

STUDIUL VARIANTEI OPTIME DE SPORIRE A CAPACITĂȚII DE CIRCULAȚIE A SECȚIILOR FERROVIARE CARE TRANZITEAZĂ CARPAȚII MERIDIONALI

Adrian Bituleanu

adrianbituleanu@yahoo.com

Compania Națională de Căi Ferate „CFR” S.A.

Rezumat: În această lucrare se studiază alternativele pe care le are Compania Națională de Căi Ferate „CFR” S.A. pentru suplimentarea capacității de circulație feroviară a secțiilor de circulație care traversează Carpații Meridionali. Decizia se impune ca urmare a trecerii prin România a două coridoare feroviare: coridorul IV (de la vest la est) și coridorul IX (de la sud la nord). Ambele coridoare traversează Carpații Meridionali.

Decidentul trebuie să analizeze alternativele tehnice care permit creșterea capacității de transport a acestor linii:

- o alternativă o reprezintă dublarea sau triplarea liniei de cale ferată existentă între București și Ploiești;
- cealaltă soluție constă în asigurarea circulației acestor trenuri pe Valea Oltului (București-Pitești-Rm. Vilcea-Sibiu).

Cuvinte cheie: alternativă, arbore de decizie, criteriu de evaluare, risc, scor.

Abstract: The paper presents a study of the choices of the Romanian Railway company „CFR” S.A. to supply the railroad capacity on the trans-Carpathian lines. This is a result of the development of two international railways: corridor IV (from west to east) and corridor IX (from north to south). Both corridors are breaking through the Meridional Carpathians Mountains.

The decider has to take into account some technical alternatives to increase the transportation flow capacity on these lines:

- one alternative is to multiply three or four times the capacity of the existent railroad lines between Bucharest and Ploiești.
- the other solution is to break through the Olt Valley (București-Pitești-Rm. Vilcea-Sibiu).

Key Words: choice, decision tree, assessment principle, risk, score.

1. Contextul apariției lucrării

În cadrul conferințelor internaționale, s-a stabilit ca România să fie traversată de două coridoare feroviare: coridorul IV (de la vest la est) și coridorul IX (de la sud la nord) pe rutele: Curtici - Arad - Deva - Alba Iulia - Blaj - Brașov - Ploiești - București - Constanța, respectiv Giurgiu - București - Ploiești - Bacău - Pașcani - Iași. Această decizie va determina o creștere substanțială a traficului feroviar pe ruta București-Ploiești, necesitând sporirea capacității de transport a acestei secții de circulație prin „triplarea liniilor” (ca primă urgență) și chiar „cvadruplarea liniilor” (ca măsură de aplicat pe termen lung).

O primă soluție viabilă de reducere a creșterii traficului pe acest sector feroviar ar putea fi aceea a asigurării circulației trenurilor pe încă o cale de trecere a Carpaților Meridionali, respectiv pe tronsonul de circulație existent pe Valea Oltului (pe ruta București - Pitești - Piatra Olt - Rm. Vilcea - Sibiu). Acest tronson este în exploatare, dar nivelul său actual de înzestrare tehnică este inferior celui de pe Valea Prahovei. Un alt dezavantaj este acela că, între stațiile CFR Pitești și Rm. Vilcea, transportul feroviar se poate efectua numai pe relația Pitești - Slatina - Piatra Olt - Rm. - Vilcea, lungimea traseului dintre cele două stații fiind mult mai mare decât distanța geografică dintre cele două orașe.

Totuși, secția de circulație feroviară existentă pe Valea Oltului prezintă un mare avantaj din punct de vedere energetic deoarece traseul are o altitudine maximă de 390 metri (față de 1050 metri pe Valea Prahovei), rampele existente fiind de maximum 10‰ (spre deosebire de rampele existente pe Valea Prahovei care sunt de până la 28‰).

Evident, soluția este aceea a finalizării tronsonului de cale ferată care să lege orașele Pitești și Rm. Vilcea, respectiv dintre stațiile CFR Vilcele - Bujoreni Vilcea (reprezentată în figura 2 cu linie roșie). Deși lungimea acestei secții de circulație este de numai 39 de kilometri, lucrările la acest tronson au fost întrerupte în anul 1990 din lipsă de fonduri, investiția necesitând lucrări de consolidare a lucrărilor de artă, viaductelor, tunelurilor etc. (ca urmare a faptului că terenul este foarte instabil în zona geografică respectivă).

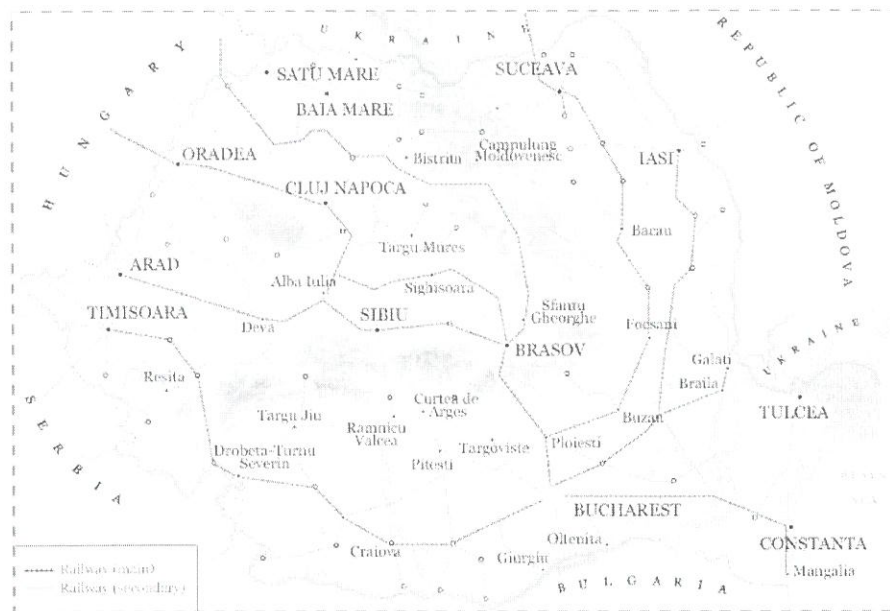


Figura 1. Schema rețelei feroviare din România

O altă variantă care poate fi analizată a fost propusă, după verificarea pe teren, de către un inginer care a lucrat peste 20 de ani în domeniul investițiilor feroviare, actualmente pensionar C.F.R., domnul Dumitru Ciocoreanu [3]. Această variantă presupune realizarea unei nou tronson de cale ferată care să lege orașele Pitești și Rm. Vilcea prin construirea unei secții de circulație între stațiile CFR Bradu de Sus și Ionești - Vilcea (reprezentată în figura 2 cu linie albastră). Acest nou traseu are o lungime de circa 50 km, cu 11 km mai mult decât celălalt tronson, dar cu avantaje mari în privința costurilor construcției și întreținerii acesteia, ca urmare a unei bune stabilități a terenului.

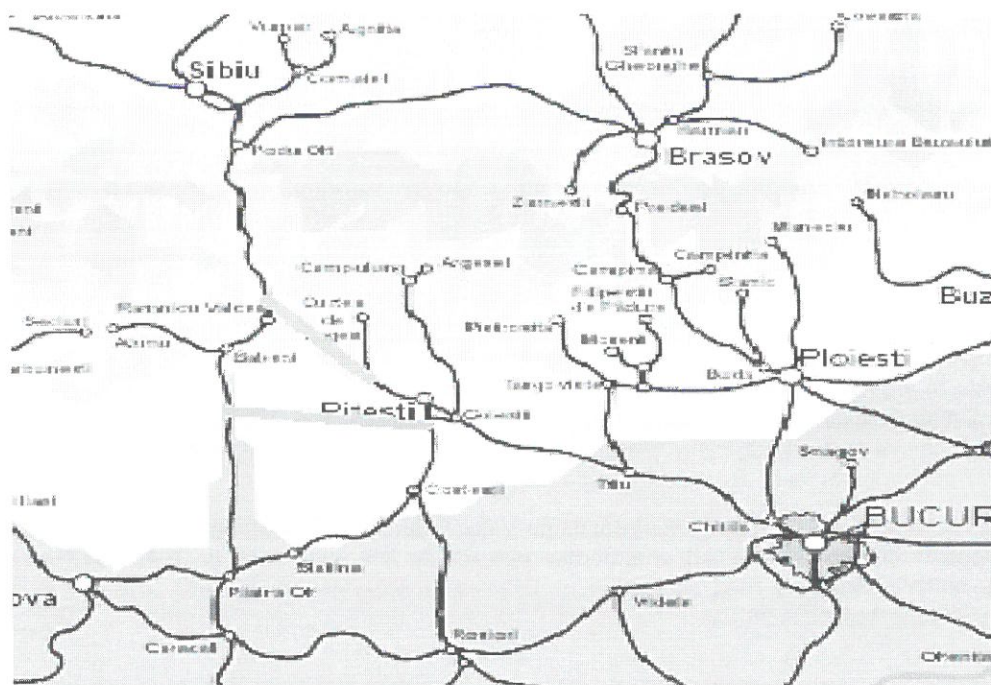


Figura 2. Schema porțiunilor de rețea feroviară analizate

În acest studiu, se vor efectua două analize distincte ale alternativelor prezentate mai sus. Prima analiză va fi una de tip determinist, luând în calcul trei variante și cinci criterii de evaluare.

Cea de-a doua analiză va fi una probabilistică și se va efectua cu ajutorul aplicației informatice „Palisade”. În cadrul acesteia, se vor analiza cele trei variante mai sus menționate precum și o altă variantă „mixtă” (care presupune realizarea în două etape a lucrărilor pe secția de circulație București-Ploiești).

În urma rezultatelor obținute, se va alege varianta optimă.

2. Cazul determinist - metoda SMARTS

2.1. Prezentare

În acest capitol, se prezintă metoda SMARTS și modul ei de aplicare în cazul determinist de luare a deciziilor.

Pentru aplicarea acestei metode, se vor stabili alternativele și criteriile de decizie, ținând cont de condițiile de aplicare ale metodei SMARTS, după care se va elabora tabela consecințelor. Calculul funcțiilor de utilitate, necesare luării deciziei, se va face prin scalarea, normalizarea și ponderarea scorurilor din tabela consecințelor. Alternativa optimă este considerată cea care determină valoarea cea mai mare a funcției de utilitate.

2.2. Condiții de aplicare

În cazul considerat, sunt îndeplinite toate condițiile impuse pentru aplicarea metodei SMARTS, și anume:

- problema trebuie să aibă mai multe obiective care pot fi conflictuale;
- trebuie să fie cunoscute obiectivele și alternativele;
- trebuie să fie disponibile scorurile și nivelurile (consecințele) alternativelor;
- pot să existe incertitudini privind consecințele alegerii unei alternative.

2.3. Stabilirea alternativelor și a criteriilor de decizie

Pentru stabilirea criteriilor de decizie, se vor studia alternativele actuale și potențiale și se vor alege criteriile de evaluare ținând cont de avantajele și dezavantajele pe care le prezintă alternativele.

Pentru asigurarea capacității necesare de circulație se va efectua comparația între următoarele alternative:

- A1 - cvadruplarea liniilor de pe secția de circulație București-Ploiești;
- A2 - finalizarea lucrărilor la secția de circulație Vilcele – Bujoreni Vilcea și reabilitarea corespunzătoare a secțiilor de circulație aferente acestora (dublarea porțiunilor de linie simplă, electrificarea acestora etc.);
- A3 – construcția unei noi secții de circulație Bradu de Sus - Ionești Vilcea și reabilitarea corespunzătoare a secțiilor de circulație aferente acestora (dublarea porțiunilor de linie simplă, electrificarea acestora etc.).

Criteriile care vor fi luate în calcul sunt următoarele:

- CE1 - costul total al lucrării;
- CE2 - durata executării lucrării;
- CE3 - consumuri energetice în exploatare (cheltuieli de transport considerate pentru un tren etalon);
- CE4 - gradul de asigurare a regularității circulației trenurilor;
- CE5 – cheltuieli de exploatare a secției.

2.4. Tabela consecințelor

Lista consecințelor, conform alternativelor analizate și a criteriilor de evaluare stabilite anterior, este prezentată în tabelul 1.

În cazul determinist, elementele matricei consecințelor conțin scorurile (sau nivelurile atributelor) s_{ij} ($i=1, 2, \dots, n_a$; $j = 1, 2, \dots, n_c$), corespunzătoare celor n_a alternative A_i (rândurile matricei), măsurate sau evaluate în funcție de cele n_c criterii de evaluare, CE_j (coloanele matricei).

Criteriile sunt marcate cu două semne distincte:

- semnul ▲ indică o căutare a valorii maxime (criteriu de maximizare);
- semnul ▼ indică o căutare a valorii minime (criteriu de minimizare).

Funcțiile de utilitate se calculează prin adunarea scorurilor fiecărei alternative în raport cu criteriile de evaluare.

Tabelul 1. Tabela consecințelor cu valorile inițiale

Alternative	Criterii de evaluare (CE)				
	CE1 : Costul lucrării [mil.€] ▼ [30; 60]	CE2 : Durata lucrării [luni] ▼ [30; 48]	CE3 : Cheltuieli de transport specifice [€] ▼ [3000; 4400]	CE4 : Regularitatea circulației ▲ [6; 9]	CE5 : Cheltuieli exploatare [mil €/an] ▼ [1,6; 1,8]
A1 : Cvadruplare linii București – Ploiești	40	30	4400	9	1,6
A2 : Finalizare tronson Vilcele-Bujoreni	30	36	3500	6	1,8
A3 : Construcție tronson Bradu de Sus - Ionești	60	48	3000	6	1,75

În cazul studiat, valorile funcțiilor de utilitate vor fi:

$$F_u(A1) = 4480,6; \quad F_u(A2) = 3573,8; \quad F_u(A3) = 3615,75.$$

2.5. Scalarea

Scalarea reprezintă o metodă care se aplică în scopul omogenizării matricei consecințelor și a sensurilor preferințelor criteriilor de evaluare.

Scalarea elementelor matricei din tabelul 1 presupune ca acestea să aibă valori în intervalul [0,10].

Prin scalare, se vor obține scorurile din tabelul 2, în acest caz valorile funcțiilor de utilitate devenind:

$$F_u(A1) = 22; \quad F_u(A2) = 17,9; \quad F_u(A3) = 21,55.$$

Tabelul 2. Tabela consecințelor cu valorile scalate

Alternative	Criterii de evaluare (CE)				
	CE1: Costul lucrării [mil. €] ▼ [3; 6]	CE2: Durata lucrării [luni] ▼ [3; 4,8]	CE3: Cheltuieli de transport specifice [€] ▼ [3; 4,4]	CE4: Regularitatea circulației ▲ [6; 9]	CE5: Cheltuieli exploatare [mil. €/an] ▼ [1,6; 1,8]
A1: Cvadruplare linii București – Ploiești	4,00	3,0	4,4	9	1,6
A2 : Finalizare tronson Vilcele - Bujoreni	3,00	3,6	3,5	6	1,8
A3: Construcție tronson Bradu de Sus - Ionești	6,00	4,8	3,0	6	1,75

2.6. Normalizarea

Normalizarea constă în aducerea tuturor scorurilor alternativelor în aceeași plajă de variație, care este:

$$\Delta_j = s_{Mj} - s_{mj} \quad (1)$$

Valorile consecințelor normalizate se calculează cu relațiile (2) sau (3) – după caz:

$$r_{ij} = \frac{s_{Mj} - s_{ij}}{\Delta_j}, \quad (\text{în cazul minimizării}) \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{s_{ij} - s_{mj}}{\Delta_j}, \quad (\text{în cazul maximizării}) \quad (3)$$

Aplicând normalizarea valorilor din tabelul II se vor obține valorile din tabelul 3.

Tabelul 3. Tabela consecințelor cu valorile normalizate

Alternative	Criterii de evaluare (CE)					F _u	Loc
	CE1: Costul lucrării [mil. €] ▼ [3; 6]	CE2: Durata lucrării [luni] ▼ [3; 4,8]	CE3: Cheltuieli de transport specifice [€] ▼ [3; 4,4]	CE4: Regularitate a circulației ▲ [1; 10]	CE5: Cheltuieli exploatare [mil. €/an] ▼ [1,6; 1,8]		
A1: Cvadruplare linii București - Ploiești	0,67	1	0	1	1	3,67	I
A2: Finalizare tronson Vilcele - Bujoreni	1	0,67	0,64	0	0	2,31	II
A3: Construcție tronson Bradu de Sus - Ionești	0	0	1	0	0,25	1,25	III

2.7. Ponderarea

În cazul ponderării, funcția de utilitate se calculează cu relația:

$$F_u(A_j) = \frac{1}{n_c} \sum_{j=1}^{n_c} w_j r_{ij}, \quad \text{cu} \quad \sum_{j=1}^{n_c} w_j = 1 \quad (4)$$

unde w_j reprezintă coeficientul de importanță al criteriului de evaluare.

Pentru stabilirea coeficienților de importanță w_j vom considera că:

$$w_5 = x; \quad w_1 = 4w_5 = 4x; \quad w_2 = 2w_5 = 2x; \quad w_3 = 3w_5 = 3x; \quad w_4 = 1,5w_5 = 1,5x.$$

Rezolvând ecuația rezultată din relația anterioară (4) se obțin valorile:

$$x = 0,087; \quad w_1 = 0,348; \quad w_2 = 0,174; \quad w_3 = 0,261; \quad w_4 = 0,130; \quad w_5 = 0,087.$$

Funcțiile de utilitate devin:

$$F_u(A_1) = 0,125; \quad (\text{loc II}); \quad F_u(A_2) = 0,126; \quad (\text{loc I}); \quad F_u(A_3) = 0,057; \quad (\text{loc III})$$

2.8. Rezultate

Conform rezultatelor obținute, alternativa optimă calculată cu metoda deterministă este varianta A₂, fiind indicat să se finalizeze lucrările la tronsonul de cale ferată Vilcele - Bujoreni Vilcea.

3. Cazul probabilist - metoda arborilor de decizie

3.1. Prezentare

În majoritatea cazurilor, procesul decizional este foarte mult influențat de decidentul uman prin metoda aleasă de acesta, obiectivele și criteriile luate în calcul și chiar prin subiectivismul său.

Din aceste considerente, vom aborda în continuare același proces decizional prezentat anterior atât prin schimbarea metodei de alegere, cât și schimbând, într-o oarecare măsură, obiectivele și criteriile folosite.

Se va porni de la stabilirea alternativelor și criteriilor de decizie, continuând cu estimarea valorilor medii ale parametrilor care influențează veniturile și cheltuielile fiecărei alternative. Software-ul „Palisade – Precision Tree 1.0 for Excell” va permite elaborarea arborelui de decizie, alegerea alternativei optime, analiza deciziei precum și analiza de sensibilitate a deciziei la variația datelor de intrare.

3.2. Stabilirea alternativelor și a criteriilor de decizie

În vederea asigurării capacității optime de circulație pe tronsonul București – Ploiești, se va efectua comparația între următoarele alternative:

- A1 - triplarea liniilor de pe secția de circulație București-Ploiești, ca o măsură de primă urgență, urmată de cvadruplarea liniilor;
- A2 - cvadruplarea liniilor de pe secția de circulație București-Ploiești (într-o singură etapă);
- A3 - finalizarea lucrărilor la secția de circulație Vilcele – Bujoreni Vilcea și a reabilitării corespunzătoare a secțiilor de circulație aferente acestora ;
- A4 – construcția unei noi secții de circulație Bradu de Sus - Ionești Vilcea și a reabilitării corespunzătoare a secțiilor de circulație aferente acestora.

Criteriile care vor fi luate în considerare sunt:

- costul investiției;
- profitul obținut de CN-CFR-S.A. ca urmare a alegerii fiecăreia dintre variante (prin darea în folosință de noi tronsoane de cale ferată se pot obține venituri și din alte surse (chirii pentru spații, tarife de staționare etc.).

3.3. Valori inițiale

Valorile medii estimate ale cheltuielilor și veniturilor pentru fiecare dintre alternativele studiate sunt prezentate în tabelul 4. Studiul va fi efectuat pentru o perioadă de 25 ani din momentul finanțării și începerii lucrării, duratele estimate de executare a fiecărei lucrări fiind aceleași ca în capitolul anterior (tabelul 1).

Tabelul 4. Valorile medii estimate ale veniturilor și cheltuielilor

	Triplare linii București-Ploiești		Cvadruplare linii București-Ploiești		Finalizare lucrări Vilcele - Bujoreni		Construcție Bradu de Sus - Ionești	
	Trenuri de călători	Trenuri de marfă	Trenuri de călători	Trenuri de marfă	Trenuri de călători	Trenuri de marfă	Trenuri de călători	Trenuri de marfă
Taxa de utilizare a infrastructurii [€]	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00
Nr. trenuri/zi	6	12	10	20	16	32	16	32
Nr. km	59	59	59	59	39	39	50	50
Trenuri-km/zi	354	708	590	1,180	624	1,248	800	1,600
Venituri anuale din TUI [€]	1,421,310.00		2,368,850.00		2,505,360.00		3,212,000.00	
Venituri anuale din alte surse [€]	45,000.00		50,000.00		550,000.00		650,000.00	
Total venituri anuale [€]	1,466,310.00		2,418,850.00		3,055,360.00		3,862,000.00	
Cheltuieli exploatare secție [€/an]	1,000,000.00		1,600,000.00		1,800,000.00		1,750,000.00	
Profit anual [€]	466,310.00		818,850.00		1,255,360.00		2,112,000.00	

Deși durata de realizare a lucrării nu este considerată ca un criteriu distinct de evaluare, la elaborarea arborelui de decizie se va ține cont că valoarea veniturilor și cheltuielilor se modifică o dată cu finalizarea lucrării. Mai mult chiar, în cazul variantei A1, influența apare după doi ani (deoarece se încheie prima fază a lucrării - triplarea liniilor).

3.4. Rezultate

În baza datelor inițiale, s-a elaborat arborele de decizie cu ajutorul software-ului „Palisade – Precision Tree 1.0 for Excell”, așa cum este prezentat în anexa 1.

Cu același software s-a efectuat și analiza deciziei precum și analiza de sensibilitate atât în varianta bidimensională, cât și în cea tridimensională.

Se constată că, deși au fost luate în calcul altfel de criterii și sub o formă oarecum diferită, decizia optimă rămâne aceeași cu cea obținută la capitolul 2 - finalizarea lucrărilor începute la tronsonul de circulație Vâlcele – Bujoreni.

Analiza deciziei este prezentată în anexele 2, 3, 4 și 5.

Analiza de sensibilitate a fost efectuată pentru cazul în care variabilele de intrare (traficul mediu pentru fiecare secție de circulație considerată) au o variație de $\pm 25\%$.

Rezultatele analizei de sensibilitate în varianta bidimensională sunt prezentate în anexele 6, 7 și 8.

Rezultatele analizei de sensibilitate în varianta tridimensională sunt prezentate în anexele 9, 10, 11, 12, 13 și 14.

4. Concluzii

4.1. Rezultate obținute prin aplicarea ambelor metode

În capitolele anterioare, am determinat, prin două metode distincte, alternativa optimă pentru sporirea capacității de circulație a secțiilor care tranzitează Carpații Meridionali, constatându-se în ambele cazuri că aceasta constă în finalizarea lucrărilor întrerupte în anul 1990 la secția cale ferată Vâlcele - Bujoreni Vâlcea și modernizarea secțiilor aferente.

4.2. Analiza rezultatelor obținute prin aplicarea metodei SMARTS

Prin aplicarea metodei deterministe SMARTS, s-a constatat că alternativa mai sus menționată a obținut cea mai mare valoare a funcției de utilitate și, în mod evident, reprezintă varianta optimă.

Dacă analizăm scorurile din tabela 3, constatăm că alternativa a fost superioară celorlalte două la criteriul CE₁, iar la criteriile CE₄ și CE₅ a fost pe ultimul loc. Valoarea finală maximă se datorează valorii coeficienților de importanță care au avut valoare maximă în cazul criteriului CE₁ și valoare minimă în cazul criteriilor CE₄ și CE₅.

Putem afirma, așadar, că alternativa optimă nu este net superioară celorlalte două alternative dar, în raport cu coeficienții de importanță stabiliți pentru criteriile de evaluare considerate, reprezintă cea mai bună decizie.

4.3. Analiza rezultatelor obținute prin aplicarea metodei arborelui de decizie

Alegerea alternativei optime, analiza deciziei precum și analiza de sensibilitate atât în varianta bidimensională, cât și în cea tridimensională, s-au făcut folosind software-ul „Palisade – Precision Tree 1.0 for Excell”.

Se constată că, pentru perioada considerată de 25 de ani de la finanțare și începerea lucrărilor, varianta A₃ este optimă, chiar dacă aceasta nu permite sporirea rapidă a capacității de circulație, așa cum ar fi permis varianta A₁.

Pe de altă parte, analiza de sensibilitate efectuată pentru o variație a valorilor de intrare de 25 procente, arată că alternativa aleasă, A₃, rămâne optimă și nu este influențată de alternativele A₁ și A₂ (vezi Anexele 6 și 7). În schimb, decizia poate fi influențată de alternativa A₄, care are și cea mai mare valoare medie estimată a profitului anual (tabelul 4).

Diagrama „Tornado”, prezentată în anexa 8, arată că decizia este influențată numai de variantele A_3 și A_4 , celelalte două variante nefiind reprezentate pe diagramă din cauza faptului că nu influențează decizia. Se mai poate constata din aceeași diagramă că alternativa optimă, A_3 , are cea mai mare influență asupra deciziei.

Anexa 9 arată că, în plaja considerată, numai valori foarte mari ale traficului în varianta A_2 coroborate cu valori foarte mici ale traficului în varianta A_3 pot influența ca alternativa optimă să devină A_2 , în rest decizia fiind pentru A_3 .

Anexa 10 indică faptul că variațiile alternativelor A_1 și A_2 , în plaja de variație considerată, nu influențează decizia pentru varianta A_3 .

Anexa 11 arată că numai valori foarte mari ale traficului în varianta A_4 , coroborate cu valori foarte mici ale traficului în varianta A_3 ar putea influența decizia pentru varianta A_4 , în restul cazurilor varianta A_3 rămânând optimă.

Anexa 12 arată că numai valori foarte mari ale traficului în varianta A_4 , indiferent de valorile pe care le ia varianta A_1 , ar putea determina ca varianta A_4 să fie optimă, în restul cazurilor varianta A_3 rămânând optimă.

Anexa 13 indică faptul că varianta A_3 rămâne optimă, în plaja de variație considerată, indiferent de variațiile alternativelor A_1 și A_2 .

Anexa 14 arată că numai valori foarte mari ale traficului în varianta A_4 , coroborate cu orice valori în varianta A_2 determină ca varianta A_4 să reprezinte decizia optimă, în restul cazurilor aceasta fiind varianta A_3 .

4.4. Perspective

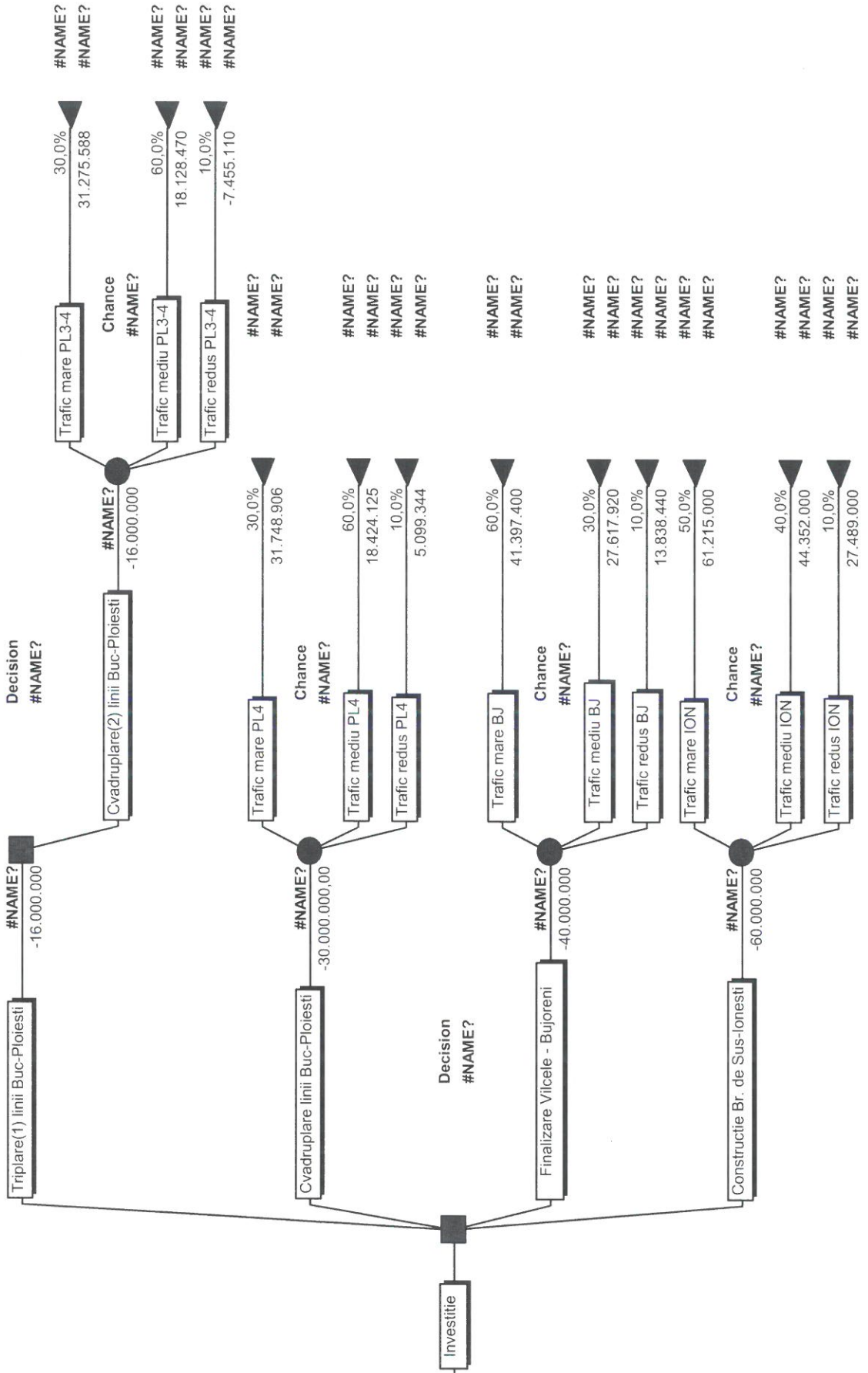
În baza datelor, alternativelor și a criteriilor folosite, se poate concluziona că alegerea alternativei A_3 reprezintă decizia optimă pentru cazul analizat dar, rezultatele fiind apropiate, studiul se poate efectua cu date cât mai precise și cu luarea în calcul a mai multor criterii.

O deosebită atenție ar putea fi acordată ultimei variante, cea a construirii unui nou tronson de cale ferată pe relația Bradu de Sus – Ionești Vilcea, caz în care s-ar putea analiza și un alt avantaj pe care această nouă secție de circulație l-ar presupune. Acest avantaj se referă la posibilitatea de realizare și a legăturii feroviare dintre stațiile CFR Alunu și Seciuri (o investiție preconizată înainte de anul 1990), legătură care ar permite o conexiune directă și cu secția de cale ferată care străbate Valea Jiului, secție care reprezintă, la rândul său, o altă cale de traversare feroviară a Carpaților Meridionali.

Bibliografie

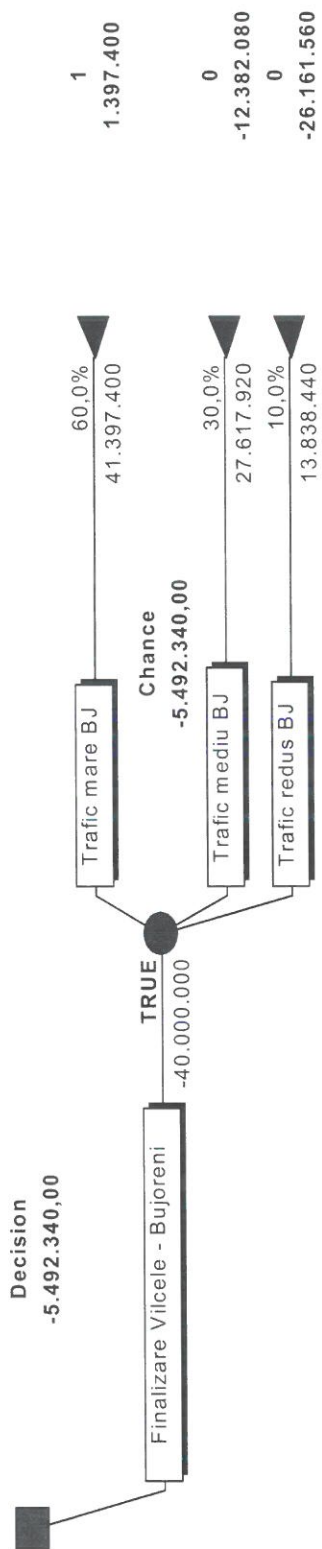
1. **FILIP, F. G.:** Decizie asistată de calculator – decizii, decidenți, metode și instrumente de bază, Editura Tehnică, București, 2002, 344 p.
2. **FILIP, F. G.:** Sisteme suport pentru decizii, Editura Tehnică, București, 2007, 364 p.
3. * * *: O posibilă legătură feroviară peste Munții Carpați” – <http://www.cfr.ro/JF/romana/0310/Carpati.htm> .
4. * * *: <http://www.palisade-europe.com/> .
5. ***: http://www.romaniatourism.com/map/romania_rail_map.gif .
6. ***: http://www.cfr.ro/CFR_new/Rom/1%20-%20Harta%20Rețelei%20CFR.pdf.

Anexa 1. Arborele de decizie pentru problema alegerii variantei de sporire a capacității de circulație feroviară.



Anexa 2. Alternativa optimă obținută cu metoda arborelui de decizie

Policy Suggestion for Investitie of Arbore decizie investitie CFR.xls



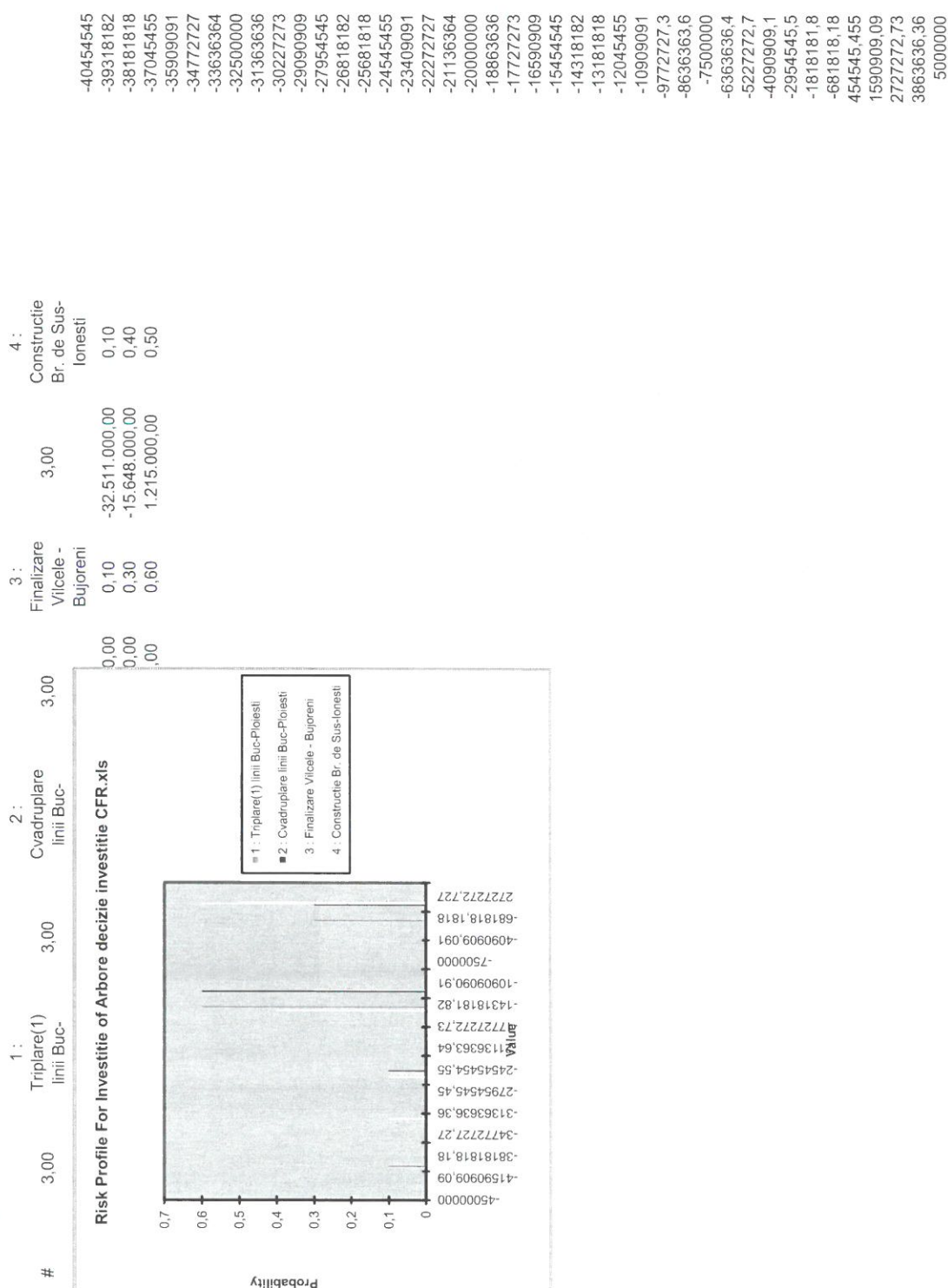
Anexa 3. Profilul de risc in cazul problemei alegerii variantei optime de sporire a capacitatii de circulatie

DEFAULT SCALING
 xMin -45000000 yMin 0
 xMax 100000000 yMax 0,7
 Intervals 44 yUnit 0,1

HISTOGRAM OF PROFILE DATA

Midpoint 1 : Triplare(2 : Cvadrupl 3 : Finalizar 4 : Construc
 -45000000 0 0 0
 -43863636 0 0 0
 -42727273 0 0 0
 -41590909 0 0 0

RAW PROFILE DATA

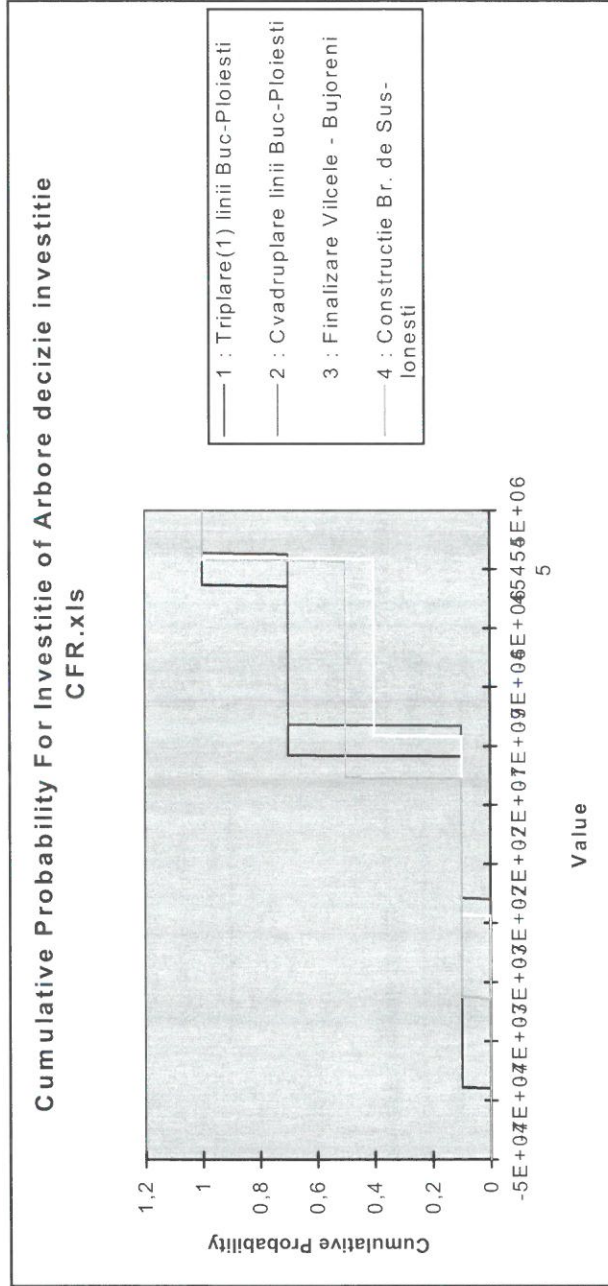


Anexa 4. Probabilitatea cumulată în cazul problemei alegerii variantei optime de sporire a capacității de circulație

DEFAULT SCALING
 xMin -45000000 yMin 0
 xMax 10000000 yMax 1,2
 Intervals 550 yUnit 0,2

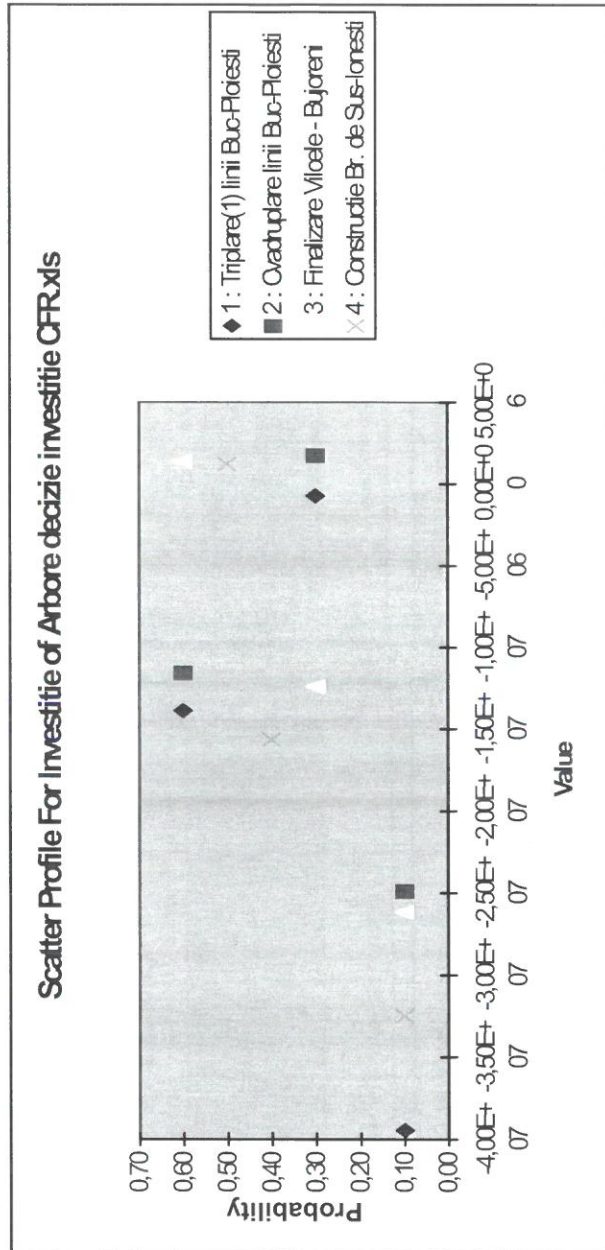
RAW PROFILE DATA

#	1 : Triplare(1) linii Buc- Ploiesti		2 : Cvadruplare linii Buc- Ploiesti		3 : Finalizare Viilele - Bujoreni		4 : Construcție Br. de Sus- Ionesti	
	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
1	-3,95E+07	0,10	-2,49E+07	0,10	-2,62E+07	0,10	-3,25E+07	0,10
2	-1,39E+07	0,60	-1,16E+07	0,60	-1,24E+07	0,30	-1,56E+07	0,40
3	-7,24E+05	0,30	1,75E+06	0,30	1,40E+06	0,60	1,22E+06	0,50



Anexa 5. Diagrama probabilităților în cazul problemei alegerii variantei optime de sporire a capacității de circulație

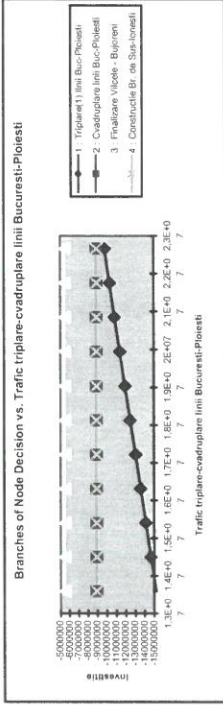
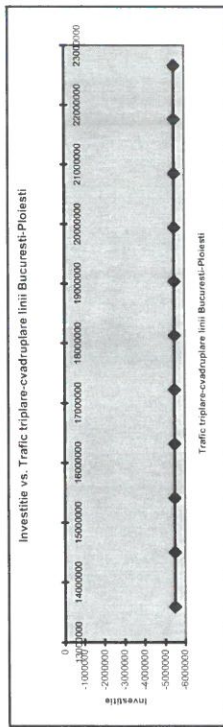
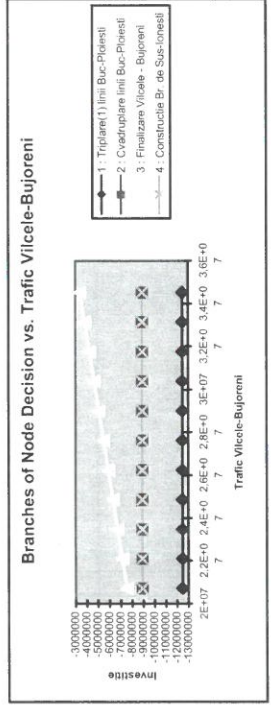
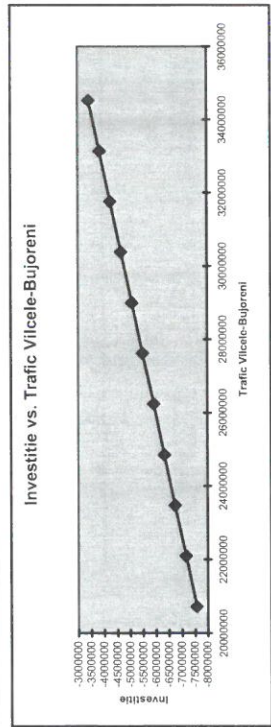
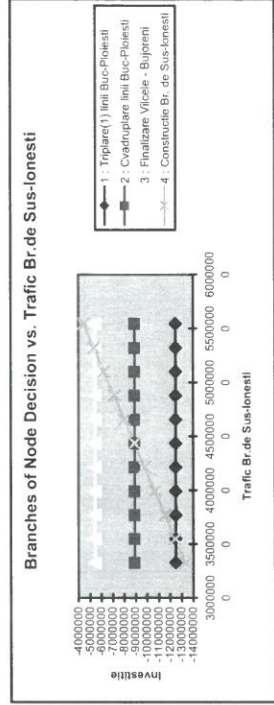
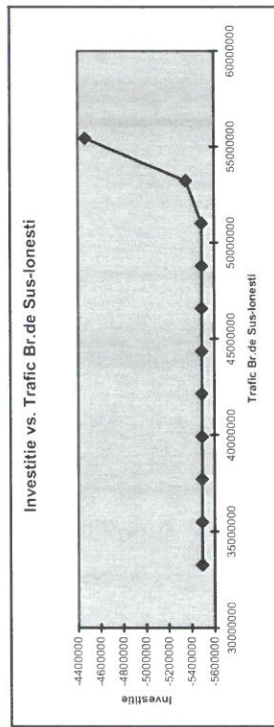
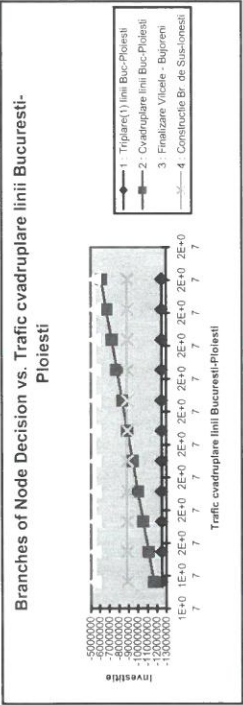
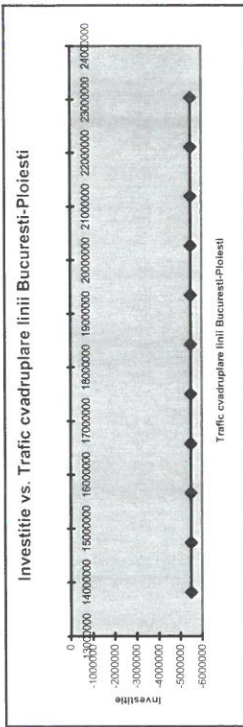
#	1: Triplare(1) linii Buc- Flotesti	2: Ovaduplare linii Buc- Flotesti	3: Finalizare Viacele - Bujoreni	4: Construcție Br. de Sus- Ionessti
1,00	3,00 -39.455.110,00 0,10	3,00 -24.900.666,25 0,10	3,00 -26.161.560,00 0,10	3,00 -32.511.000,00 0,10
2,00	3,00 -13.871.530,00 0,60	3,00 -11.575.875,00 0,60	3,00 -12.382.080,00 0,30	3,00 -15.648.000,00 0,40
3,00	3,00 -724.412,50 0,30	3,00 1.748.906,25 0,30	3,00 1.397.400,00 0,60	3,00 1.215.000,00 0,50



Anexa 6. Analiza de sensibilitate în cazul problemei alegerii variantei optime a capacității de circulație

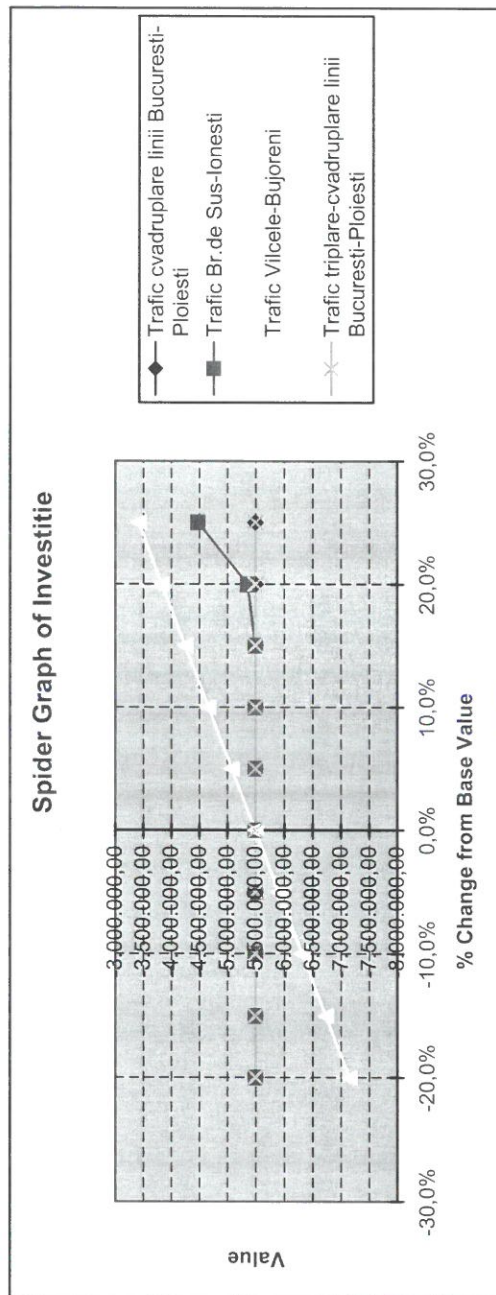
Sensitivity Analysis on Cell \$B\$20

Anexa 6. Analiza de sensibilitate în cazul problemei alegerii variantei optime de sporire a capacității de circulație



Anexa 7. Diagrama păianjen în cazul problemei alegerii variantei optime de sporire a capacității de circulație

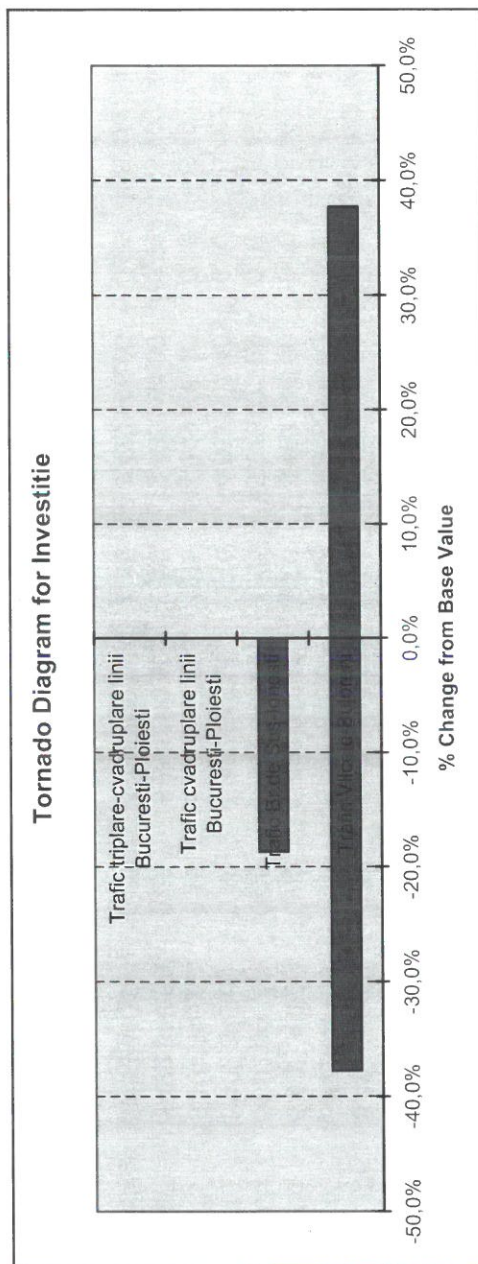
	Trafic cvadruplare linii Bucuresti- Ploiesti	Trafic Br.de Sus-Ionesti	Trafic Vilcele- Bujoreni	Trafic triplare- cvadruplare linii Bucuresti- Ploiesti
-0,20	-5.492.340,00	-0,20	-7.149.415,20	-5.492.340,00
-0,15	-5.492.340,00	-0,15	-6.735.146,40	-5.492.340,00
-0,10	-5.492.340,00	-0,10	-6.320.877,60	-5.492.340,00
-0,05	-5.492.340,00	-0,05	-5.906.608,80	-5.492.340,00
0,00	-5.492.340,00	0,00	-5.492.340,00	-5.492.340,00
0,05	-5.492.340,00	0,05	-5.078.071,20	-5.492.340,00
0,10	-5.492.340,00	0,10	-4.663.802,40	-5.492.340,00
0,15	-5.492.340,00	0,15	-4.249.533,60	-5.492.340,00
0,20	-5.492.340,00	0,20	-3.835.264,80	-5.492.340,00
0,25	-5.492.340,00	0,25	-3.420.996,00	-5.492.340,00



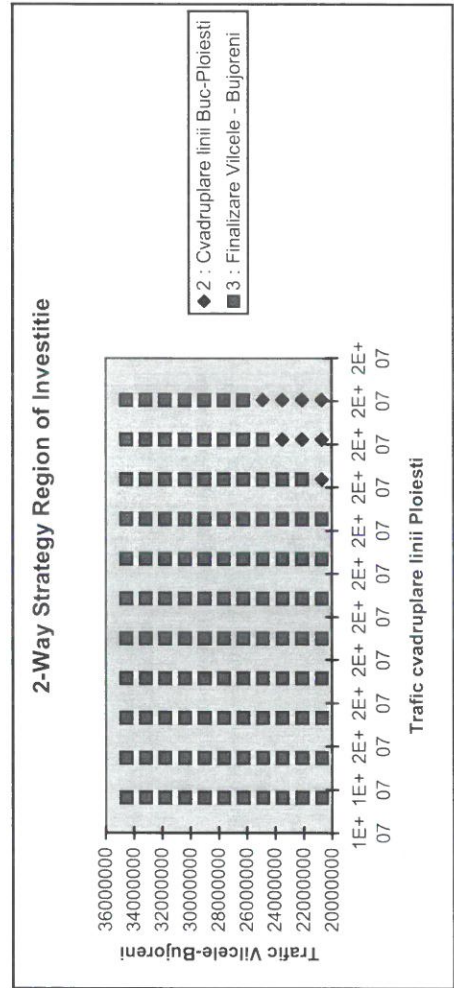
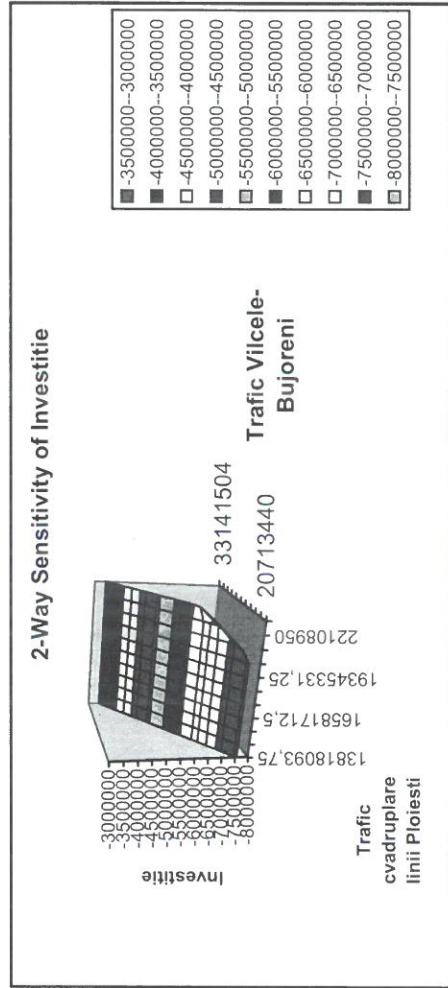
Anexa 8. Diagrama „Tornado” în cazul problemei alegerii variantei optime de sporire a capacității de circulație

Tornado Diagram for Cell Investitie

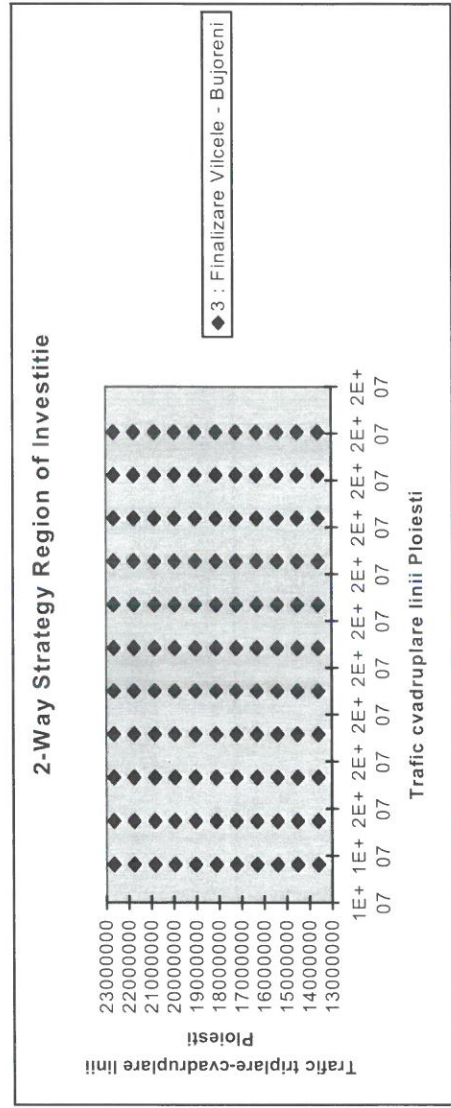
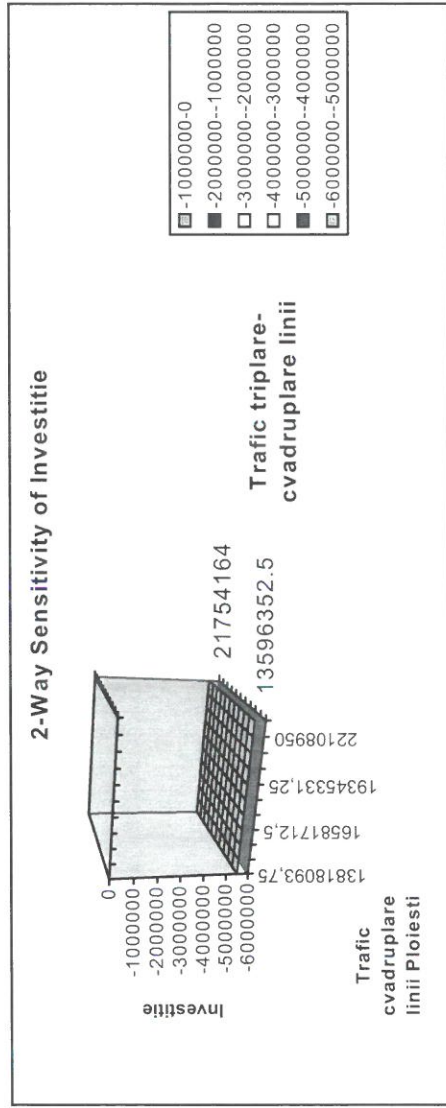
Name	-%	+	+	tot%
Trafic Vilcele-Bujoreni	0,38	-0,38		-0,75
Trafic Br.de Sus-Ionesti	0,00	-0,19		-0,19
Trafic cvadruclare linii Bucuresti-Plotesti	0,00	0,00		0,00
Trafic triplare-cvadruclare linii Bucuresti-Plotesti	0,00	0,00		0,00



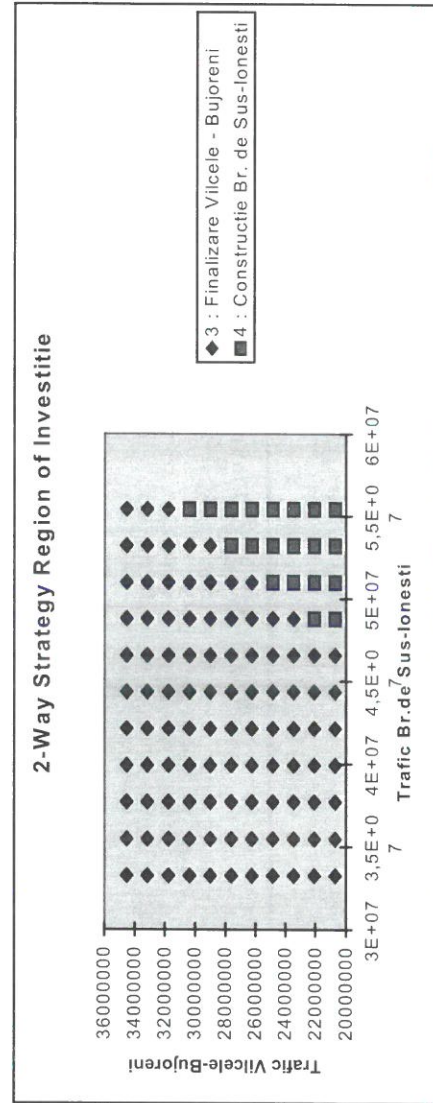
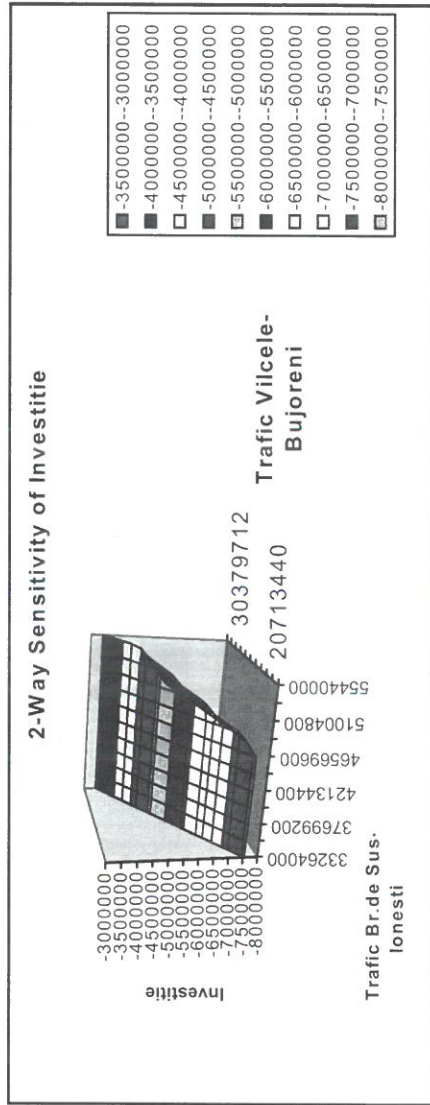
Anexa 9. Analiza de sensibilitate tridimensională în raport cu variantele A2 și A3



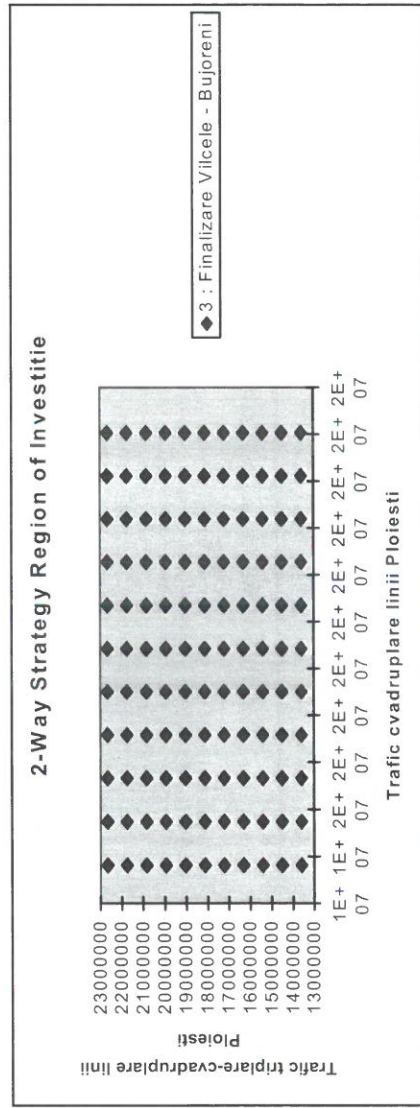
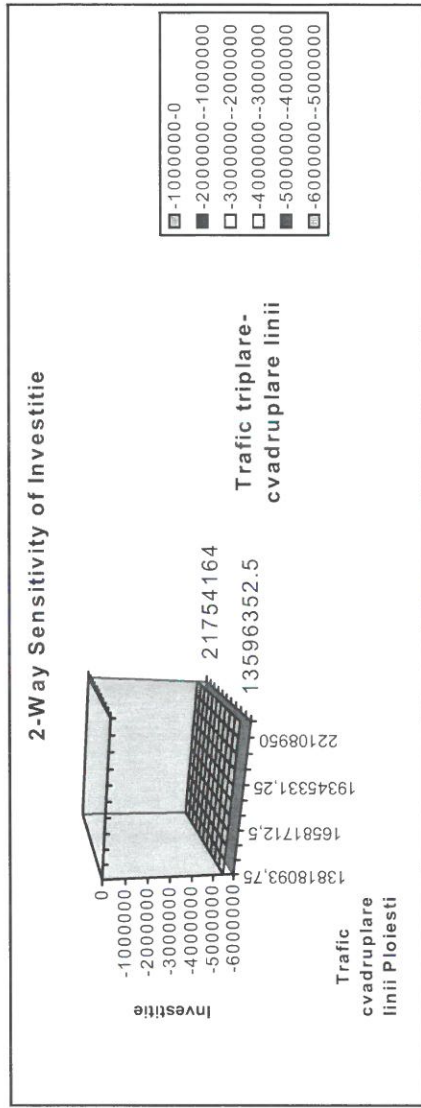
Anexa 10. Analiza de sensibilitate tridimensională în raport cu variantele A2 și A1



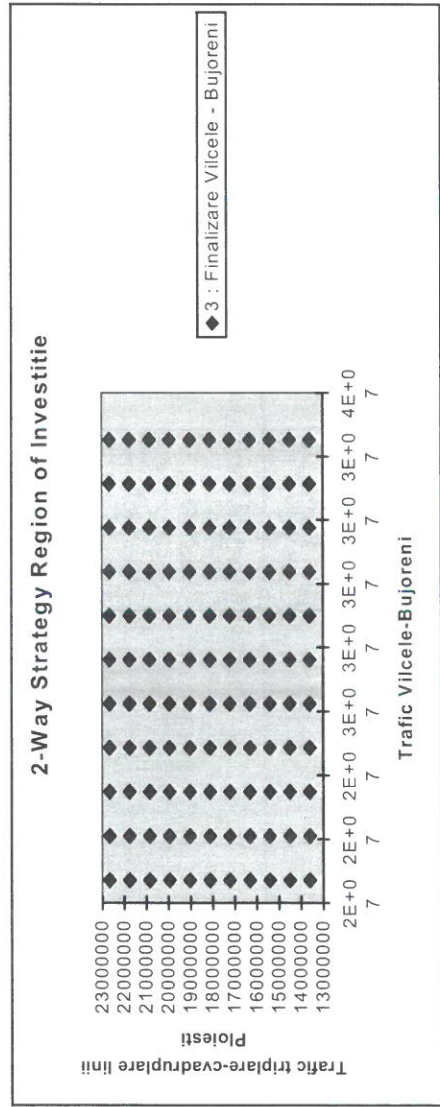
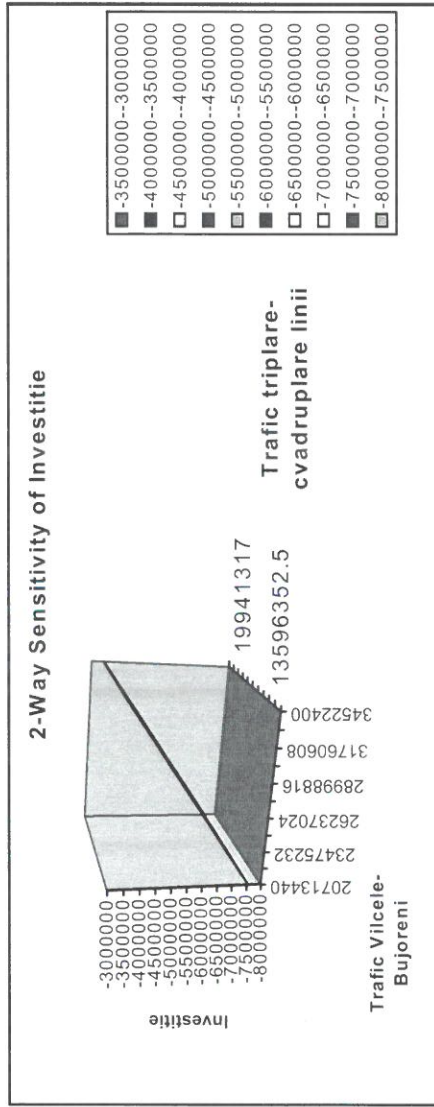
Anexa 11. Analiza de sensibilitate tridimensională în raport cu variantele A4 și A3



Anexa 12. Analiza de sensibilitate tridimensională în raport cu variantele A4 și A1



Anexa 13. Analiza de sensibilitate tridimensională în raport cu variantele A3 și A1



Anexa 14. Analiza de sensibilitate în raport cu variantele A2 și A4

