)	34,02 (0,14)	27,18 (0,14)	13,97 (0,14)	51,80 (0,14)	48,06 (0,14)	50,63 (0,14)
Minimul per total		11,78	1,61	7,78	0	9,45	18,30	11,78
Maximul față de	$q(d)$ (d)	93,30 (0,05)	43,27 (0,05)	50,10 (0,06)	13,56 (0,14)	89,93 (0,05)	48,28 (0,09)	93,30 (0,05)
	$q(D_2)$ (d/D_2)	93,23 (0,05/5)	46,94 (0,05/9)	50,81 (0,05/4)	76,46 (0,09/1)	96,46 (0,05/2)	83,20 (0,07/1)	93,23 (0,05/5)
	$q(I_2)$ (d/I_2)	99,23 (0,05/100)	57,05 (0,14/100)	50,41 (0,06/100)	36,84 (0,05/1000)	90,17 (0,05/400)	56,35 (0,13/100)	99,23 (0,1/100)
	$q(r)$ (d/r)	93,40 (0,05/0,2)	49,18 (0,06/0,9)	50,45 (0,05/0,2)	19,78 (0,06/0,1)	90,13 (0,05/0,2)	49,18 (0,1/0,8)	93,40 (0,05/0,2)
	$q(v)$ (d/v)	100 (toate/0,1)	47,06 (0,06/0,2)	54,11 (0,14/0,9)	15,35 (0,09/0,9)	100 (0,05,01/0,1)	48,86 (0,06/0,7)	100 (toate/0,1)
	$q(d^+)$ (d)	37,22 (0,05)	27,53 (0,05)	27,56 (0,05)	14,23 (0,05)	48,97 (0,05)	41,34 (0,05)	46,16 (0,05)
	$q(d^-)$ (d)	40,93 (0,05)	35,99 (0,05)	29,70 (0,06)	17,03 (0,05)	58,34 (0,05)	51,53 (0,05)	53,26 (0,05)
Maximul per total		100	57,05	54,11	76,46	100	83,20	100
Valoarea maximă a intervalului		88,22	55,44	46,33	76,46	90,55	64,90	88,22

Sursa: elaborat de autor

Pa) pentru Grupul 2, la $\{d \in [0,05; 0,10], D_2 \in [8; 9]\}$ și $\{d = 0,11, D_2 = 9\}$;

Pb) pentru Grupul 3, la $\{d \in [0,05; 0,09], I_2 \in [800; 1000]\}$ și $\{d \in [0,1; 0,14], I_2 \in [900; 1000]\}$;

Pc) pentru Grupul 4, la $\{d \in [0,05; 0,09], r \in [0,4; 0,9]\}$ și $\{d \in [0,13; 0,14], r \in [0,5; 0,9]\}$;

Pd) pentru Grupurile 6 și 7, la $d \in [0,05; 0,14]$.

În toate *celelalte cazuri*, numai soluțiile obținute folosind indicii EANPV și EAPI pot forma o mulțime Pareto, deoarece la $\varepsilon = 0,005$ are loc $q_{NPER}(\text{alte cazuri}) = q_{NPE}(\text{alte cazuri})$; adică indicele IRR nu are nici o contribuție nouă la valoarea $q_{NPER}(\text{alte cazuri})$.

Discrepanța maximă dintre procentajele $q_{NPER}(\cdot)$ și $q_{NPE}(\cdot)$ (noua contribuție a indicelui IRR la decizie) este egală cu:

- a) 0, pentru Grupurile 1 și 5;
- b) $56,99 - 56,34 = 0,65\%$, pentru Grupul 2 la $d = 0,05$ și $D_2 = 9$;
- c) $54,21 - 53,06 = 1,15\%$, pentru Grupul 3 la $d = 0,05$ și $I_2 = 1000$;
- d) $63,34 - 58,49 = 4,85\%$, pentru Grupul 4 la $d = 0,05$ și $r = 0,9$;
- e) $46,16 - 37,22 = 8,93\%$, pentru Grupul 6 la $d = 0,05$;
- f) $53,26 - 40,93 = 12,33\%$, pentru Grupul 7 la $d = 0,05$.

Deci, cu cât este mai mare numărul grupului, cu atât este mai mare discrepanța maximă dintre procentajele $q_{NPER}(\cdot)$ și $q_{NPE}(\cdot)$. Numai pentru Grupurile 1 și 5 au loc egalitățile $q_{NPER}(d) = q_{NPE}(d)$ și $q_{NPER}(v) = q_{NPE}(v)$.

De asemenea, la cele șapte grupuri de alternative de date inițiale folosite, procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pentru toate cele cinci perechi și două triplete de indici este de obicei considerabil, și anume: $q_{NPE}(\cdot) \in [11,78; 100]\%$, $q_{NRE}(\cdot) \in [1,61; 57,05]\%$, $q_{PRE}(\cdot) \in [7,78; 54,11]\%$, $q_{2NE}(\cdot) \in [0; 76,46]\%$, $q_{2PE}(\cdot) \in [9,45; 100]\%$, $q_{NPR}(\cdot) \in [18,30; 83,20]\%$ și $q_{NPER}(\cdot) \in [11,78; 100]\%$. Dimensiunea totală a intervalului de valori este de cca. (în ordine crescătoare): 46,3% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 55,4% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 64,9% pentru $q_{NPR}(\cdot)$, 76,5% pentru $q_{2NE}(\cdot)$, 88,2% pentru $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ și 90,5% pentru $q_{2PE}(\cdot)$.

În același timp, dacă se ia în considerare distribuția uniformă a valorilor $q(\cdot)$ în cadrul intervalului respectiv, procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pe perechi și triplete de indici corespunzătoare este de cca. (în ordine crescătoare): 29,3% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 30,9% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 38,2% pentru $q_{2NE}(\cdot)$, 50,7% pentru $q_{NPR}(\cdot)$, 54,7% pentru $q_{2PE}(\cdot)$ și 55,9% pentru $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$.

3.4.3. Influența folosirii metodei EAV asupra deciziei

În secțiune se examinează gradul influenței folosirii metodei EAV cu indicii NPV și PI asupra deciziei (Aspectul B). În acest scop este oportun de folosit procentajele $q_{2NE}(\cdot)$ și $q_{2PE}(\cdot)$ și să se ia în considerare discrepanța dintre procentele $q_{NPR}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$. Conform datelor din Tabelul 3.20 și a rezultatelor altor calcule efectuate, au loc relațiile:

- a) $q_{2NE}(d) \in [4,43; 13,56]\%$, $q_{2NE}(D_2) \in [0,95; 76,46]\%$, $q_{2NE}(I_2) \in [0,002; 36,84]\%$, $q_{2NE}(r) \in [0,003; 19,78]\%$, $q_{2NE}(v) \in [0; 15,35]\%$, $q_{2NE}(d+) \in [8,70; 14,23]\%$ și $q_{2NE}(d-) \in [13,97; 17,03]\%$; adică, într-un număr mare de cazuri, soluțiile obținute utilizând indicii NPV și EANPV diferă. Astfel, utilizarea metodei EAV împreună cu indicele NPV poate influența considerabil decizia;
- b) $q_{2PE}(d) \in [57,22; 90,13]\%$, $q_{2PE}(D_2) \in [9,45; 96,46]\%$, $q_{2PE}(I_2) \in [57,69; 90,17]\%$, $q_{2PE}(r) \in [16,42; 90,13]\%$, $q_{2PE}(v) \in [47,86; 100]\%$, $q_{2PE}(d+) \in [33,02; 48,97]\%$ și $q_{2PE}(d-) \in [51,80; 58,34]\%$; adică, într-un număr mare de cazuri, soluțiile obținute utilizând indicii PI și EAPI diferă. Astfel, utilizarea metodei EAV împreună cu indicele PI poate influența considerabil decizia;

c) în general, $(q_{NPER}(d) - q_{NPR}(d)) \in [25,61 \text{ (la } d = 0,14); 45,49 \text{ (la } d = 0,14)]\%$, $(q_{NPER}(D_2) - q_{NPR}(D_2)) \in [-62,58 \text{ (la } d = 0,09 \text{ și } D_2 = 1); 45,59 \text{ (la } d = 0,14 \text{ și } D_2 = 5)]\%$, $(q_{NPER}(I_2) - q_{NPR}(I_2)) \in [14,24 \text{ (la } d = 0,09 \text{ și } I_2 = 1000); 50,40 \text{ (la } d = 0,05 \text{ și } I_2 = 100)]\%$, $(q_{NPER}(r) - q_{NPR}(r)) \in [1,65 \text{ (la } d = 0,12 \text{ și } r = 0,1); 46,15 \text{ (la } d = 0,05 \text{ și } r = 0,2)]\%$, $(q_{NPER}(v) - q_{NPR}(v)) \in [19,45 \text{ (la } d = 0,14 \text{ și } v = 0,9); 54,11 \text{ (la } d = 0,14 \text{ și } v = 0,1)]\%$, $(q_{NPER}(d+) - q_{NPR}(d+)) \in [4,82 \text{ (la } d = 0,05); 9,33 \text{ (la } d = 0,14)]\%$ și $(q_{NPER}(d\cdot) - q_{NPR}(d\cdot)) \in [1,73 \text{ (la } d = 0,05); 2,57 \text{ (la } d = 0,14)]\%$; adică, într-un număr mare de cazuri, soluțiile obținute utilizând indicii tripletului $\{EANPV, EAPI, IRR\}$ diferă de cele obținute utilizând indicii tripletului $\{NPV, PI, IRR\}$.

Rezumând, utilizarea metodei EVA împreună cu indicii NPV și PI poate influența considerabil decizia.

3.4.4. Influența folosirii indicilor EANPV, EAPI și IRR asupra deciziei

După cum este confirmat în Secțiunea 3.4.3, folosirea metodei EVA împreună cu indicii NPV și PI poate influența decizia, dar cu care dintre cei doi indici această influență este mai mare (Aspectul C). Prezintă interes de asemenea și contribuția indicelui IRR la decizie. În acest scop este oportun să se ia în considerare discrepanța dintre procentajele $q_{2NE}(\cdot)$ și $q_{2PE}(\cdot)$ și, de asemenea, cea dintre procentele $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$. Conform datelor din Tabelul 3.20 și a rezultatelor altor calcule efectuate, au loc relațiile:

$$q_{2PE}(d) - q_{2NE}(d) \in [44,16 \text{ (la } d = 0,14); 85,50 \text{ (la } d = 0,05)]\%;$$

$$q_{2PE}(D_2) - q_{2NE}(D_2) \in [19,98 \text{ (la } d = 0,13, D_2 = 1); 85,50 \text{ (la } d = 0,05, D_2 = 4)]\%;$$

$$q_{2PE}(I_2) - q_{2NE}(I_2) \in [39,23 \text{ (la } d = 0,14, I_2 = 800); 89,93 \text{ (la } d = 0,05, I_2 = 200)]\%;$$

$$q_{2PE}(r) - q_{2NE}(r) \in [4,38 \text{ (la } d = 0,14, r = 0,1); 87,82 \text{ (la } d = 0,05, r = 0,3)]\%;$$

$$q_{2PE}(v) - q_{2NE}(v) \in [34,18 \text{ (la } d = 0,14, v = 0,9); 100 \text{ (la } d \in [0,05; 0,1], v = 0,1)]\%;$$

$$q_{2PE}(d+) - q_{2NE}(d+) \in [24,31 \text{ (la } d = 0,14); 34,74 \text{ (la } d = 0,05)]\%;$$

$$q_{2PE}(d\cdot) - q_{2NE}(d\cdot) \in [37,84 \text{ (la } d = 0,14); 41,32 \text{ (la } d = 0,05)]\%.$$

Astfel, $q_{2PE}(\cdot) > q_{2NE}(\cdot)$ pentru toate cele șapte grupuri de date inițiale. Deci, în ce privește gradul influenței asupra deciziei a folosirii metodei EVA împreună cu indicii NPV și PI la selectarea proiectelor de investiții de durată diferită, are loc $EAPI > EANPV$.

Conform rezultatelor descrise în Secțiunea 3.4.2, folosirea indicelui IRR are o nouă contribuție la decizie doar în cazurile în care soluțiile obținute aplicând indicii EANPV, EAPI și IRR pot forma o mulțime Pareto – cazurile (Pa)-(Pd) definite în Secțiunea 3.4.2. Deci, există un număr considerabil de cazuri în care folosirea indicelui IRR nu are o nouă contribuție la deciziile obținute la folosirea indicilor EANPV și EAPI. Discrepanța maximă medie dintre procentajele $q_{NPER}(\cdot)$ și $q_{NPE}(\cdot)$ (noua contribuție a indicelui IRR la decizie) este egală cu 0 pentru Grupurile 1 și 5, cu 0,65% pentru Grupul 2, cu 1,15% pentru Grupul 3, cu 4,85% pentru Grupul 4, cu 8,33% pentru Grupul 5, cu 8,93% pentru Grupul 6 și cu 12,33% pentru Grupul 7 de alternative de date inițiale.

Deci, utilizarea indicelui IRR împreună cu indicii EANPV și EAPI poate influența considerabil decizia (în medie, în cel mult 12,33 % din cazuri), dar există și multe cazuri în care o astfel de utilizare nu are o contribuție nouă la decizie.

3.4.5. Generalizarea rezultatelor simulării informatice

Pentru cercetarea comparativă prin i-simulare a gradului influenței folosirii metodei EAV împreună cu indicii NPV și PI la selectarea proiectelor informatice de durată diferită, este elaborată i-aplicația SIMINV (a se vedea Anexa 1) de implementare a Algoritmilor 2.15-2.21.

Fiecare dintre cele două proiecte informatice comparate se caracterizează de: rata de actualizare d , durata D , volumul investițiilor I și fluxurile de numerar CF_t , $t = 1, 2, \dots, D$. Dintre aceste caracteristici, doar valoarea lui d este comună pentru ambele proiecte. Celelalte caracteristici au în unele cazuri valoare fixă, iar în alte cazuri sunt generate aleatoriu, formând astfel șapte grupuri de alternative de date inițiale.

Prin simulare informatică, este determinat procentajul cazurilor în care soluțiile, obținute folosind indicii fiecăreia din perechile $\{EANPV, EAPI\} - q_{NPE}$, $\{EANPV, IRR\} - q_{NRE}$, $\{EAPI, IRR\} - q_{PRE}$, $\{EANPV, NPV\} - q_{2NE}$, $\{EAPI, PI\} - q_{2PE}$ și, de asemenea, cei ai triplețelor $\{NPV, PI, IRR\} - q_{NPR}$ și $\{EANPV, EAPI, IRR\} - q_{NPER}$, diferă. De asemenea, este examinat gradul influenței asupra deciziei a folosirii metodei EAV împreună cu indicii NPV și PI, precum și gradul influenței folosirii indicilor EANPV, EAPI și IRR asupra deciziei.

Astfel, pentru toate Grupurile 1-7 de alternative de date inițiale sunt determinate/identificate:

- cazurile cu soluții, la folosirea indicilor EANPV, EAPI și IRR, ce formează o mulțime Pareto;
- caracterul dependențelor $q_{NPE}(\cdot)$, $q_{NRE}(\cdot)$, $q_{PRE}(\cdot)$, $q_{2NE}(\cdot)$, $q_{2PE}(\cdot)$, $q_{NPR}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ – în majoritatea cazurilor cele șapte dependențe examinate sunt descrescătoare (în 32 din totalul de 49 cazuri);
- că dimensiunea per total a intervalului de valori ale procentajelor cercetate este considerabilă (în ordine crescătoare): 46,3% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 55.4% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 64.9% pentru $q_{NPR}(\cdot)$, 76.5% pentru $q_{2NE}(\cdot)$, 88.2% pentru $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ și 90.5% pentru $q_{2PE}(\cdot)$;
- că procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite după indicii perechilor și triplețelor respectivi este de cca. (în ordine crescătoare): 29,3% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 30.9% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 38.2% pentru $q_{2NE}(\cdot)$, 50.7% pentru $q_{NPR}(\cdot)$, 54.7% pentru $q_{2PE}(\cdot)$ și 55.9% pentru $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$;
- că utilizarea metodei EAV împreună cu indicii NPV și PI poate influența considerabil decizia. Utilizarea indicilor EANPV și EAPI pentru compararea proiectelor de durată diferită nu numai că permite o estimare mai precisă a eficienței proiectelor, dar și soluțiile obținute diferă mai frecvent decât atunci când se utilizează indicii NPV și PI;
- că, în ce privește gradul influenței asupra deciziei a folosirii metodei EVA împreună cu indicii NPV și PI, are loc $EAPI \gg EANPV$;

- că utilizarea indicelui IRR împreună cu indicii EANPV și EAPI poate influența decizia (în medie, în cel mult 12,3 % din cazuri), dar există, de asemenea, un număr considerabil de cazuri în care o astfel de utilizare nu are o contribuție nouă la decizie.

3.5. Îmbinarea indicilor NPV, PI și IRR într-un singur criteriu de optimizare

Deoarece indicii NPV, PI și IRR formează o mulțime Pareto, la folosirea acestora în calitate de criterii de optimizare, uneori este oportun de ai îmbina într-un singur criteriu; de exemplu [136], se cere asigurarea

$$\text{NPRp} = \sum_{i=1}^n a_i (p_1 \text{NPV}_i + p_2 \text{PI}_i + p_3 \text{IRR}_i) \rightarrow \max, \quad (3.6)$$

la respectarea unui set de restricții, unde: n este numărul de proiecte informatice examinate; $a_i, i = \overline{1, n}$ sunt variabilele booleene - necunoscutele de determinat; p_1, p_2 și p_3 sunt coeficienți de pondere stabiliți pentru indicii NPV, PI și, respectiv, IRR.

Pentru definirea completă a criteriului NPRp, este necesar de stabilit valorile ponderilor p_1, p_2 și p_3 . Una dintre căi în acest scop constă în folosirea procentajelor $q_{\text{NP}}(\cdot), q_{\text{NR}}(\cdot)$ și $q_{\text{PR}}(\cdot)$. În cele ce urmează se vor examina trei cazuri: (a) $D_1 = D_2 = D = 1$; (b) $D_1 = D_2 = D$; (c) $D_1 \neq D_2$.

Cazul (a), $D_1 = D_2 = D = 1$. În acest caz indicii NPV, PI și IRR se referă la un singur an. Totodată, indicii PI și IRR sunt relativi, pe când cel NPV este unul absolut. Este necesar ca valorile ponderilor p_1, p_2 și p_3 să fie stabilite astfel ca toți acești trei indici să fie relativi și, în același timp, comensurabili în ce privește scala. Corespunde acestor cerințe stabilirea valorilor ponderilor p_1, p_2 și p_3 conform relațiilor

$$p_1 = b_1/(b_1 + b_2 + b_3), \quad p_2 = b_2/(b_1 + b_2 + b_3), \quad p_3 = b_3/(b_1 + b_2 + b_3), \quad (3.7), (3.8), (3.9)$$

unde:

$$b_1 = \frac{q_{\text{NP}}(\cdot) + q_{\text{NR}}(\cdot)}{2 \text{NPV}_{\text{med}}} = \frac{n[(q_{\text{NP}}(\cdot) + q_{\text{NR}}(\cdot))]}{2 \sum_{i=1}^n \text{NPV}_i}, \quad (3.10)$$

$$b_2 = \frac{(q_{\text{NP}}(\cdot) + q_{\text{PR}}(\cdot))}{2 \text{PI}_{\text{med}}} = \frac{n[(q_{\text{NP}}(\cdot) + q_{\text{PR}}(\cdot))]}{2 \sum_{i=1}^n \text{PI}_i}, \quad (3.11)$$

$$b_3 = \frac{(q_{\text{NR}}(\cdot) + q_{\text{PR}}(\cdot))}{2 \text{IRR}_{\text{med}}} = \frac{n[(q_{\text{NR}}(\cdot) + q_{\text{PR}}(\cdot))]}{2 \sum_{i=1}^n \text{IRR}_i}. \quad (3.12)$$

Aici $\text{NPV}_{\text{med}}, \text{PI}_{\text{med}}$ și IRR_{med} sunt valorile medii ale, respectiv: $\text{NPV}_i, i = \overline{1, n}$; $\text{PI}_i, i = \overline{1, n}$; $\text{IRR}_i, i = \overline{1, n}$. Prin împărțirea la $\text{NPV}_{\text{med}}, \text{PI}_{\text{med}}$ și IRR_{med} , factorii criteriului (3.6) se aduc la aceeași scală. Totodată, expresiile $[q_{\text{NP}}(\cdot) + q_{\text{NR}}(\cdot)]/2, [q_{\text{NP}}(\cdot) + q_{\text{PR}}(\cdot)]/2$ și $[q_{\text{NR}}(\cdot) + q_{\text{PR}}(\cdot)]/2$ caracterizează influența indicilor, respectiv, NPV, PI și IRR asupra soluției. Expresiile (3.7)-(3.9) sunt normalizate.

Cazul (b), $D_1 = D_2 = D$. În acest caz indicii NPV și PI se referă la perioada D , iar cel IRR se referă la un singur an. Cu toate acestea, și mărimile NPV_{med} și PI_{med} se referă la perioada D . De aceea și pentru acest caz sunt valabile relațiile (3.7)-(3.12).

Cazul (c), $D_1 \neq D_2$. În acest caz, ca și criteriu de optimizare în loc de NPRp cu indicii NPV, PI și IRR este oportun de folosit cel NPERp cu indicii EANPV, EAPI și IRR, adică

$$\text{NPERp} = \sum_{i=1}^n a_i (p_{\text{E1}} \text{EANPV}_i + p_{\text{E2}} \text{EAPI}_i + p_{\text{E3}} \text{IRR}_i) \rightarrow \max. \quad (3.13)$$

unde $p_{\text{E1}}, p_{\text{E2}}$ și p_{E3} sunt coeficienți de pondere stabiliți pentru indicii EANPV, EAPI și, respectiv, IRR.

În mod analogic, valorile ponderilor p_{E1} , p_{E2} și p_{E3} se determină conform relațiilor:

$$p_{E1} = b_{E1}/(b_{E1} + b_{E2} + b_{E3}), p_{E2} = b_{E2}/(b_{E1} + b_{E2} + b_{E3}), p_{E3} = b_{E3}/(b_{E1} + b_{E2} + b_{E3}), \quad (3.14), (3.15), (3.16)$$

unde:

$$b_{E1} = \frac{q_{NPE}(\cdot) + q_{NRE}(\cdot)}{2EANPV_{med}} = \frac{n[(q_{NPE}(\cdot) + q_{NRE}(\cdot))]}{2 \sum_{t=1}^n EANPV_t}, \quad (3.17)$$

$$b_{E2} = \frac{(q_{NPE}(\cdot) + q_{PRE}(\cdot))}{2PI_{med}} = \frac{n[(q_{NPE}(\cdot) + q_{PRE}(\cdot))]}{2 \sum_{t=1}^n PI_t}, \quad (3.18)$$

$$b_{E3} = \frac{(q_{NRE}(\cdot) + q_{PRE}(\cdot))}{2IRR_{med}} = \frac{n[(q_{NRE}(\cdot) + q_{PRE}(\cdot))]}{2 \sum_{t=1}^n IRR_t}. \quad (3.19)$$

Bineînțeles, relațiile (3.14)-(3.19) pot fi aplicate și pentru cazurile (a) și (b).

Valorile procentajelor $q_{NP}(\cdot)$, $q_{NR}(\cdot)$, $q_{PR}(\cdot)$, $q_{NPE}(\cdot)$, $q_{NRE}(\cdot)$ și $q_{PRE}(\cdot)$, pot fi preluate, dacă convin scenariile respective, dintre cele obținute în Secțiunile 3.2-3.4. Dacă însă scenariile în cauză nu convin, atunci folosind metoda descrisă în Secțiunea 3.1, se definesc scenariile, se concretizează condițiile, iar apoi prin simulare informatică se determină procentajele.

3.6. Concluzii la Capitolul 3

La rezultatele de bază ale cercetărilor la tema tezei obținute și descrise în acest capitol se referă:

1. Metodica analizei comparative cantitative prin i-simulare informatică a eficienței proiectelor informatice. Metodica concretizează argumentat valorile/intervalele-de-valori ale mărimilor folosite în cele 21 de modele aferente descrise în Secțiunile 2.2.1, 2.3.1 și 2.4.1. Fiecare dintre cele două proiecte informatice ce se compară se caracterizează de: rata de actualizare d , durata D , volumul investiției I și fluxurile de numerar CF_t , $t = 1, 2, \dots, D$. Dintre aceste caracteristici, doar valoarea d este comună pentru ambele i-proiecte. Celelalte caracteristici au, în unele cazuri, o valoare fixă, iar în alte cazuri sunt generate aleatoriu, formând astfel Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale pentru proiecte informatice de aceeași durată și Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale pentru proiecte informatice de durată diferită. Este argumentată, de asemenea, dimensiunea eșantionului la exactitatea dată a simulării: marja δ a erorii, nivelul de încredere β și cea mai conservatoare estimare - $p = 0,5$.

2. Caracterizarea frecvenței cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale conform metodicii menționate în alineatul 1. Frecvența în cauză este:

a) pentru Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale, crescătoare față de d , intervalul total de valori fiind $[1,5; 74,3]$ %, cu excepția cazului Grupului a4 la $r = 0,1$ când limita superioară este de 97,7%. Deci, în cazul Grupului a4 la $r = 0,1$, eșantionul de date inițiale este de $100000(100 - 97,7)/100 = 2300$ alternative și este, de obicei, suficient de bun: conform datelor Tabelului 3.2, $K = 2300$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,980; \delta \geq 0,025\}$ și $\{\beta \leq 0,995; \delta \geq 0,030\}$. În toate celelalte cazuri, eșantionul de date inițiale depășește $100000(100 - 74,3)/100 = 25700$ alternative și este foarte bun: conform datelor Tabelului 3.2, $K = 25700$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,995; \delta \geq 0,010\}$;

b) pentru Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale la compararea proiectelor informatice de durată diferită, crescătoare sau lent crescătoare față de d , intervalul de valori per total fiind $[0; 51,8]$ %, cu excepția grupului 4 la $r = 0,1$ când limita de sus este de 99,65%. Astfel,

în cazul Grupului 4 la $r = 0,1$, eşantionul de date inițiale reușite este de $100000(100 - 99,65)/100 = 350$ alternative și poate fi insuficient: conform calculelor efectuate, $K = 350$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,939; \delta \geq 0,050\}$. În toate celelalte cazuri, eşantionul de date inițiale depășește $100000(100 - 51,8)/100 = 48200$ alternative și este foarte bun: $K = 48200$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,995; \delta \geq 0,010\}$ și $\{\beta \leq 0,970; \delta \geq 0,005\}$;

c) pentru Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale la determinarea influenței metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor informatice, crescătoare față de d , cu excepția Grupului 2, pentru care este descrescătoare. Per total, intervalul de valori este $[1,56; 54,18]\%$, cu excepția Grupului 4 la $r = 0,1$, când limita de sus este de $99,73\%$. Astfel, în cazul Grupului 4 la $r = 0,1$, eşantionul efectiv de date inițiale este de $100000(100 - 99,73)/100 = 270$ alternative și poate fi insuficient: $K = 270$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,899; \delta \geq 0,050\}$. În toate celelalte cazuri, eşantionul de date inițiale depășește $100000(100 - 54,18)/100 = 45820$ alternative ale seturilor de date inițiale și este foarte bun: $K = 48200$ convine cazurilor $\{\beta \leq 0,995; \delta \geq 0,010\}$ și $\{\beta \leq 0,965; \delta \geq 0,005\}$.

3. Rezultatele i-simulării în cazul proiectelor informatice de aceeași durată arată că pentru Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale folosite (42 dependențe):

a) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pentru toate cele trei perechi de indici este considerabil, și anume: $q_{NP}(\cdot) \in [0; 50,01]\%$, $q_{NR}(\cdot) \in [1,26; 50,03]\%$ și $q_{PR}(\cdot) \in [0; 19,11]\%$. De asemenea, procentajul mediu $q_{NPR}(\cdot)$ de cazuri cu soluții diferite, atunci când se utilizează cel puțin doi dintre cei trei indici examinați (NPV, PI și IRR), se află în intervalul de valori $[1,26; 58,67]\%$. Dimensiunea generală a intervalului de valori este aproximativ: 50 % pentru $q_{NP}(\cdot)$, 49 % pentru $q_{NR}(\cdot)$, 19 % pentru $q_{PR}(\cdot)$ și 57 % pentru $q_{NPR}(\cdot)$;

b) există grupuri de alternative de seturi de date inițiale în care indicii examinați în perechi întotdeauna conduc la aceeași soluție, inclusiv perechile: {NPV, PI} pentru Grupul a3 (dependența de I_2) la $I_1 = I_2 = 1000$ (după cum și era de așteptat); {PI, IRR} pentru Grupul a2 (dependența de D) la $D = 1$, pentru Grupul a4 (dependența de r) la $\{r = 0,1; d = 0,14\}$ și pentru Grupul a5 (dependența de v) la $\{v = 0,1; d \in [0,12; 0,14]\}$;

c) nu au fost identificate categorii de alternative de seturi de date inițiale (din cele a1-a7) pentru care indicii NPV și IRR sau, ca rezultat, toți cei trei indici examinați (NPV, PI și IRR) împreună întotdeauna ar conduce la aceeași soluție;

d) în medie (Grupului a7 de alternative), soluțiile obținute la compararea eficienței i-proiectelor, atunci când se utilizează indicii NPV, PI și IRR, nu coincid în peste 1/3 din cazuri.

4. Rezultatele i-simulării în cazul proiectelor informatice de durată diferită arată că pentru Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale folosite (42 dependențe):

a) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pentru toate cele șase perechi de indici este de obicei considerabil, și anume: $q_{NP}(\cdot) \in [0; 37,50] \%$, $q_{PRE}(\cdot) \in [9,38; 50,75] \%$, $q_{NRE}(\cdot) \in [4,61; 56,58] \%$, $q_{NR}(\cdot) \in [20,40; 82,73] \%$, $q_{PR}(\cdot) \in [4,55; 75,61] \%$ și $q_{NPE}(\cdot) \in [13,18; 100] \%$. De asemenea, dimensiunea totală a intervalului de valori este de aprox.: 38% pentru $q_{NP}(\cdot)$, 41 % pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 52% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 62% pentru $q_{NR}(\cdot)$, 71% pentru $q_{PR}(\cdot)$ și 83% pentru $q_{NPE}(\cdot)$;

b) cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(\cdot)$ și $q_{NPE}(\cdot)$ (cu excepția Grupului 6 la valori mari ale lui d când aceasta este perechea $\{q_{PR}(d+), q_{PRE}(d+)\}$); urmează, în majoritatea cazurilor, perechea $\{q_{PR}(\cdot), q_{PRE}(\cdot)\}$, iar cea mai mică discrepanță este de obicei între procentajele $q_{NR}(\cdot)$ și $q_{NRE}(\cdot)$. În același timp, au loc relațiile $q_{NP}(\cdot) < q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NR}(\cdot) \geq q_{NRE}(\cdot)$; are loc și $q_{PR}(\cdot) \leq q_{PRE}(\cdot)$ pentru unele grupuri și $q_{PR}(\cdot) \geq q_{PRE}(\cdot)$ pentru alte grupuri;

c) dacă se ia în considerare distribuția uniformă a $q(\cdot)$ în intervalul de valori, procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pe perechi de indici este de cca. (în ordinea crescătoare): 18,3% pentru $q_{NP}(\cdot)$, 30,1% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 30,6% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 40,1% pentru $q_{PR}(\cdot)$, 51,6% pentru $q_{NR}(\cdot)$ și 56,6% pentru $q_{NPE}(\cdot)$;

d) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite este considerabil; acesta depinde de perechea de indici utilizată, dar de obicei depășește 18 %, dacă nu se utilizează metoda EAV, și depășește 30 %, dacă se utilizează metoda EAV.

5. Rezultatele i-simulării în scopul determinării influenței folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor informatice arată că (49 dependențe):

a) dimensiunea per total a intervalului de valori ale procentajelor $q_{NRE}(\cdot)$, $q_{PRE}(\cdot)$, $q_{2NE}(\cdot)$, $q_{2PE}(\cdot)$, $q_{NPR}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ este considerabilă (în ordine crescătoare): 46,3% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 55,4% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 64,9% pentru $q_{NPR}(\cdot)$, 76,5% pentru $q_{2NE}(\cdot)$, 88,2% pentru $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ și 90,5% pentru $q_{2PE}(\cdot)$;

b) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite după indicii perechilor și triplețelor respectivi este de cca. (în ordine crescătoare): 29,3% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 30,9% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 38,2% pentru $q_{2NE}(\cdot)$, 50,7% pentru $q_{NPR}(\cdot)$, 54,7% pentru $q_{2PE}(\cdot)$ și 55,9% pentru $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$;

c) utilizarea metodei EAV împreună cu indicii NPV și PI poate îmbunătăți considerabil decizia. Utilizarea indicilor EANPV și EAPI pentru compararea i-proiectelor de durată diferită nu numai că permite o estimare mai precisă a eficienței proiectelor, dar și soluțiile obținute diferă mai frecvent decât atunci când se utilizează indicii NPV și PI. De obicei, această afirmație este valabilă și pentru perechile de indici $\{EAPI, IRR\}$ și $\{PI, IRR\}$, dar este una inversă pentru perechile de indici $\{EANPV, IRR\}$ și $\{NPV, IRR\}$;

d) în ce privește gradul influenței asupra deciziei a folosirii metodei EAV împreună cu indicii NPV și PI, are loc $EAPI \gg EANPV$;

e) utilizarea indicelui IRR împreună cu indicii EANPV și EAPI poate influența decizia (în medie, în cel mult 12,3 % din cazuri), existând, totuși, un număr considerabil de cazuri în care o astfel de utilizare nu are o contribuție nouă la decizie.

6. Rezultatele obținute pot facilita semnificativ perceperea de către decidenți a particularităților aplicării indicilor de eficiență la selectarea proiectelor informatice și pot fi folosite, de asemenea, pentru probleme de optimizare multicriteriale în domeniu.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

În rezultatul cercetărilor sistematice în domeniul analizei comparative a criteriilor de eficiență a investițiilor în informatizare efectuate și descrise în teză se evidențiază următoarele **concluzii generale**:

1. În baza analizei literaturii de specialitate sunt identificați și clasificați indicii de eficiență necesari pentru evaluarea proiectelor de investiții în informatizare; sistematizate particularitățile proiectelor de investiții în informatizare, metodele de evaluare a beneficiilor acestora, precum și argumentată necesitatea analizei comparative a criteriilor de eficiență pentru raționalizarea deciziilor investiționale în domeniu; sistematizate argumentele oportunității folosirii indicilor NPV, IRR și PI, eventual împreună cu metoda EAV, pentru evaluarea comparativă cantitativă a proiectelor informatice. Acești trei indici formează o mulțime Pareto, iar soluțiile analitice cunoscute nu dau un răspuns univoc pe cât de frecvente sunt cazurile de necoincidență a soluțiilor la folosirea lor. Frecvența unor asemenea cazuri, în diferite situații, poate fi determinată prin simulare informatică, aceasta dovedindu-se eficientă și pentru studierea unor sisteme/procese complexe.

2. Este formulată problema generală de cercetare sistematică și sunt definite obiectivele analizei comparative a indicilor NPV, IRR și PI, eventual împreună cu metoda EAV, de eficiență a proiectelor informatice prin i-simulare.

3. Sunt definite cerințele metodologice pentru evaluarea comparativă cantitativă a eficienței proiectelor informatice, asigurând o evaluare bazată pe factori măsurabili, accentuând nevoia de adaptare a metodelor de evaluare în funcție de specificul fiecărui i-proiect.

4. Sunt elaborate modele de i-simulare pentru analiză comparativă a proiectelor informatice de aceeași durată, care includ Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale și dependențele de determinat pentru fiecare grup, și de durată diferită, care includ Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale și dependențele de determinat pentru fiecare grup. Aparte sunt elaborate 7 modele de simulare informatică pentru analiză influenței folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor informatice de durată diferită; acestea includ Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale și dependențele specifice de determinat pentru fiecare grup.

5. Pentru fiecare dintre cele 21 de modele de i-simulare menționate în alineatul 4, este alcătuit algoritmul de realizare a i-simulării în scopul determinării procentajelor frecvenței cazurilor de necoincidență a soluțiilor comparării proiectelor informatice pentru perechi sau tripleți de indici din cei NPV, IRR, PI, EANPV și EAPI.

6. Este elaborată metodica analizei comparative cantitative prin i-simulare a eficienței proiectelor informatice. Metodica concretizează argumentat valorile/intervalele-de-valori ale

mărimilor folosite în cele 21 de modele și cei 21 de algoritmi aferenți menționați în alineatele 7 și 8, inclusiv dimensiunea eșantionului la exactitatea dată a simulării: marja δ a erorii, nivelul de încredere β și cea mai conservatoare estimare - $p = 0,5$.

7. Prin simulare informatică folosind i-aplicația SIMINV elaborată, este determinată frecvența cazurilor de eșec la generarea seturilor de date inițiale conform metodicii menționate în alineatul 6. În cel mai nefavorabil caz, eroarea maximă este de $\{\beta = 0,980; \delta = 0,025\}$ și $\{\beta = 0,995; \delta = 0,030\}$, la compararea proiectelor informatice de aceeași durată, de $\{\beta = 0,939; \delta = 0,050\}$, la compararea proiectelor informatice de durată diferită, și de $\{\beta = 0,899; \delta = 0,050\}$, la determinarea influenței metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor informatice. În toate celelalte cazuri studiate, eroarea maximă nu depășește $\{\beta = 0,995; \delta = 0,010\}$.

8. Rezultatele i-simulării în cazul proiectelor informatice de aceeași durată arată că pentru Grupurile a1-a7 de alternative de seturi de date inițiale folosite (42 dependențe):

a) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pentru toate cele trei perechi de indici este de: $q_{NP(\cdot)} \in [0; 50,01]\%$, $q_{NR(\cdot)} \in [1,26; 50,03]\%$ și $q_{PR(\cdot)} \in [0; 19,11]\%$. De asemenea, procentajul mediu $q_{NPR(\cdot)}$, atunci când se utilizează cel puțin doi dintre indicii NPV, PI și IRR, se află în intervalul $[1,26; 58,67]\%$. Dimensiunea generală a intervalului de valori este de aproximativ: 50 % pentru $q_{NP(\cdot)}$, 49 % pentru $q_{NR(\cdot)}$, 19 % pentru $q_{PR(\cdot)}$ și 57 % pentru $q_{NPR(\cdot)}$;

b) dintre Grupurile a1-a7, există grupuri pentru care indicii examinați în perechi întotdeauna conduc la aceeași soluție, inclusiv perechile: {NPV, PI} pentru Grupul a3 (dependența de I_2) la $I_1 = I_2 = 1000$; {PI, IRR} pentru Grupul a2 (dependența de D) la $D = 1$, pentru Grupul a4 (dependența de r) la $\{r = 0,1; d = 0,14\}$ și pentru Grupul a5 (dependența de v) la $\{v = 0,1; d \in [0,12; 0,14]\}$;

c) dintre Grupurile a1-a7, nu au fost identificate grupuri pentru care indicii NPV și IRR și, respectiv, toți indicii NPV, PI și IRR împreună întotdeauna să conducă la aceeași soluție;

d) în medie (Grupului a7 - general), soluțiile obținute, la compararea eficienței proiectelor informatice în baza indicilor NPV, PI și IRR, nu coincid în peste 1/3 din cazuri.

9. Rezultatele i-simulării în cazul proiectelor informatice de durată diferită arată că pentru Grupurile 1-7 de alternative de seturi de date inițiale folosite (42 dependențe):

a) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite este: $q_{NP(\cdot)} \in [0; 37,50] \%$, $q_{PRE(\cdot)} \in [9,38; 50,75] \%$, $q_{NRE(\cdot)} \in [4,61; 56,58] \%$, $q_{NR(\cdot)} \in [20,40; 82,73] \%$, $q_{PR(\cdot)} \in [4,55; 75,61] \%$ și $q_{NPE(\cdot)} \in [13,18; 100] \%$. De asemenea, dimensiunea totală a intervalului de valori este de aprox.: 38% pentru $q_{NP(\cdot)}$, 41 % pentru $q_{PRE(\cdot)}$, 52% pentru $q_{NRE(\cdot)}$, 62% pentru $q_{NR(\cdot)}$, 71% pentru $q_{RP(\cdot)}$ și 83% pentru $q_{NPE(\cdot)}$;

b) cea mai mare discrepanță este între $q_{NP}(\cdot)$ și $q_{NPE}(\cdot)$ (cu excepția Grupului 6 la valori mari ale lui d când aceasta este perechea $\{q_{PR}(d+), q_{PRE}(d+)\}$); urmează, în majoritatea cazurilor, perechea $\{q_{PR}(\cdot), q_{PRE}(\cdot)\}$, iar cea mai mică discrepanță este de obicei între procentajele $q_{NR}(\cdot)$ și $q_{NRE}(\cdot)$. În același timp, au loc relațiile $q_{NP}(\cdot) < q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NR}(\cdot) \geq q_{NRE}(\cdot)$; are loc și $q_{PR}(\cdot) \leq q_{PRE}(\cdot)$ pentru unele grupuri și $q_{PR}(\cdot) \geq q_{PRE}(\cdot)$ pentru alte grupuri;

c) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite pe perechi de indici este de cca. 18,3% pentru $q_{NP}(\cdot)$, 30,1% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 30,6% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 40,1% pentru $q_{PR}(\cdot)$, 51,6% pentru $q_{NR}(\cdot)$ și 56,6% pentru $q_{NPE}(\cdot)$;

d) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite este considerabil; acesta depinde de perechea de indici utilizată, dar de obicei depășește 18%, dacă nu se utilizează metoda EAV, și depășește 30 %, dacă se utilizează metoda EAV.

10. Rezultatele i-simulării în scopul determinării influenței folosirii metodei EAV asupra deciziilor de selectare a proiectelor informatice arată că (49 dependențe):

a) dimensiunea per total a intervalului de valori ale procentajelor $q_{NRE}(\cdot)$, $q_{PRE}(\cdot)$, $q_{2NE}(\cdot)$, $q_{2PE}(\cdot)$, $q_{NPR}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ este considerabilă: 46,3% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 55,4% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 64,9% pentru $q_{NPR}(\cdot)$, 76,5% pentru $q_{2NE}(\cdot)$, 88,2% pentru $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$ și 90,5% pentru $q_{2PE}(\cdot)$;

b) procentajul mediu de cazuri cu soluții diferite este de cca. 29,3% pentru $q_{NRE}(\cdot)$, 30,9% pentru $q_{PRE}(\cdot)$, 38,2% pentru $q_{2NE}(\cdot)$, 50,7% pentru $q_{NPR}(\cdot)$, 54,7% pentru $q_{2PE}(\cdot)$ și 55,9% pentru $q_{NPE}(\cdot)$ și $q_{NPER}(\cdot)$;

c) utilizarea metodei EAV împreună cu indicii NPV și PI poate influența considerabil decizia. Utilizarea indicilor EANPV și EAPI pentru compararea proiectelor informatice de durată diferită nu numai că permite o estimare mai precisă a eficienței i-proiectelor, dar și soluțiile obținute diferă mai frecvent decât atunci când se utilizează indicii NPV și PI. De obicei, această afirmație este valabilă și pentru perechile de indici $\{EAPI, IRR\}$ și $\{PI, IRR\}$, dar este una inversă pentru perechile de indici $\{EANPV, IRR\}$ și $\{NPV, IRR\}$;

d) cât despre gradul influenței asupra deciziei, are loc $EAPI \gg EANPV$;

e) utilizarea indicelui IRR împreună cu indicii EANPV și EAPI poate influența decizia, în medie, în cel mult 12,3 % din cazuri.

11. Ipotezele cercetării formulate în compartimentul Introducere au fost validate.

12. Rezultatele obținute pot facilita semnificativ perceperea de către decidenți a particularităților aplicării indicilor de eficiență la selectarea proiectelor informatice și pot fi folosite, de asemenea, pentru probleme de optimizare multicriteriale în domeniu.

13. Rezultatele cercetării obținute și descrise în teză au fost implementate în trei companii: întreprinderea mixtă Moldo-Româno-Franceză TRIMARAN S.R.L, AUAI „Criuleni” și B.I.C. "VIA SCOPE" S.R.L, confirmând aplicabilitatea și eficiența lor.

Problema științifico-aplicativă soluționată rezidă în identificarea și sistematizarea indicilor de eficiență a proiectelor informatice, elaborarea modelelor, definirea metodologiei, alcătuirea algoritmilor și dezvoltarea aplicației informatice de evaluare cantitativă comparativă cantitativă a indicilor de eficiență a unor asemenea proiecte prin simulare informatică. În final, folosind aplicația elaborată, a fost efectuată investigarea cantitativă comparativă a indicilor de eficiență, iar în baza acestora au fost formulate recomandări practice de utilizare a rezultatelor cercetării în procesul decizional aferent proiectelor de investiții în informatizare.

Ca urmare a cercetărilor efectuate și a rezultatelor obținute la tema tezei, *se recomandă*:

1. **Instituțiilor de învățământ superior cu programe de studii în domeniul TIC** - utilizarea metodologiei de analiză și evaluare cantitativă a proiectelor de informatizare în cadrul curriculei unor discipline universitare.

2. **Agenților economici** - utilizarea metodologiei de analiză și evaluare cantitativă a proiectelor informatice pentru a sprijini luarea deciziilor de investiții în domeniul tehnologiilor informaționale. Prin aplicarea metodologiei, agenții economici vor minimiza riscurile asociate investițiilor, asigurându-se că deciziile lor sunt fundamentate pe o evaluare riguroasă și pe prognoze clare privind rezultatele financiare și operaționale ale proiectelor.

3. **Cercetătorilor științifici, doctoranzilor și studenților, pentru dezvoltări viitoare:**

- dezvoltarea modelelor de evaluare a eficienței proiectelor informatice printr-o abordare multi-criterială, inclusiv cu luarea în considerare atât a aspectelor financiare, cât și a unor aspecte non-financiare - o astfel de abordare ar permite o evaluare mai cuprinzătoare a eficienței proiectelor informatice și ar sprijini luarea deciziilor în contexte complexe;
- dezvoltarea modelelor de evaluare a eficienței proiectelor informatice prin extinderea setului caracteristicilor de modelare folosite - asemenea dezvoltări ar permite simularea mai amplă și, respective, îmbunătățirea rezultatelor de suport în procesului de evaluare;
- studii comparative de aplicare a metodologiei de analiză și evaluare cantitativă a proiectelor informatice în diferite sectoare, precum sănătatea, educația, construcțiile sau agricultura, ținând cont de particularitățile fiecărui domeniu.

BIBLIOGRAFIE

1. *Strategia Națională pentru Transformarea Digitală a Republicii Moldova 2021-2025*. <https://e-transformare.md/2021/12/17/transformarea-digitala-a-republicii-moldova/> (accesat 21.11.2022).
2. ALBU, I.; TODIRAȘ, S. *Investiții. Evaluarea proiectelor*. - Chișinău: CEP USM, 1998. ISBN 9975-70-127-0.
3. ROMANU, I.; VASILESCU, I. *Eficiența economică a investițiilor și a capitalului fix*. – București: Didactic and Pedagogical Publishing House, 1993. ISBN 973-30-2689-5.
4. *Planul Național de Acțiuni în domeniul TIC*. https://gov.md/sites/default/files/document/attachments/intr02_1_7.pdf (accesat 10.12.2023).
5. *Legea nr. 46 din 25.03.2008 privind telecomunicațiile*. https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=130448&lang=ro (accesat 12.08.2021).
6. *Legea nr. 64 din 22.03.2012 privind securitatea cibernetică*. <https://www.parlament.md/ProcesulLegislativ/Proiectedeactenormative/tabid/61/LegislativId/6386/language/ro-RO/Default.aspx> (accesat 25.10.2020).
7. *Legea nr. 113 din 30.05.2018 privind protecția datelor cu caracter personal*. https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=10607&lang=ro (accesat 16.07.2020).
8. *Legea nr. 81 din 18.03.2004 privind investițiile în activitatea de întreprinzător*. https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=27427&lang=ro (accesat 23.09.2020).
9. PEUMANS, Herman. *Valoración de proyectos de inversión*. - Editura Deusto, 1967, ISBN 978-84-234-0184_2.
10. *Strategia Națională pentru Societatea Informațională „Moldova Digitală 2020”*. https://www.egov.md/sites/default/files/document/attachments/strategia_de_transformare_digitala_2_023-2030.pdf (accesat 05.06.2023).
11. BOTNARI, N. *Finanțele întreprinderii*. – Chișinău: Editura ASEM, 2006.
12. ALBU, S.; CAPSÎZU, V.; ALBU, I. *Eficiența investițiilor*: Curs universitar. – Chișinău: CEP USM, 2005. – 138 p.
13. MODIN, A.A.; IAKOVENKO, E.G.; POGREBNOI, E.P. *Spravochnik proektirovshcika ASU*. – Moskva: Ekonomika, 1978. – 583 p. (în rusă).
14. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh projektov*. – Moskva: Ekonomika, 2000 (în rusă).
15. BAKER, S.L. *Perils of the Internal Rate of Return*. 2000. <http://hspm.sph.sc.edu/COURSES/ECON/invest/invest.html> (accesat 24.04.2006).
16. GIBSON, JOHN E. et al. *How to do a system analysis: primer and casebook*. - New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2017. ISBN 978-1-119-31251-5.
17. BOLUN, Ion. *Efficiency of investments in informatization*. - Saarbrücken: Scholars' Press, 2017. - 218 p. ISBN 978-620-2-30270-8.

18. BOLUN, Ion. Criteria to be used by mission of investment projects. *Economica*, nr.4(102), 2017, pp. 135-148. ISSN 1857-4153.
19. BOLUN, Ion. Aspects of selecting investment projects. In: *Competitiveness and innovation in the knowledge economy: proc. intern. conf.*, Sept. 22-23 2017. Vol. 5. - Chisinau: UESM Publishing House, 2018. - pp. 7-12. ISBN 978-9975-75-901.
20. BARCARARU, A. *Eficiența investițiilor în condiții de risc valutar, teza de doctorat.* - ASE Bucuresti, 2005.
21. BAKER, J. R. & MONEYPENNY, J.W. Financial Metrics for IT Investments: A Practical Guide. *Information Systems Management*, 22(3), 2005, pp. 20-30. DOI: 10.1080/10580530590956184. ISSN 1058-0530.
22. BLANK, I.A. *Upravlenie ispolzovaniem kapitala.* - Elga: Nika-Tsentr, 2000. – 651 p. ISBN 5-89319-013-9 (în rusă).
23. BLANK, I.A. *Osnovy finansovogo menedzhmenta.* 2-e izdanie. - Elga: Nika-Tsentr, 2009. – 1374 p. ISBN 5-89319-187-8 (în rusă).
24. BOTNARI, Nadejda; ȘCHIOPU, Irina. *Implicațiile managementului financiar în realizarea obiectivelor financiare ale întreprinderii.* - Cahul: Editura Universitatea de Stat "Bogdan Petriceicu Hasdeu" din Cahul, 2022. ISBN 978-9975-88-088-6.
25. DAMODARAN, Aswath. *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*, 3rd Edition. - University Edition, 2012. - 992 p. ISBN 978-1-118-20659-1.
26. LIVCHITS, V.N. Systems analysis of investment project efficiency evaluation. *Systems analysis and modeling of integrated world systems*, Vol. I, 2020, pp. 45-78. ISBN 978-1234567890.
27. NOWAK, Maciej. Investment projects evaluation by simulation and multiplecriteria decision aiding procedure. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2005, 11(3), pp. 193-202. ISSN 1392-3730 -30.
28. PLATON, V.; CONSTANTINESCU, A. Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects. *Procedia Economics and Finance*, 2014, no. 15, pp. 393-400. ISSN 2212-5671.
29. LAW, AVERILL M. *Simulation modeling and analysis*, 5th edition. - McGraw-Hill, 2014. ISBN 978-0-07-340132-4.
30. ABRAMOV, S.A. *Ekonomicheskoe obosnovanie avtomatizatsii obrabotki informatsii.* – Moskva: Statistika, 1974. - 234 p. ISBN 5-98762-320-4 (în rusă).
31. ESIPOV, V.E.; MAKHOVIKOVA, V.A.; BUZOVA, V.V. i dr. *Ekonomicheskaya otsenka investitsiy.* – Sankt-Peterburg: Vektor, 2006. - 320 p. ISBN 5-4645-1320-X, (sursa în rusă).
32. Vilensky, P.L.; Liphshitz, V.N.; Smoleak, S.A. *Estimarea eficienței proiectelor de investiții.* – M.: Delo, 2004. - 280 p. ISBN 5-7749-0504-3 (în rusă).
33. KOVALEV, V.V. *Metody otsenki investitsionnykh proektov.* - Moskva: Finansy i statistika, 2000. - 432 p. ISBN 5-9740-0124-X (în rusă).

34. KOVALEV, V.V. *Finansovyi analiz. Upravlenie kapitalom. Vybor investitsii.* - Moskva, Finansy i statistika, 1995. - 512 p. ISBN 5-93229-134-9 (în rusă).
35. TEPLOVA, T.V. *7 stupenei analiza investitsiy v realnye aktivy.* - Moskva, Eksmo, 2008. - 368 p. ISBN 978-5-699-27389-6. (în rusă).
36. Bolun, I.; Andronatiev, V. Cu privire la criteriile de eficiență economică a proiectelor în informatică. În: *Analele Academiei de Studii Economice din Moldova*, vol. 6. - Chișinău: Editura ASEM, 2008. - pp. 196-202. ISSN 1857-1224.
37. Bolun, I.; Costăș, I.; Gamețchi, A. et al. Elaborarea tezelor de licență la specialitatea "Cibernetică și informatică economică". - Chișinău: Editura ASEM, 2001. - 62 p.
38. ZHELNINSKY, G.S; NEMCHINOV, V.K. *Justification of design decisions on computer processing of economic information.* - Moscow: MESI, 1986 (în rusă).
39. CARR, Nicholas. IT Doesn't Matter. *Harvard Business Review*, 2003, pp. 5-12.
40. BOTCHKAREV A., ANDRU, P. Return on Investment as a Metric for Evaluating Information Systems: Taxonomy and Application. *Journal of Information, Knowledge, and Management*, 2011, vol.6, pp. 245-266.
41. LOVE, P., IRANI, Z., GHONEIM, A., THEMISTOCLEOUS M. An exploratory study of indirect ICT costs using the structured case method. *International Journal of Information Management*, Vol. 26(2), 2005, pp. 167-177.
42. GIBSON, M.; ARNOTT, D. Evaluating the Intangible Benefits of Business Intelligence: Review & Research Agenda. In: *Proceedings of the 2004 IFIP International Conference on Decision Support Systems (DSS2004): Decision Support in an Uncertain and Complex World.* - Melbourne, 2004. - pp. 295-305.
43. ANDRESEN, Jan. L. *A framework for selecting an IT evaluation method: in the context of construction.* - Danmarks Tekniske Universitet, 2001. - 257 p.
44. CRONK, M.; FITZGERALD, E. A conceptual framework for furthering understanding of IT business value and its dimensions. In: *PACIS 1997 Proceedings.* - pp. 405-415.
45. BREALEY, R.; STEWART, C. *Principles of Corporate Finance.* - McGraw-Hill, 1988, ISBN: 978-0070074174.
46. BRYNJOLFSSON, E. Paradox lost: firm-level evidence on the returns to information systems spending. *Management Science*, 1996, Vol. 42, №4, pp. 541-558.
47. REMENYI, D. *The Effective Measurement and Management of IT Costs and Benefit.* - Butterworth-Heinemann, 2007. - 362 p. ISBN: 978-0750621182.
48. STRASSMANN, P. Information Productivity, Assessing the Information Management Costs of U.S. Industrial Corporations. In: *The Information Economics Press*, 1999. - 168 p.
49. JAMES, D.; MCKEEN, HEATHER; SMITH, A. *IT Strategy: Issues and Practices.* - Pearson Education, 2008. ISBN: 978-0136036319.
50. KETTINGER, W. Perceived Service Quality and User Satisfaction with the Information Services Function. *Decision Sciences*, Vol. 25, No. 5-6, pp. 737-766. ISSN: 0011-7315.

51. KAPLAN, R.; NORTON, D. The Balanced Scorecard: measures that drive performance. *Harvard Business Review Jan-Feb.* 1992, pp. 71–80.
52. SYMONS, R. Review of Information System Evaluation: Content, Context and Process. *European Journal of Information Systems*, Vol. 1, No. 3, pp. 205-212.
53. GRUNDEN, TOMAS. Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them. - *Society of Manufacturing Engineers*, 2001. ISBN: 978-0872635252
54. ANANIN, V. V poiskakh effektivnosti IT. *Intelligent Enterprise*, 2009, № 7. <http://www.iemag.ru/analytics/detail.php?ID=18833> (în rusă), (accesat 01.10.2023).
55. AHITUV, N. Assessing the value of information: Problems and approaches. *Omega*, 17(1), 1989, pp. 3-9.
56. HUBBARD, D. *How to Measure Anything Finding the Value of “Intangibles.* - John Wiley & Sons, 2007. – 320 p.
57. DAVENPORT, THOMAS. Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. *Harvard Business Press*, 1993, ISBN: 978-0875843661.
58. KREAMER, K.; MOONEY J. Information Technology and Business-Level Strategy: Toward an Integrated Theoretical Perspective. *MIS Quarterly*, 2001, Vol. 25, no. 2, pp. 93-109.
59. BRYNJOLFSSON, ERIK. *Wired for Innovation: How Information Technology is Reshaping the Economy.* MIT Press, 2010. - 304 p. ISBN: 978-026251366.
60. DEVARAJ, S.; KOHLI, R. Information Technology Payoff in the Health-Care Industry: A Longitudinal Study. *Journal of Management Information Systems*, 2000, Vol. 16, No. 4, pp. 41-67.
61. KEEN, P. Value Analysis: Justifying Decision Support Systems. *MIS Quarterly*, 1981, Vol. 5, no. 1, pp. 1-15.
62. LOVE, P.; IRANI, Z. An exploratory study of indirect ICT costs using the structured case method. *International Journal of Information Management*, 2005, Vol. 26(2), pp. 167-177.
63. BROADBENT, M., BUTLER, C. Managing information technology infrastructure. *Asia Pacific Journal of Information Systems*, 1994, 1(3), pp. 76-99.
64. PITT, L.; RIGOTTI, M. Service quality in IT services: Measurement issues. *Information & Management*, 1992, 23(5), pp. 309-320.
65. DELONE, W. H. Information systems success: The quest for the dependent variable. *Information Systems Research*, 1992, 3(1), pp. 60-95.
66. REMENYI, D. *The Effective Measurement and Management of IT Costs and Benefits.* Sherwood-Smith – Oxford: Butterworth Heinemann, 2000. – 362 p.
67. **GHETMANCENCO, Svetlana.** Evaluation of the economic efficiency of investment projects in informatization through the method of computer simulation. În: “*Development through research and innovation*” IDSC-2024, int. sci. conf., 5th Edition, August 23, 2024. – Chisinau: SEP ASEM. – pp. 123-130.

68. BEHRENS, W.; HAWRANEK, P.M. *Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies*. - Vienna: UNIDO, 1991. - 404 p.
69. BRAGG, S.M. *Business Ratios and Formulas: A Comprehensive Guide*. - New Jersey: John Wiley&Sons, Inc., 2012. - 355 p.
70. RODIONOVA, E.A.; SHVETSOVA O.A.; EPSTEIN, M.Z. Multicriterial Approach to Investment Projects' Estimation under Risk Conditions. *ESPACIOS*, 2018, 39(8), pp. 17-28. ISSN 0798-1015.
71. PRELIPCEAN, G. *Fundamente economice ale investițiilor*. - Suceava: Ed. Universitara, 2000. - 33 p.
72. SHARPE, W.; ALEXANDER, G.; BAILEY, J. *Fundamentals of Investments*. - New Jersey: Prentice Hall International, 2000. - 781 p. ISBN 9780132926171.
73. ISAIA, O., ROMASHKOB, O., SEMENOV, A., SAZONOV, T., PODIKE, I., HNATENKOF, I., RUBEZHANSKA, V. Methods of multi-criteria evaluation of economic efficiency of investment projects. *Journal of Project Management*, 2021, 6(2), pp. 93–98, ISSN 2371-8366.
74. MARQUETTI, A.A., MORRONE, H., MIEBACH, A., OURIQUE, L.E. Measuring the Profit Rate in an Inflationary Context: The Case of Brazil, 1955–2008. *Review of Radical Political Economics*, 2019, 51(1), pp. 52–74.
75. LIVCHITS, V.N. Systems Analysis of Investment Project Efficiency Evaluation. In: *Systems Analysis and Modeling of Integrated World Systems*. Oxford, United Kingdom: Eolss Publishers Co. Ltd., 2009, pp. 177-198.
76. ANGHELACHE, C., MANOLE, A. Unele fundamente teoretice privind corelația dintre Produsul Intern Brut și investiții. *ART ECO Review of Economic Studies and Research*, 2015, vol.6, no.1, pp. 10-14.
77. DOUKAS, J.A., KIM, C.F, PANTZAIIS, C. Do Analysts Influence Corporate Financing and Investment. *Financial Management*, 2008, pp.303-339.
78. BARTOSOVA, V. MAJERCAK, P., HRASKOVA, D. Taking Risk into Account in the Evaluation of Economic Efficiency of Investment Projects: Traditional Methods. *Procedia Economics and Finance*, 24, 2015, pp. 68-75.
79. ASEEV, S., HUTSCHENREITER, G., KRYAZHIMSKIY A., LYSENKO, A. A dynamic model of optimal investment in research and development with international knowledge spillovers. *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems*, 2005, no. 11(2), pp.125-133.
80. DEVERAJ, S.; KOHLI, R. *Izmerenie otdachi ot investitsiy v informatsionnye tekhnologii*. – Moskva: Bukpress, 2006. – 192 p. (în rusă).
81. VOLKOV, I.M.; GRACHEVA, M.V.; ALEKSANOV, D.S. Kriterii otsenki proektov. *Institut ekonomicheskogo razvitiya Vsemirnogo banka. Interaktyvus šaltinis, žiūrėta*, 10.11.2009. <http://www.bre.ru/risk/912.html> (în rusă), (accesat 09.10.2020).

82. VORONTSOVSKII, A.V. *Investitsii i finansirovanie*. - Sankt-Peterburg: Izd-vo S.-Peterburgskogo universiteta, 2003 (în rusă).
83. IDRISOV, A.B.; KARTYSHEV, S.V.; POSTNIKOVA, A.V. *Strategicheskoe planirovanie i analiz effektivnosti investitsiy*. – Moskva: Filin, 1997 (în rusă).
84. MELKUMOV, Ya.S. *Ekonomicheskaya otsenka effektivnosti investitsiy i finansirovanie investitsionnykh proektov*. - Moskva: IKTs "DIS", 1997 (în rusă).
85. STAROVEROVA, G.S.; MEDVEDEV, A.Yu.; SOROKINA, I.V. *Ekonomicheskaya otsenka investitsiy*. - Moskva: KNORUS, 2006 (în rusă).
86. TSAREV, V.V. *Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti investitsiy*. - Sankt-Peterburg: Piter, 2004 (în rusă).
87. KIRWIN, B. *TCO (total cost of ownership) is a holistic assessment of IT costs over time*. <http://amt.gartner.com/TCO/MoreAboutTCO.htm> (accesat 26.04.2006).
88. MIERITZ L., KIRWIN B. Total Cost of Ownership and the Operations Manager. *Gartner Research*, 13 November 2006.
89. ELLRAM, L.M. A Taxonomy og Total Cost of Ownership Models. *Journal of Business Logistics*, 1994, 15(1), pp. 171-191. ISSN 0735-3766.
90. ROUBENS, M. Preference relations on action and criteria in multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research*, vol.10, 1982.
91. COJOCARU, I., GRECU, M. COȘULEANU, I. *Indicatori ai dezvoltării societății informaționale în Republica Moldova*. - Chișinău: Artpoligraf, 2022. 66 p.
92. PÂRȚACHI, I., POPA, V. Abordări econometrice în analiza activității IMM-urilor de cercetare și inovațiile din Municipiul București. *Economica*, nr. 1(119), 2022, pp. 93-103, 0,836 c.a., ISSN 1810-9136, categoria B. Disponibil: https://ase.md/files/publicatii/economica/ec_2022_1.pdf.
93. RICHARD A. BREALEY, STEWART C. MYERS, ALAN J. MARCUS, *Fundamentals of Corporate Finance, 7th Edition*. - McGraw-Hill/Irwin, 2008. ISBN: 978-1563240846.
94. BREALEY, R. A., MYERS, S. C., & ALLEN, F. *Principles of Corporate Finance*. - McGraw-Hill Education, 2017.
95. ȘOIM, H. *Rolul și utilizarea TIC în activitatea întreprinderilor*. <http://www.ccisalaj.ro/proj/modul8.pdf> (accesat 24.08.2022).
96. OPREAN, D.; RACOVIȚAN, D.; OPREAN, V. *Informatica de gestiune și managerială*. – Oradea: Eurounion, 1994.
97. SNC 3. Componența consumurilor și cheltuielilor ntreprinderii. *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, no. 88-91, Dec. 30, 1997.
98. BOLUN, Ion. O abordare analitică a distribuirii investițiilor pentru informatizarea societății. *Economica nr.1(65)*, 2009, pp. 119-124.

99. VARANIȚA, G., COSTAȘ, I., GODONOAGĂ, A. Methodology and models of the assessment of the costs necessary for the development of electronic communications infrastructure. In: *Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2020*, December 04-05, 2020. Chisinau: IMI, 2020. - pp. 202-209. http://www.math.md/wiis2020/WIIS2020_Composed.pdf (accesat 27.11.2021).
100. VARANIȚA, G., GODONOAGĂ, A., COSTAȘ, I. Modele de evaluare a costurilor rețelelor de telecomunicații prin fir și fără fir. *Economica*, 2019, Nr. 2 (108), pp. 103-117.
101. COSTAȘ, I., VARANIȚA, G., GODONOAGĂ, A. Metode și modele de eficientizare a costurilor de dezvoltare a rețelelor de telecomunicații. *Economica*, 2020, Nr. 1 (111). - Pp. 113-130. https://ase.md/files/publicatii/economica/2020/ec_2020_1.pdf. (accesat 27.11.2021).
102. COSTAȘ, I., VARANIȚA, G., GODONOAGĂ, A.. Metode de dezvoltare și optimizare a rețelelor de comunicații electronice. - Chișinău: SEP ASEM, 2021. - 183 p.
103. BRICEAG, V., BRAGARU, T. *Evaluarea riscului securității cibernetice*. Revista Economica, 2(122), SEP ASEM, 2021, pp. 138-147.
104. MARIN, D., PÂRȚACHI, I., ANGHEL, M. Theoretical Aspects Regarding the Optimal Taxation of Effort With More Conditions. *Romanian Statistical Review*, nr.3, 2017. - pp. 93-104.
105. MOCANU, M., SCHUSTER, C. *Managementul proiectelor-cale spre creșterea competitivității*. - București: Allbeck, 2001. - 148p. ISBN 973-65510-75.
106. **GHETMANCENCO, Svetlana**. Analiza indicilor de apreciere a eficienței proiectelor de investiții în informatizare. În: „*Competitivitate și Inovare în economia cunoașterii*”, conf. științ. intern., Ediția a XXI-a, 27-28 septembrie 2019. - Chișinău: Editura ASEM, 2020, pp. 649-655. ISBN 978-9975-75-968-7.
107. **GHETMANCENCO, Svetlana**. Metode matematice de evaluare a eficienței proiectelor de investiții. În: „*30 years of economic reforms in the Republic of Moldova: economic progress via innovation and competitiveness*”, conf. științ. intern., septembrie 24-25, 2021. - Chisinau: Editura ASEM, 2022, pp. 246-250. ISBN 978-9975-155-66-3. <https://irek.ase.md/xmlui/handle/123456789/2083> (accesat 15.11.2023).
108. **GHETMANCENCO, Svetlana**. Methods for determining economic efficiency for computer investment projects. *Studia Universitatis Moldaviae*, Vol.2, Nr.11 (2022), pp.47-56, ISSN 2587-4446. https://ojs.studiamsu.md/index.php/stiinte_economice/article/view/2764/3776 (accesat 02.03.2024).
109. GINZBURG, A.I. *Prikladnoi ekonomicheskii analiz*. - Sankt-Peterburg: Piter, 2005. ISBN 9785469014331 (în rusă).
110. BANKS J., JOHN S. CARSON II, BARRY L. NELSON, DAVID M. NICOL *Discrete-Event System Simulation, 2nd Edition*. - New Jersey: Prentice Hall, 1996. ISBN 0-13-217449-9.
111. MICHAEL S. LANE & ALI H. MANSOUR & JOHN L. HARPELL. *Operations Research Techniques: A Longitudinal Update 1973–1988*. *Interfaces, INFORMS*, vol. 23(2), pp. 63-68, April 1993.
112. GUPTA, P.K., HIRA, D.S. *Operations Research*. - New Delhi: Editura S. Chand & Company, 1997. ISBN 81-219-1151-5.

113. HARZER, J.H., SOUZA, A., GRUZ, J.A.W., DA VEIGA, C.P. Probabilistic Approach to the MARR/IRR Indicator to Assess Financial Risk in Investment Projects. *International Research Journal of Finance and Economics*, 2016, no. 144, pp. 131-146, ISSN 1450-2887.
114. **GHETMANCENCO, S.** Evaluation of the economic efficiency of investment projects in informatization through the method of computer simulation. In: *Development through Research and Innovation – IDSC-2024*, intern. sci. conf., Vth Edition, August 23 2024. - Chişinău: SEP ASEM, 2024. - pp. 124-130. ISBN 978-9975-167-76-5. <https://scldoct.ase.md/idsc/> (accesat 24.12.2024).
115. BOLUN, I., GHETMANCENCO, S. Efficiency indices of investment in IT projects with equal lives. *Journal of Social Sciences*, Vol. V(3), no. 3 (2022), pp. 105-120. ISSN 2587-3490.
116. DOGAN, M., PELASSY, D. Comparing Nations: Concepts, Strategies, Outcomes. *Westview Press*, 1990. ISBN 0813323680.
117. IRANI, Z., LOVE, P. E. D. Evaluating the impact of information technology investments on organizational performance. *International Journal of Project Management*, 26(3), 2008, pp. 185-194.
118. KUMAR, V., & BEST, P. Measuring the impact of IT investments on firm performance: A comprehensive review and framework for future research. *Journal of Information Technology*, 2006, 21(2), pp. 138-152.
119. HENDERSON, J. C. VENKATRAMAN, N. Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations. *IBM Systems Journal*, 1993, 32(1), pp. 4-16.
120. PATEL, N., Irani, Z. Evaluating information technology in dynamic environments: a focus on tailorable information systems. *Logistics Information Management*, 1999, Vol. 12, pp. 32-39.
121. **GHETMANCENCO, S.,** NASTAS V. Methods of evaluation of the economic effect in mobile application development projects. In: *Development through Research and Innovation – 2020*, conf. ştiinţ. intern., Ediţia I, 28 august 2020. - Chişinău: Editura ASEM, 2021. - pp. 17-27. ISBN 978-9975-155-03-8. <http://irek.ase.md:80/xmlui/handle/1234567890/1317> (accesat 29.06.2022).
122. PARETO, V. *Cours d'Economie Politique*. Geneva: Droz, 1896.
123. *Guide to Understanding the Total Impact of Fraud, February 2020*. International Public Sector Fraud Forum. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/866608/2377_The_Impact_of_Fraud_AW_4_.pdf (accesat 12.02.2020).
124. EDGE, C. G., IRVINE, V. B. *A Practical Approach to the Appraisal of Capital Expenditures (2nd ed.)*. - Hamilton: Society of Management Accountants of Canada, 1981.
125. COPELAND, T., KOLLER, T., MURRIN, J. *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*. - John Wiley & Sons, 2000.
126. BOLUN, I., **GHETMANCENCO, S.,** NASTAS, V. Efficiency indices of investment in IT projects with unequal lives. *SWorldJournal*, 12(1), 2022, pp. 16-34, ISSN 2663-5712.

127. BOLUN, I., **GHETMANCENCO, S.**, NASTAS, V. Equivalent annual value method's influence on the selection of IT investment projects. *Journal of Business and Economics*, October 2022, Vol. 13, No. 10, pp 555-569. ISSN 2155-7950.
128. *WACC in the real world*. *WallStreetPrep*, <https://www.wallstreetprep.com/knowledge/wacc-weighted-average-cost-capital-formula-real-examples/> (accesat 18.01.2022).
129. *KPMG Cost of Capital Study 2021*. KPMG, <https://home.kpmg/de/en/home/insights/2021/10/cost-of-capital-study-2021.html> (accesat 18.01.2022).
130. TURNEY, D. *Estimating WACC for Private Company Valuation: A Tutorial*. <https://www.toptal.com/finance/valuation/private-company-valuation#:~:text=A%20set%20of%20comparable%20companies%20and%20industry%20level%20data%20was,was%2010%25%20to%2012%25> (accesat 18.01.2022).
131. *Costs of Capital by Industry Sector - NYU Stern*. - New York: Stern School of Business at New York University, https://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/wacc.htm (accesat 18.01.2022).
132. SWILDENS, H. *The Venture Capital Risk and Return Matrix*. <https://www.industryventures.com/insight/the-venture-capital-risk-and-return-matrix/> (accesat 18.01.2022).
133. *Angel Returns Study*. <https://angelresourceinstitute.org/research/report.php?Report=101&name=2016%20Angel%20Returns%20Study> (accesat 18.01.2022).
134. *Internal Rate of Return (IRR) Guide*. - Property Club. <https://propertyclub.nyc/article/internal-rate-of-return-irr-guide> (accesat 18.01.2022).
135. COCHRAN, W. G. *Sampling techniques, 3rd ed.* - New York: John Wiley & Sons, 1977. – 442 p.
136. NASTAS, V. *Impactul aplicațiilor mobile asupra activităților de afaceri*. Teză de doctorat. Chișinău: ASEM, 2024. - 189 p.

A1. Aplicația informatică SIMINV

A1.1. Caracteristici generale

Aplicația informatică SIMINV implementează Algoritmii 2.1-2.21 (a se vedea Capitolul 2) de i-simulare a caracteristicilor aferente ale proiectelor informatice conform metodicii descrise în Secțiunea 3.1. Aplicația SIMINV este alcătuită în C++ Builder și este structurată în trei module: SIMINV-D,D ce realizează Algoritmii 2.1-2.7 (Problema 1 – proiecte informatice de durate egale); SIMINV-D1,D2 ce realizează Algoritmii 2.8-2.14 (Problema 2 – proiecte informatice de durate diferite); SIMINV-EAV ce realizează Algoritmii 2.15-2.21 (Problema 3 – determinarea influenței metodei EAV asupra deciziei de selectare a proiectului informatic). Aceste trei module au mai multe asemănări, inclusiv pentru duratei de execuție.

Fiecare din cele trei module este constituit din 105 componente-fișiere. Denumirile fișierelor-componente ale modulului SIMINV-D1,D2 sunt prezentate în Figura A1.1. Volumul total al modulului SIMINV-D,D este de 7,13 Mo, iar fișierul executabil al lui este pe 398688 linii de cod. Volumul total al modulului SIMINV-D1,D2 este de 7,49 Mo, iar fișierul executabil al lui este pe 399395 linii de cod. Volumul total al modulului SIMINV-EAV este de 7,68 Mo, iar fișierul executabil al lui este pe 399109 linii de cod.

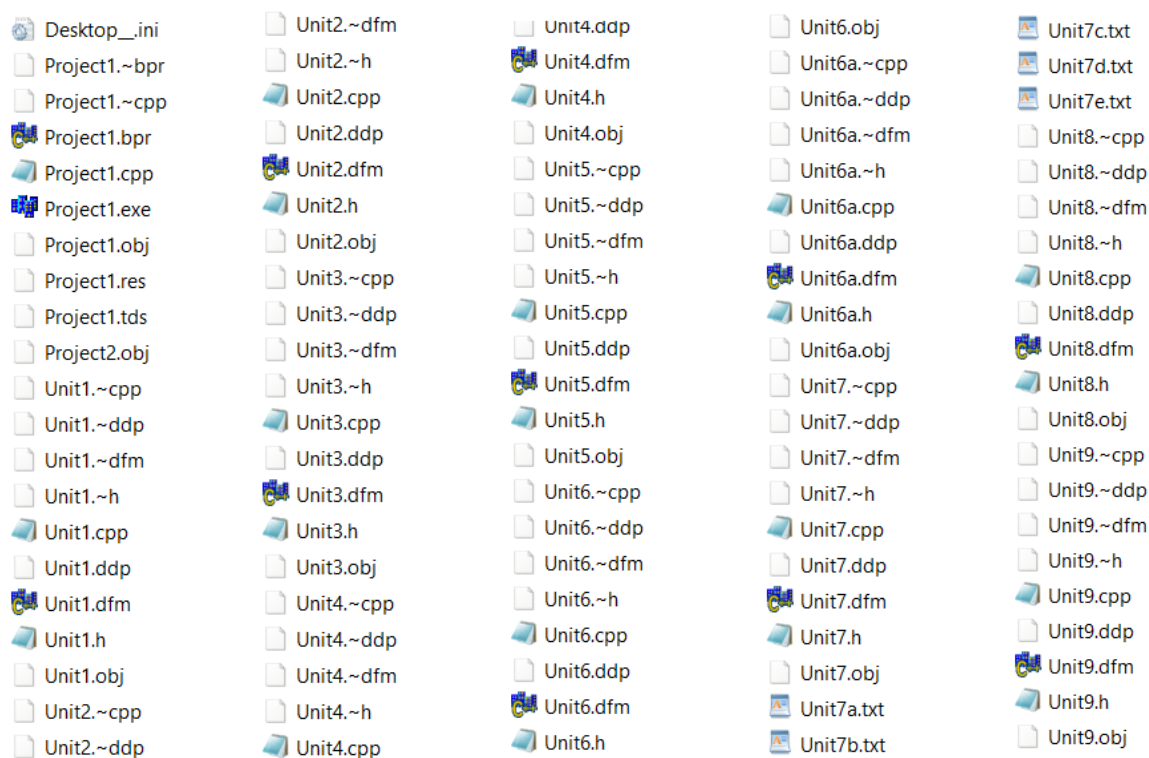


Figura A1.1. Cele 105 componente-fișiere ale modulului SIMINV-D1,D2.

A1.2. Interfețele de lucru

Interfețele de selectare a algoritmului de i-simulare necesar, pentru fiecare dintre cele trei module, SIMINV-D,D, SIMINV-D1,D2 și SIMINV-EAV, sunt prezentate în Figura A1.2. După cum se poate observa, în aceste trei interfețe este selectată, prin bifarea radiobutonului respectiv, lansarea i-simulării conform Algoritmilor 1.1 (Algoritmul 2.1 din Secțiunea 2.2.2), 2.1 (Algoritmul 2.8 din Secțiunea 2.3.2) și 3.1 (Algoritmul 2.15 din Secțiunea 2.4.2).

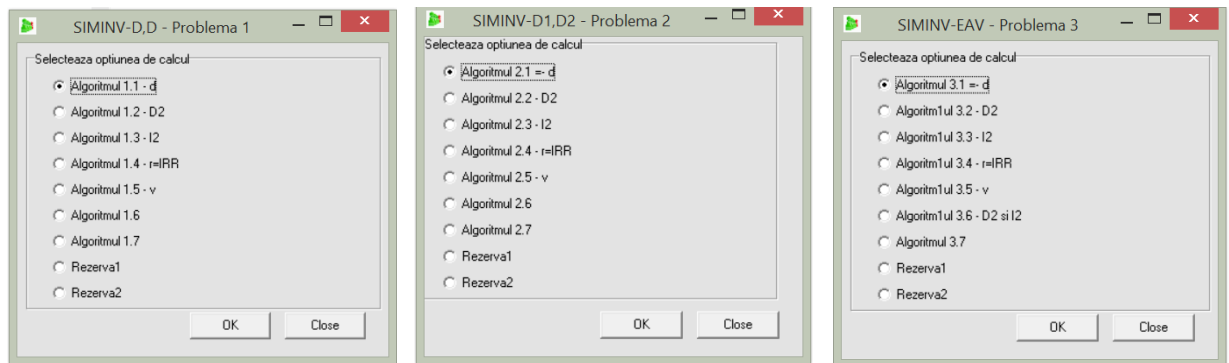


Figura A1.2. Interfețele de selectare a algoritmului de i-simulare dintre cei 21.

Interfața de introducere a datelor inițiale pentru Algoritmul 2.1 din Secțiunea 2.2.2 este prezentată în Figura A1.3a, iar rezultatele calculului respective – în Figura A1.3b.

a)

b)

K	N	esec	dIC3	diA4	nip	npvir	cnip	dC3	rC3	vC3	D1C3	D2C3	I1C3	I2C3
100000	10	7.5310	3.8435	32.0616	33.9941	32.0832	66.0059	0.050	0.20	0.50	5	5	1000.0	500.0
100000	10	8.9410	3.4077	30.8108	32.5130	30.8075	67.4870	0.060	0.20	0.50	5	5	1000.0	500.0

NPV1C3	NPV2C3	PI1C3	PI2C3	IRR1C3	IRR2C3	EANPV1C3	EANPV2C3	EARNPV1C3	EARNPV2C3	EAPI1C
422.8	181.7	1.423	1.363	0.202	0.209	96.240	47.417	0.329	0.315	98.1
405.4	199.7	1.405	1.399	0.202	0.209	96.240	47.417	0.334	0.332	98.1

K	N	esec	dIC4	diA4	nip	npvir	cnip	dC4	rC4	vC4	D1C4	D2C4	I1C4	I2C4
100000	10	7.5310	0.0000	32.0616	33.9941	32.0832	66.0059	0.050	0.20	0.50	5	5	1000.0	500.0
100000	10	8.9410	0.0000	30.8108	32.5130	30.8075	67.4870	0.060	0.20	0.50	5	5	1000.0	500.0

NPV1C4	NPV2C4	PI1C4	PI2C4	IRR1C4	IRR2C4	EANPV1C4	EANPV2C4	EARNPV1C4	EARNPV2C4	EAPI1
0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0

Figura A1.3. Interfața de introducere a datelor inițiale (a) și cea cu rezultatele calculului (b) pentru Algoritmul 2.1 din Secțiunea 2.2.2.

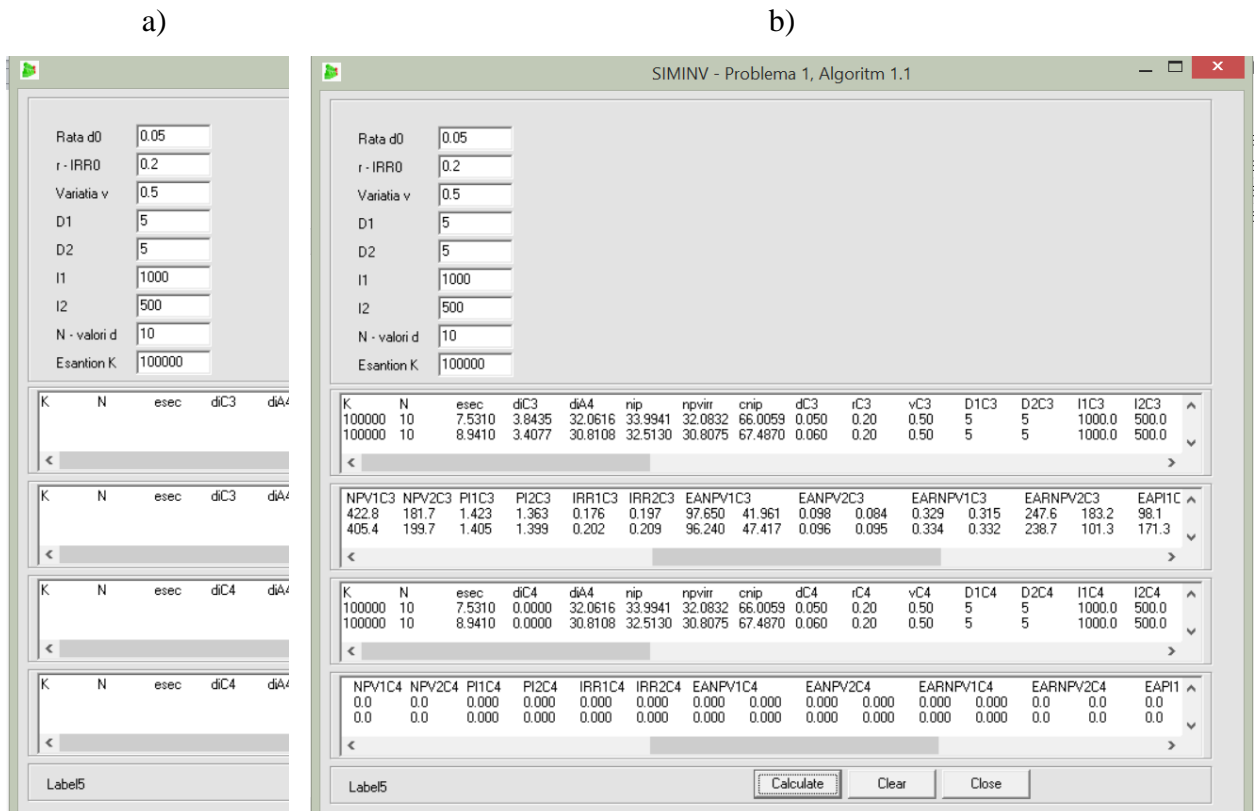


Figura A1.5. Interfața de introducere a datelor inițiale (a) și cea cu rezultatele calculului (b) pentru Algoritmul 2.15 din Secțiunea 2.4.2.

De menționat că interfața completă, atât de introducere a datelor inițiale, cât și cu rezultatele calculului pentru Algoritmul 2.15 din Secțiunea 2.4.2 este cea din Figura A1.5b, doar că rezultatele calculului se afișează doar după apăsarea butonului Calculate. De asemenea, Figura A1.5b prezintă doar o parte dintre rezultatele calculului. Aceasta se poate observa după barele de derulare verticală și orizontale respective.

A1.3. Fragmente de cod

Având în vedere volumul relativ mare al aplicației SIMINV, în această secțiune sunt prezentate doar unele fragmente de cod ale modului SIMINV-D1,D2. În cele ce urmează, fragmentele în cauză sunt izolate între ele prin șirul de caractere „-----”.

```

/ Problema 1 - valoare aleatoare pentru g, iar D1 si D2 diferite -----
#include <vcl.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
#pragma hdrstop
#include "Unit2.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TSAIgoritm11 *SAIgoritm11;
//-----

```



```
__fastcall TAlgorithm11::TAlgorithm11(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
```

Memo1->Lines-

```
>Text=AnsiString("K")+\"t\"+\"N\"+\"t\"+\"esec\"+\"t\"+\"diC3\"+\"t\"+\"diA4\"+\"t\"+\"diA4ea\"+\"t\"+\"npvirr\"+\"t\"+\"npvirrea\"+\"t\"+\"dC3\"+
+\"t\"+\"rC3\"+\"t\"+\"vC3\"+\"t\"+\"D1C3\"+\"t\"+\"D2C3\"+\"t\"+\"I1C3\"+\"t\"+\"I2C3\"+\"t\"+\"NPV1C3\"+\"t\"+\"NPV2C3\"+\"t\"+\"PI1C3\"+\"t\"+
+\"PI2C3\"+\"t\"+\"IRR1C3\"+\"t\"+\"IRR2C3\"+\"t\"+\"EANPV1C3\"+\"t\"+\"EANPV2C3\"+\"t\"+\"EARNPV1C3\"+\"t\"+\"EARNPV2C3\"+\"t\"+\"EA
PI1C3\"+\"t\"+\"EAPI2C3\"+\"t\"+\"CF1C3[1]\"+\"t\"+\"CF1C3[2]\"+\"t\"+\"CF1C3[3]\"+\"t\"+\"CF1C3[4]\"+\"t\"+\"CF1C3[5]\"+\"t\"+\"CF1C3[6]\"+
+\"t\"+\"CF1C3[7]\"+\"t\"+\"CF1C3[8]\"+\"t\"+\"CF1C3[9]\"+\"t\"+\"CF1C3[10]\";
```

Memo2->Lines-

```
>Text=AnsiString("K")+\"t\"+\"N\"+\"t\"+\"esec\"+\"t\"+\"diC3\"+\"t\"+\"diA4\"+\"t\"+\"diA4ea\"+\"t\"+\"npvirr\"+\"t\"+\"npvirrea\"+\"t\"+\"dC3\"+
+\"t\"+\"rC3\"+\"t\"+\"vC3\"+\"t\"+\"D1C3\"+\"t\"+\"D2C3\"+\"t\"+\"I1C3\"+\"t\"+\"I2C3\"+\"t\"+\"NPV1C3\"+\"t\"+\"NPV2C3\"+\"t\"+\"PI1C3\"+\"t\"+
+\"PI2C3\"+\"t\"+\"IRR1C3\"+\"t\"+\"IRR2C3\"+\"t\"+\"EANPV1C3\"+\"t\"+\"EANPV2C3\"+\"t\"+\"EARNPV1C3\"+\"t\"+\"EARNPV2C3\"+\"t\"+\"EA
PI1C3\"+\"t\"+\"EAPI2C3\"+\"t\"+\"CF2C3[1]\"+\"t\"+\"CF2C3[2]\"+\"t\"+\"CF2C3[3]\"+\"t\"+\"CF2C3[4]\"+\"t\"+\"CF2C3[5]\"+\"t\"+\"CF2C3[6]\"+
+\"t\"+\"CF2C3[7]\"+\"t\"+\"CF2C3[8]\"+\"t\"+\"CF2C3[9]\"+\"t\"+\"CF2C3[10]\";
```

Memo3->Lines-

```
>Text=AnsiString("K")+\"t\"+\"N\"+\"t\"+\"esec\"+\"t\"+\"diC4\"+\"t\"+\"diA4\"+\"t\"+\"diA4ea\"+\"t\"+\"npvirr\"+\"t\"+\"npvirrea\"+\"t\"+\"dC4\"+
+\"t\"+\"rC4\"+\"t\"+\"vC4\"+\"t\"+\"D1C4\"+\"t\"+\"D2C4\"+\"t\"+\"I1C4\"+\"t\"+\"I2C4\"+\"t\"+\"NPV1C4\"+\"t\"+\"NPV2C4\"+\"t\"+\"PI1C4\"+\"t\"+
+\"PI2C4\"+\"t\"+\"IRR1C4\"+\"t\"+\"IRR2C4\"+\"t\"+\"EANPV1C4\"+\"t\"+\"EANPV2C4\"+\"t\"+\"EARNPV1C4\"+\"t\"+\"EARNPV2C4\"+\"t\"+\"EA
PI1C4\"+\"t\"+\"EAPI2C4\"+\"t\"+\"CF1C4[1]\"+\"t\"+\"CF1C4[2]\"+\"t\"+\"CF1C4[3]\"+\"t\"+\"CF1C4[4]\"+\"t\"+\"CF1C4[5]\"+\"t\"+\"CF1C4[6]\"+
+\"t\"+\"CF1C4[7]\"+\"t\"+\"CF1C4[8]\"+\"t\"+\"CF1C4[9]\"+\"t\"+\"CF1C4[10]\";
```

Memo4->Lines-

```
>Text=AnsiString("K")+\"t\"+\"N\"+\"t\"+\"esec\"+\"t\"+\"diC4\"+\"t\"+\"diA4\"+\"t\"+\"diA4ea\"+\"t\"+\"npvirr\"+\"t\"+\"npvirrea\"+\"t\"+\"dC4\"+
+\"t\"+\"rC4\"+\"t\"+\"vC4\"+\"t\"+\"D1C4\"+\"t\"+\"D2C4\"+\"t\"+\"I1C4\"+\"t\"+\"I2C4\"+\"t\"+\"NPV1C4\"+\"t\"+\"NPV2C4\"+\"t\"+\"PI1C4\"+\"t\"+
+\"PI2C4\"+\"t\"+\"IRR1C4\"+\"t\"+\"IRR2C4\"+\"t\"+\"EANPV1C4\"+\"t\"+\"EANPV2C4\"+\"t\"+\"EARNPV1C4\"+\"t\"+\"EARNPV2C4\"+\"t\"+\"EA
PI1C4\"+\"t\"+\"EAPI2C4\"+\"t\"+\"CF2C4[1]\"+\"t\"+\"CF2C4[2]\"+\"t\"+\"CF2C4[3]\"+\"t\"+\"CF2C4[4]\"+\"t\"+\"CF2C4[5]\"+\"t\"+\"CF2C4[6]\"+
+\"t\"+\"CF2C4[7]\"+\"t\"+\"CF2C4[8]\"+\"t\"+\"CF2C4[9]\"+\"t\"+\"CF2C4[10]\";
```

```
//-----
void __fastcall TAlgorithm11::Button5Click(TObject *Sender)
{
```

```
int i,n,nm,t,dm1,dm2;
long int k,km,iesec,iC3,iC4,iA4,iA4ea,inpvirr,inpvirrea;
float d,d0,deltad,d1[11],d2,g1,g2,r,v,im1,im2;
float cf1min,cf1max,cf2min,cf2max,cf1[10],cf2[10],sumcf,esec,diC3,diC4,diA4,diA4ea,npvirr,npvirrea;
float npv1,npv2,irr,irrmin,irrmax,irr1,irr2,sum,sum1;
float crf,crf1,crf2,pi1,pi2,rnpv1,rnpv2;
float eanpv1,eanpv2,eapi1,eapi2,earnpv1,earnpv2;
float dC3=0,dC4=0,rC3=0,vC3=0,rC4=0,vC4=0,dm1C3=0,dm1C4=0,dm2C3=0,dm2C4=0;
float im1C3=0,im2C3=0,im1C4=0,im2C4=0;
float cf1C3[10],cf2C3[10],cf1C4[10],cf2C4[10];
float npv1C3=0,npv2C3=0,npv1C4=0,npv2C4=0;
float pi1C3=0,pi2C3=0,pi1C4=0,pi2C4=0,irr1C3=0,irr2C3=0,irr1C4=0,irr2C4=0;
float eanpv1C3=0,eanpv2C3=0,eanpv1C4,eanpv2C4,earnpv1C3,earnpv2C3;
float eanpv1C4=0,earnpv2C4=0,eapi1C3=0,eapi2C3=0,eapi1C4=0,eapi2C4=0;
double nn,var;
```

```
AnsiString to1;
AnsiString to2;
AnsiString to3;
AnsiString to4;
```

```
d=d0;
deltad=0.01;
for (n=1;n<=nm;n++)
{
```

```

for (k=1;k<=km;k++)
{
//4. Determinarea g1 si g2 -----
g1=r/(1.-pow(1.+r,-dm1));
g2=r/(1.-pow(1.+r,-dm2));
//5. Determinarea CF1min, CF1max, CF2min, CF2max si d1[t] si generarea CF1t si CF2t ---
cf1min=g1*im1*(1.-v);
cf1max=g1*im1*(1.+v);
cf2min=g2*im2*(1.-v);
cf2max=g2*im2*(1.+v);
// Determinarea d1[t] si generarea CF1t -----
d1[0]=1;
sumcf=0;
for (t=1;t<=dm1;t++)
{
d1[t]=d1[t-1]*(1+d);
var=double(random(1000000000));
var=var/1000000000.0;
cf1[t]=cf1min+var*(cf1max-cf1min);
sumcf=sumcf+cf1[t];
}
if(sumcf<=im1) // CF1[t] sunt prea mici -----
{
iesec=iesec+1;
goto Et9;
}
// Generarea CF2[t] -----
sumcf=0;
for (t=1;t<=dm2;t++)
{
var=double(random(1000000000));
var=var/1000000000.0;
cf2[t]=cf2min+var*(cf2max-cf2min);
sumcf=sumcf+cf2[t];
}
if(sumcf<=im2) // CF2[t] sunt prea mici -----
{
iesec=iesec+1;
goto Et9;
}
}

-----

// Determinarea IRR1 -----
irr=d0;
d2=1;
sum=-im1;
for (t=1;t<=dm1;t++)
{
d2=d2*(1+irr);
sum=sum+cf1[t]/d2;
}
if(sum<0)
{
irrmax=irr; // IRRmax este determinat -----
//Et12: // Determinarea IRRmin -----
irrmin=0.001;
d2=1;
sum=-im1;
for (t=1;t<=dm1;t++)
{
d2=d2*(1+irrmin);
sum=sum+cf1[t]/d2;
}
}

```

```

if(sum<0)
{
  iesec=iesec+1;      // IRRmin<=0 -----
  goto Et9;
}
else
{
  irrmin=irr; // IRRmin este determinat -----
              // Determinarea IRRmax -----
  irrmax=irrmin;
Et2:
  irrmax=2.*irrmax;
  d2=1;
  sum=-im1;
  for (t=1;t<=dm1;t++)
  {
    d2=d2*(1+irrmax);
    sum=sum+cf1[t]/d2;
  }
  if (sum>=0) goto Et2;
} // IRRmax este determinat -----
Et3: // Finalizarea determinarii IRR1 -----
irr1=(irrmin+irrmax)/2.;
d2=1;
sum=-im1;
for (t=1;t<=dm1;t++)
{
  d2=d2*(1+irr1);
  sum=sum+cf1[t]/d2;
}
sum1=sum;
if (sum1<0) sum1=-sum;
if (sum1>0.001)
{
  if (sum<0) irrmax=irr1;
  else irrmin=irr1;
  goto Et3;
}

```

```

Et9:
} //Final pentru k<=km

```

```

//Determinarea procentajului cazurilor iC3 si iC4
esec=100.0*float(iesec)/km;
nn=km-iesec;
diC3=100.0*float(iC3)/nn;
diC4=100.0*float(iC4)/nn;
diA4=100.0*float(iA4)/nn;
diA4ea=100.0*float(iA4ea)/nn;
npvirr=100.0*float(inpvirr)/nn;
npvirrea=100.0*float(inpvirrea)/nn;

```

```

//Iesirea de date -----

```

```

to1 = (""+AnsiString(km)+"\t"+nm+"\t"+FormatFloat("0.0000",esec)+"\t"+FormatFloat("0.0000",diC3)+
"\t"+FormatFloat("0.0000",diA4)+"\t"+FormatFloat("0.0000",diA4ea)+"\t"+FormatFloat("0.0000",npvirr)+
"\t"+FormatFloat("0.0000",npvirrea)+"\t"+FormatFloat("0.000",dC3)+"\t"+FormatFloat("0.00",rC3)+
"\t"+FormatFloat("0.00",vC3)+"\t"+dm1C3+"\t"+dm2C3+"\t"+FormatFloat("0.0",im1C3)+
"\t"+FormatFloat("0.0",im2C3)+"\t"+FormatFloat("0.0",npv1C3)+"\t"+FormatFloat("0.0",npv2C3)+
"\t"+FormatFloat("0.000",pi1C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",pi2C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",irr1C3)+
"\t"+FormatFloat("0.000",irr2C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",eanpv1C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",eanpv2C3)+
"\t"+FormatFloat("0.000",earnpv1C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",earnpv2C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",eapi1C3)+

```

```

        "\t"+FormatFloat("0.000",eapi2C3)+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[1])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[2])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[3])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[4])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[5])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[6])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[7])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[8])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[9])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C3[10])).c_str();
Memo1->Lines->Add(to1);

to2 = (""+AnsiString(km)+"\t"+nm+"\t"+FormatFloat("0.0000",esec)+"\t"+FormatFloat("0.0000",diC3)+
        "\t"+FormatFloat("0.0000",diA4)+"\t"+FormatFloat("0.0000",diA4ea)+"\t"+FormatFloat("0.0000",npvirr)+
        "\t"+FormatFloat("0.0000",npvirrea)+"\t"+FormatFloat("0.000",dC3)+"\t"+FormatFloat("0.00",rC3)+
        "\t"+FormatFloat("0.00",vC3)+"\t"+dm1C3+"\t"+dm2C3+"\t"+FormatFloat("0.0",im1C3)+
        "\t"+FormatFloat("0.0",im2C3)+"\t"+FormatFloat("0.0",npv1C3)+"\t"+FormatFloat("0.0",npv2C3)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",pi1C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",pi2C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",irr1C3)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",irr2C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",eanpv1C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",eanpv2C3)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",earnpv1C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",earnpv2C3)+"\t"+FormatFloat("0.000",eapi1C3)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",eapi2C3)+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[1])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[2])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[3])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[4])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[5])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[6])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[7])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[8])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[9])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C3[10])).c_str();
Memo2->Lines->Add(to2);

to3 = (""+AnsiString(km)+"\t"+nm+"\t"+FormatFloat("0.0000",esec)+"\t"+FormatFloat("0.0000",diC4)+
        "\t"+FormatFloat("0.0000",diA4)+"\t"+FormatFloat("0.0000",diA4ea)+"\t"+FormatFloat("0.0000",npvirr)+
        "\t"+FormatFloat("0.0000",npvirrea)+"\t"+FormatFloat("0.000",dC4)+"\t"+FormatFloat("0.00",rC4)+
        "\t"+FormatFloat("0.00",vC4)+"\t"+dm1C4+"\t"+dm2C4+"\t"+FormatFloat("0.0",im1C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.0",im2C4)+"\t"+FormatFloat("0.0",npv1C4)+"\t"+FormatFloat("0.0",npv2C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",pi1C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",pi2C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",irr1C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",irr2C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",eanpv1C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",eanpv2C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",earnpv1C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",earnpv2C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",eapi1C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",eapi2C4)+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[1])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[2])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[3])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[4])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[5])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[6])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[7])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[8])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[9])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf1C4[10])).c_str();
Memo3->Lines->Add(to3);

to4 = (""+AnsiString(km)+"\t"+nm+"\t"+FormatFloat("0.0000",esec)+"\t"+FormatFloat("0.0000",diC4)+
        "\t"+FormatFloat("0.0000",diA4)+"\t"+FormatFloat("0.0000",diA4ea)+"\t"+FormatFloat("0.0000",npvirr)+
        "\t"+FormatFloat("0.0000",npvirrea)+"\t"+FormatFloat("0.000",dC4)+"\t"+FormatFloat("0.00",rC4)+
        "\t"+FormatFloat("0.00",vC4)+"\t"+dm1C4+"\t"+dm2C4+"\t"+FormatFloat("0.0",im1C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.0",im2C4)+"\t"+FormatFloat("0.0",npv1C4)+"\t"+FormatFloat("0.0",npv2C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",pi1C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",pi2C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",irr1C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",irr2C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",eanpv1C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",eanpv2C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",earnpv1C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",earnpv2C4)+"\t"+FormatFloat("0.000",eapi1C4)+
        "\t"+FormatFloat("0.000",eapi2C4)+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[1])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[2])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[3])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[4])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[5])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[6])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[7])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[8])+
        "\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[9])+"\t"+FormatFloat("0.0",cf2C4[10])).c_str();
Memo4->Lines->Add(to4);

        d=d+deltad;
    } //Final pentru n<=nm
    } //Final pentru void
//-----
void __fastcall TAlgorithm11::Button6Click(TObject *Sender)
{
    Close();
}
//-----
}
//-----

```

Certificat de implementare “Trimaran”



Republica Moldova, mun. Chișinău, str. Miron Costin 17/2 bir. 520, Email: contact@trimaran.md

Nr. înregistrare: 01/29-08-24

Data: 29.08.2024

CERTIFICAT DE IMPLEMENTARE

în cadrul Întreprinderii Mixte Moldo-Romano-Franceze TRIMARAN S.R.L.

Prin prezenta, confirmăm că rezultatele tezei de doctorat a dnei Svetlana Ghetmancenco, intitulată „*Analiza comparativă a criteriilor de eficiență a investițiilor în informatizare*”, au fost implementate cu succes în cadrul companiei Trimaran, contribuind semnificativ la îmbunătățirea procesului decizional privind investițiile IT.

În cadrul companiei, a fost utilizată aplicația informatică *SIMINV* pentru a compara eficiența a două produse IT dezvoltate intern:

1. **TrimSecure** – o platformă de securizare și autentificare a accesului în sistemele instituțiilor publice.
2. **TrimFlow** – un sistem de management al proceselor de lucru pentru digitalizarea procedurilor administrative.

Aplicația *SIMINV* a fost utilizată pentru a analiza produsele informatice utilizând cele trei module **SIMINV-D,D**, **SIMINV-D1,D2** și **SIMINV-EAV**.

Astfel, sistemul informatic *SIMINV* s-a dovedit a fi un instrument deosebit de util pentru:

- ✓ Compararea obiectivă a rentabilității celor două produse IT, analizând multiple scenarii de implementare și exploatare.
- ✓ Evaluarea precisă a impactului financiar și economic al fiecărui proiect, oferind o bază solidă pentru decizii strategice.
- ✓ Identificarea soluției optime pentru alocarea resurselor, contribuind la optimizarea strategiilor investiționale ale companiei.

Datorită acestor cercetări, compania Trimaran va putea ajuta clienții care se confruntă cu incertitudini în procesul de selecție a soluțiilor IT. În situațiile în care aceștia nu sunt siguri ce produs să aleagă, analiza bazată pe *SIMINV* le va oferi criterii clare și obiective, facilitând luarea unei decizii informate.

TRIMARAN S.R.L.
Administrator,
Sergiu Gafton



Certificat de implementare “Via Scope”



Nr. înregistrare: VS-285/09

Data: 04.09.2024

CERTIFICAT DE IMPLEMENTARE

Biroul Istoriilor de Credit „Via Scope” este o companie specializată în furnizarea de instrumente moderne pentru evaluarea credibilității potențialilor clienți, având ca obiectiv principal reducerea nivelului de supraîndatorare a populației și eficientizarea izarea procesului decizional al instituțiilor financiare.

Pentru a gestiona eficient volumele mari de date colectate de la instituțiile de stat, Banca Națională și băncile comerciale, Biroul Istoriilor de Credit „Via Scope” implementează diverse proiecte investiționale informatice, dezvoltate atât de echipa sa IT, cât și în colaborare cu parteneri externi. Analiza comparativă a indicilor de eficiență a proiectelor informatice este esențială pentru procesarea rapidă și exactă a datelor, motiv pentru care a fost implementată metodologia elaborată în cadrul cercetării realizate de dna Svetlana Ghetmancenco.

Astfel, în cadrul analizei comparative, au fost utilizate toate modulele aplicației SIMINV, având în vedere că proiectele informatice analizate prezentau durate de implementare diferite. Aplicarea acestei metodologii a permis o evaluare obiectivă a proiectelor informatice deținute, facilitând luarea unei decizii strategice privind investiția în soluția informatică scontată. Implementarea aplicației SIMINV a permis Biroului Istoriilor de Credit „Via Scope” să adopte proiecte informatice eficiente, care îmbunătățesc acuratețea și viteza procesării datelor. Acest fapt contribuie la raționalizarea fluxurilor operaționale, reducerea riscurilor și consolidarea poziției companiei pe piața serviciilor financiare.

Toate modulele aplicației SIMINV au fost implementate în cadrul companiei. Totuși, având în vedere că proiectele de investiții în informatizare sunt, în general, de durate diferite, în practică sunt utilizate cu precădere modulele SIMINV-D1, D2 și SIMINV-EAV.

Cu respect,

**Administrator BIC „Via Scope” SRL
AFANASIUC Viorel**



BIC VIA SCOPE SRL, 1013600028924,
Birou al Istoriilor de Credit, licența CNPF nr. 000915,
mon. Chișinău, str. Alba Iulia, 75, tel. 067399415, info@viascope.md

Certificat de implementare “AUAI Criuleni”



Nr. înregistrare 21 din data 18.09.2024

ACT DE IMPLIMENTARE

În urma implementării rezultatelor cercetării realizate de dna Svetlana Ghetmancenco, pe tema „Analiza comparativă a criteriilor de eficiență a investițiilor în informatizare”, Asociația Utilizatorilor de Apă pentru Irigații (AUAI) „Criuleni” și alte AUAI din Republica Moldova, împreună cu autoarea cercetării și implementării, au reușit adoptarea metodologiei propuse pentru evaluarea și selecția celui mai eficient proiect investițional informatic, esențial în optimizarea proceselor operaționale și manageriale.

Pentru asigurarea componentei generale de evidență, management și raportare al AUAI, au fost implementate două sisteme informatice destinate procesului de activitate a AUAI și anume Sistemul informatic RegAUAI și Sistemul informatic WUAGIS. Acestea au fost analizate comparativ de către autor prin utilizarea aplicației SIMINV, cu modulele sale SIMINV-D,D, SIMINV-D1,D2 și SIMINV-EAV. Soluțiile software dezvoltate sunt aplicabile tuturor AUAI din Republica Moldova, asigurând eficientizarea proceselor operaționale.

În paralel cu aceste două sisteme, a fost dezvoltat și implementat sistemul informatic UMS, destinat unităților de monitorizare și supraveghere a AUAI. Autoarea cercetării, Svetlana Ghetmancenco, nu doar că a utilizat aplicația SIMINV în analiza comparativă a acestor sisteme, dar a avut un rol esențial în crearea și testarea acestora. Implicarea sa a început cu elaborarea caietului de sarcini, continuând cu testarea funcționalităților și finalizând cu darea în utilizare a sistemelor. Această abordare a permis o evaluare riguroasă a performanței și eficienței sistemelor informatice implementate.

Pentru automatizarea activităților esențiale ale asociației, inclusiv gestionarea cotizațiilor membrilor, evidența suprafețelor deținute, volumul de apă captat, suprafețele irigate și consumul de energie electrică, aplicația SIMINV a fost un element central al procesului de analiză comparativă. Aceasta a permis compararea proiectelor informatice și oferirea unei evaluări precise a beneficiilor financiare asociate implementării. Analiza s-a bazat pe indicatori financiari fundamentali – Valoarea Actualizată Netă (NPV), Rata Internă de Rentabilitate (IRR) și Indicele de Profitabilitate (PI) – asigurând o decizie obiectivă și orientată spre maximizarea eficienței investiționale.

Contribuția autorului a fost semnificativă în procesul de analiză comparativă a indicilor de eficiență a acestor sisteme informatice, demonstrând aplicabilitatea metodologiilor dezvoltate și validând soluțiile implementate pentru optimizarea activității AUAI.

Acest certificat de implementare este emis de una dintre Asociațiile Utilizatorilor de Apă pentru Irigații care au fost implicate în procesul de testare și validare a sistemelor informatice dezvoltate.

Stahi Liuba
Director executiv
AUAI Criuleni



DECLARATIA PRIVIND ASUMAREA RASPUNDERII
la teza de doctor cu titlul „ANALIZA COMPARATIVĂ A CRITERIILOR DE
EFICIENȚĂ A INVESTIȚIILOR ÎN INFORMATIZARE”,
autor Svetlana Ghetmancenco

Prin prezenta declarăm pe propria răspundere că:

1. Materialele prezentate în teza de doctor și rezumatele tezei sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice.

2. Teza de doctor și rezumatele tezei, plasate pe site-ul ANACEC, coincid cu versiunea pe hârtie ce urmează să fie depuse la ANACEC împreună cu dosarul pentru confirmarea titlului științific.

În contextul celor expuse, conștientizăm că, în caz contrar, urmează să suportăm consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Pretendentul la titlul științific:

Ghetmancenco Svetlana



Conducător de doctorat:

Bolun Ion



CURRICULUM VITAE

Svetlana GHETMANCENCO

INFORMAȚII PERSONALE



Chișinău, Republica Moldova, str. S.Radăuțeanu 9

+ (373) 069111968

sv_gh@yahoo.com

Sexul: feminin

Data nașterii: 09.09.1976,

Cetățenia: moldoveană

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

2019-prezent	Doctorand Academia de Studii Economice a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova
2001-2002	Master în Tehnologii Informaționale Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova
1994 – 1999	Diplomă de licență în statistică Academia de Studii Economice a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

EXPERIENȚĂ PROFESIONALĂ

03.02.2025 – prezent Academia de Studii Economice a Moldovei (bază)	Programist Sisteme informatice în cadrul Direcției Tehnologii Informaționale. Dezvoltarea și administrarea sistemelor informatice, asigurarea mentenanței, actualizarea aplicațiilor utilizate și îmbunătățirea infrastructurii IT a instituției.
01.09.2024 – prezent Academia de Studii Economice a Moldovei (ore)	Asistent universitar la , facultatea de Tehnologii Informaționale și Statistică Economică. Susținere de lecții de laborator la disciplinele „Programarea Calculatoarelor” și „Metode Criptografice”, cu scopul de a pregăti tineri specialiști în domeniu.
01.09.2024 – prezent "Alimvin CV SRL" (cumul)	Director financiar <ol style="list-style-type: none">1. Planificarea și monitorizarea bugetului companiei2. Coordonarea activităților financiare și pregătirea rapoartelor financiare3. Analiza performanței financiare și evaluarea riscurilor asociate4. Gestionarea fluxului de numerar5. Contribuția la dezvoltarea strategiilor financiare pe termen lung
17.07.2023 – 17.07.2024 "Chemomics International INC.", Filiala Washington, Chișinău.	Specialist în digitalizare al proiectului Future Technologies Activity (FTA). Cercetarea și evaluarea tehnologiilor digitale. Identificarea și propunerea de furnizori pentru Agrotek Arena. Supravegherea implementării sistemelor digitale și colaborarea cu Agenția pentru Dezvoltarea și Modernizarea Agriculturii (ADMA). Gestionarea și analiza datelor. Organizarea de sesiuni de instruire și ateliere de lucru pentru a educa fermierii și părțile interesate cu privire la utilizarea instrumentelor și tehnologiilor digitale. S.a
05.12.2022 – 30.06.2023 "Chemomics International INC.", Filiala Washington, Chișinău.	Consultant pentru Programul de Transformare Digitală a Agriculturii în parteneriat cu Agenția pentru Dezvoltarea și Modernizarea Agriculturii (ADMA) Identificarea și colaborarea cu experți în IoT, TIC și tehnologii digitale pentru agricultură, pentru integrarea soluțiilor digitale și dezvoltarea serviciilor și produselor locale pentru companiile agricole moldovenești.
2016 – 2022	Consultant în sisteme informatice Instruire, consultanță și consiliere în stabilirea ordinii, periodicității și elaborării rapoartelor folosind baza de date SIA REGAUI (Registrul utilizatorilor și proprietarilor)

**Sustainable Development
Account Moldova (SDA
Moldova)**

din zona CSI a UAM). Testarea noilor cerințe funcționale din SIA "WUA GIS" și SIA "RegUMS".; Oferirea de sprijin consultativ AUI cu privire la modul de utilizare a modului UMS și posibilitatea de a raporta către UMS. Instruirea reprezentanților UMS cu privire la modul de adăugare a informațiilor la SIA "RegUMS", precum și la posibilitățile de prelucrare și analiză managerială a informațiilor colectate de la AUI.

**2018 – 2022
Universitatea Tehnică a
Moldovei**

Lector universitar la, facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică

Formarea specialiștilor în domeniile sistemelor și calculatoarelor, electronicii și comunicațiilor, esențiale pentru societatea informațională. Elaborarea suportului didactic și actualizarea/perfecționarea curriculelor. Discipline predate: Baze de date, Metode și modele matematice, Managementul datelor, Testare software.,

**1999 – 2018
Academia de Studii
Economice a Moldovei**

Lector universitar la, facultatea de Cibernetică Statistică și Informatică Economică.

Predare în domeniile sistemelor informaționale, electronicii și comunicațiilor, fundamentale pentru societatea informațională. Implicare în elaborarea suportului didactic și actualizarea programelor de învățământ. Discipline predate: Baze de date, Proiectarea sistemelor informatice, Cercetare operațională, Management de proiect IT, Testare software.,

**2013-2016
"Proiectul de reformă a
sectorului de irigații", o
componentă a programului
"MCC" "THVA"**

Consultant local Mott MacDonald

Contractată pentru a implementa proiectul de servicii de reformă a sectorului de irigații. Această componentă a avut ca scop înființarea, dezvoltarea și consolidarea Asociațiilor de Utilizatori de Apă și asigurarea transferului de management a 11 sisteme centralizate de irigare de la Guvernul Republicii Moldova. Acest proiect a făcut parte din Programul de tranziție către agricultură de înaltă valoare finanțat în cadrul Programului Compact de către US Millennium Challenge Corporation (MCC).

COMPETENTE PERSONALE

Competențe IT abilități de lucru

- SGBD: MS SQL Server, MySQL,
- Manager de proiect MS, Jira, Knime
- Muncă eficientă chiar și în condiții de stres.
- Capacitatea de a lucra într-un mediu de echipă.
- Motivată și orientată spre carieră

**PREGĂTIRE ÎN
STRĂINĂTATE**

1. În noiembrie 2023, am participat la expoziția Agritechnica din Hanovra, Germania, în perioada 12-18 noiembrie.
2. Martie 2003 2005 2015 Stagiul profesional în cadrul Academiei de Studii Economice din București, România.
3. Mai 2008 a participat la școala de vară pentru tineri cercetători organizată de Universitatea "Ioan Cuza", în Iași, România.
4. Iulie 2014 participarea la alt program Centrul Pomeranian de Consiliere Agricolă (Staroe Pole în Polonia) Dezvoltarea afacerilor non-agricole în zonele rurale ale Moldovei.
5. Septembrie 2014, a participat la proiectul "Creșterea competitivității prin sinergie umană în regiunea de frontieră", finanțat de Comisia Europeană prin Instrumentul European de Vecinătate și Parteneriat, în cadrul Programului Operațional Comun România – Ucraina – Republica Moldova 2007-2013. Tema sesiunii de instruire:

