

Curs 8

Analiza decizională (I)

Modelarea și analiza datelor pentru decizii de management

Conf.dr.ing. Lăcrimioara GRAMA

Anul 2 master · Tehnologii, Sisteme și Aplicații pentru eActivități

Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca



Cursul precedent



Modelarea problemelor de rețea și distribuție (II)

- ✓ Probleme de aflare a celei mai scurte rute
- ✓ Probleme de flux maxim
- ✓ Aplicații: planificarea producției, gestiunea stocurilor, restaurare rețea, logistică
- ✓ Modele LP și exemple

La finalul acestui curs, studenții vor putea să:

- explice rolul analizei decizionale în situații de incertitudine și risc;
- identifice alternativele de decizie, stările naturale și consecințele unei probleme decizionale;
- construiască și interpreteze diagrame de influență, tabele de decizie și arbori de decizie;
- aplice criterii de decizie în absența probabilităților: metoda optimistă, metoda conservatoare și metoda minimizării regretului;
- utilizeze metoda valorii așteptate pentru luarea deciziilor în prezența probabilităților;
- interpreteze valoarea așteptată a informației perfecte, profilul de risc și rezultatele analizei de sensibilitate

Obiectivele cursului



Cuprins

Introducere în analiza decizională

Formularea problemei

- Diagrame de influență
- Tabele de decizie
- Arbori de decizie

Luarea deciziilor fără probabilități

- Metoda optimistă
- Metoda conservatoare
- Metoda minimizării regretului
- Exemplu: analiza decizională la Eastman Kodak

Luarea deciziilor în absența probabilităților

- Metoda valorii așteptate
- Exemplu: detectarea timpurie a cererilor de invaliditate pe termen lung
- Valoarea așteptată a informației perfecte

Analiza de risc și analiza de sensibilitate

- Analiza de risc
- Analiza de sensibilitate

Rezumat

Introducere în analiza decizională

Analiza decizională (analiza deciziei)

Sprijină alegerea unei alternative atunci când decidentul se confruntă cu:

- mai multe alternative decizionale
- evenimente viitoare incerte
- consecințe favorabile sau nefavorabile asociate fiecărei alternative

Incertitudine și risc

Chiar și după o analiză atentă, rezultatul final poate rămâne incert

Riscul apare deoarece fiecare alternativă poate conduce la rezultate diferite, în funcție de evenimentele viitoare

O analiză decizională bună include evaluarea consecințelor posibile și, atunci când este posibil, a probabilităților asociate

Exemplu practic

O firmă dorește să introducă în producție un nou model de tricou

Decizia: ce cantitate trebuie produsă?

Dificultate:

- cererea depinde de reacția pieței
- cererea reală nu este cunoscută înainte de lansarea produsului
- o decizie greșită poate conduce la stocuri mari sau la pierderea unor vânzări



Cuprins

Introducere în analiza decizională

Formularea problemei

- Diagrame de influență
- Tabele de decizie
- Arbori de decizie

Luarea deciziilor în absența probabilităților

Luarea deciziilor cu probabilități

Analiza de risc și analiza de sensibilitate

Rezumat

Formularea problemei

- Formularea problemei este primul pas al procesului de analiză decizională.
- Se pornește de la descrierea verbală a situației decizionale și se identifică:

Alternative de decizie

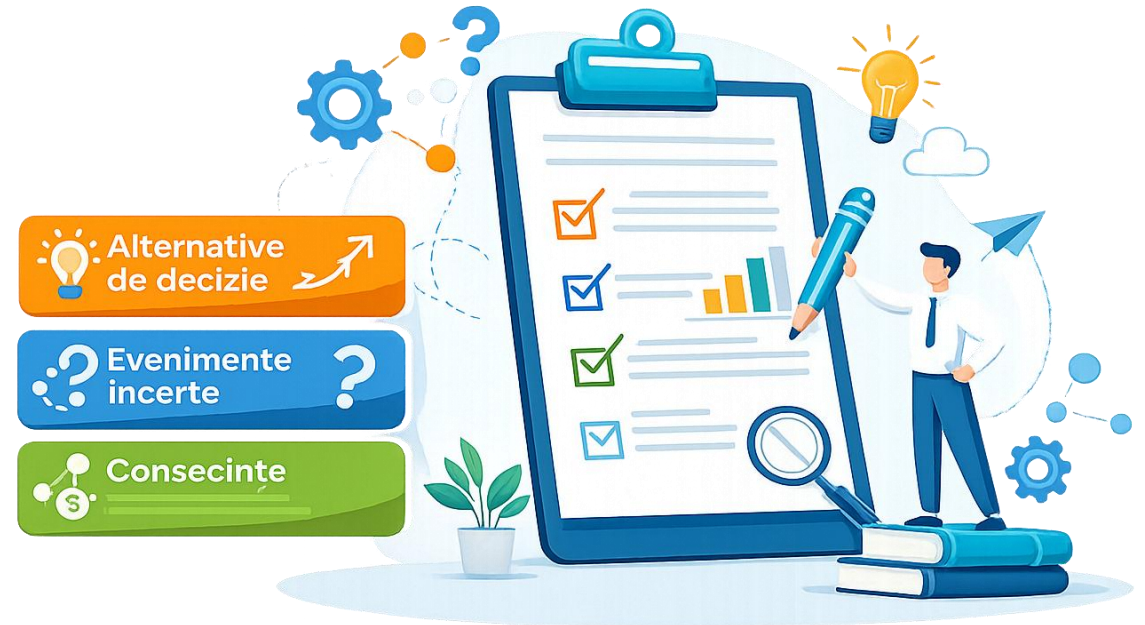
= strategiile posibile pe care le poate alege decidentul

Stările naturii / evenimentele incerte

= evenimentele viitoare care nu sunt controlate de decident

Consecințele

= rezultatele asociate fiecărei combinații dintre o alternativă de decizie și o stare a naturii



Formularea problemei (cont.)

Ex: Un dezvoltator imobiliar, Ardeal Construct (AC), a achiziționat un teren pentru construirea unui nou complex de apartamente. Conducerea analizează trei variante de proiect: un complex mic, cu 30 de apartamente, un complex mediu, cu 60 de apartamente, și un complex mare, cu 90 de apartamente.

Apartamentele vor fi vândute după finalizarea construcției, iar succesul financiar al proiectului depinde de dimensiunea complexului și de cererea viitoare pentru apartamente.

Dacă cererea este mare, un complex mai mare poate genera un profit mai ridicat. Dacă cererea este scăzută, un complex mare poate conduce la costuri suplimentare, apartamente nevândute sau reduceri ale prețului de vânzare.

Problema de decizie pentru AC este alegerea dimensiunii complexului care poate conduce la cel mai mare profit, ținând cont de incertitudinea privind cererea.

Din enunțul problemei rezultă că **DECIZIA** este alegerea dimensiunii complexului de apartamente

AC are trei alternative de decizie:

- d_1 – complex mic, cu 30 apartamente
- d_2 – complex mediu, cu 60 apartamente
- d_3 – complex mare, cu 90 apartamente

Alegerea celei mai bune alternative depinde de **incertitudinea** privind cererea pentru apartamente

Pentru cererea viitoare de apartamente, AC consideră două stări ale naturii:

- cerere mare
- cerere scăzută

Consecința fiecărei combinații **alternativă–stare a naturii** este **profitul estimat** pentru dezvoltator

Stări ale naturii / MECE

Stări ale naturii

În analiza decizională, rezultatele posibile ale unui eveniment incert se numesc **stări ale naturii** (*states of nature*)

Stările naturii sunt evenimente viitoare care:

- nu se află sub controlul decidentului
- pot influența consecințele fiecărei alternative de decizie

Stările naturii trebuie definite astfel încât să fie de tip **MECE** (*Mutually Exclusive and Collectively Exhaustive*):

- reciproc exclusive – nu pot avea loc simultan
- colectiv exhaustive – acoperă toate situațiile posibile relevante

Exemplu: la aruncarea unui zar cu șase fețe, rezultatele 1, 2, 3, 4, 5 și 6 sunt MECE



Pentru problema AC, cererea pentru apartamente (evenimentul incert) are două stări ale naturii:

- s_1 – cerere mare
- s_2 – cerere scăzută

Formularea problemei (cont.)

- Pentru problema AC, conducerea trebuie să identifice:



1) Alternative de decizie

Dimensiunea complexului de apartamente:
 d_1 , d_2 sau d_3



2) Stări ale naturii

Cererea viitoare pentru apartamente:
 s_1 sau s_2



3) Consecințe

Profitul estimat pentru fiecare combinație dintre o alternativă de decizie și o stare a naturii

Diagrame de influență

Diagramă de influență

Instrument grafic care, în cazul unei probleme de decizie, arată relațiile dintre decizii, evenimente incerte și consecințe

➤ **Nodurile** reprezintă **decizii**, **evenimente incerte** și **consecințe**

❑ **Nod de decizie** – dreptunghiuri / pătrate

- Punctele în care decidentul trebuie să aleagă un curs de acțiune dintr-un număr finit de alternative posibile

❑ **Nod șansă** – cercuri / ovale

- Arată că un anumit eveniment incert, asupra căruia decidentul nu are control, urmează să se manifeste

❑ **Nod consecință** – romburi

- Rezultatul asociat unei combinații dintre o alternativă de decizie și o stare a naturii

➤ **Arcele orientate** (săgețile) indică direcția influenței dintre noduri

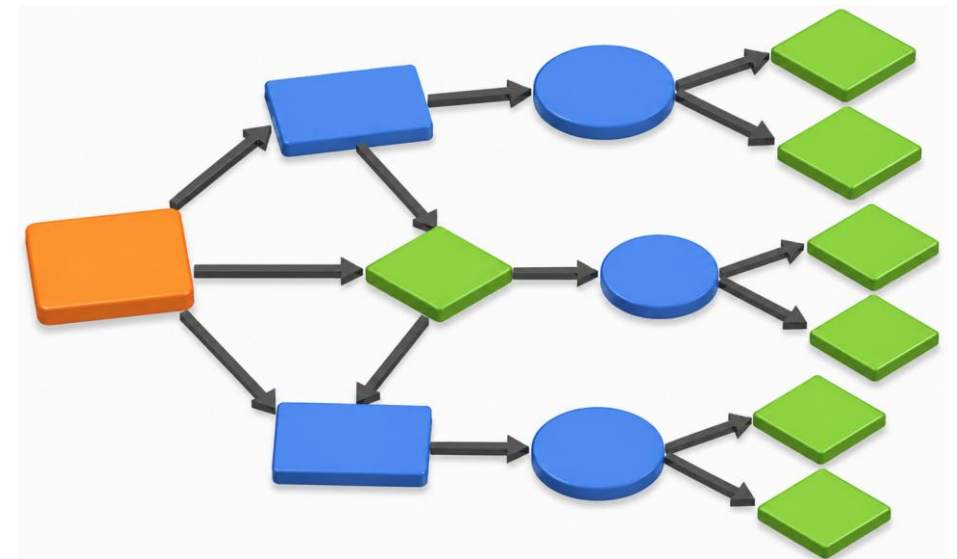
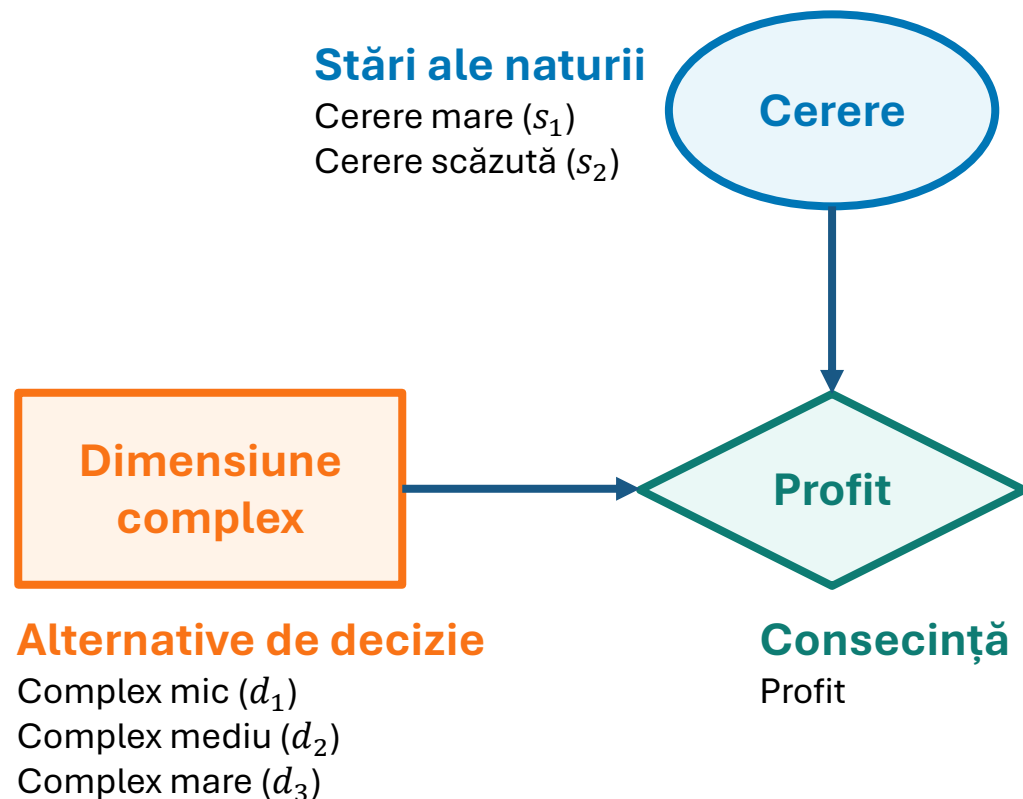


Diagrama de influență pentru proiectul AC



- **Dimensiunea complexului** = nod de decizie
- **Cererea** = nod șansă
- **Profitul** = nod consecință
- Arcele indică faptul că profitul AC este influențat atât de dimensiunea complexului de apartamente, cât și de cererea viitoare

Ce dimensiune a complexului ar trebui să aleagă AC?

AC trebuie să cunoască profitul estimat pentru fiecare combinație dintre o alternativă de decizie și o stare a naturii

Tabele de decizie

Tabel de decizie (*payoff table*)

Prezintă **rezultatele estimate** pentru toate combinațiile **alternativă de decizie–stare a naturii**

Rezultatele estimate (*payoffs*) pot fi exprimate în termeni de profit, cost, timp, distanță sau orice altă mărime relevantă pentru problema analizată

Tabelul de decizie pentru proiectul AC
(Profit net total estimat al proiectului [mil. lei])

- Dezvoltatorul imobiliar AC dorește să aleagă dimensiunea complexului de apartamente care poate asigura cel mai mare profit
- Prin urmare, profitul net total estimat al proiectului este utilizat ca mărime de evaluare

Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12

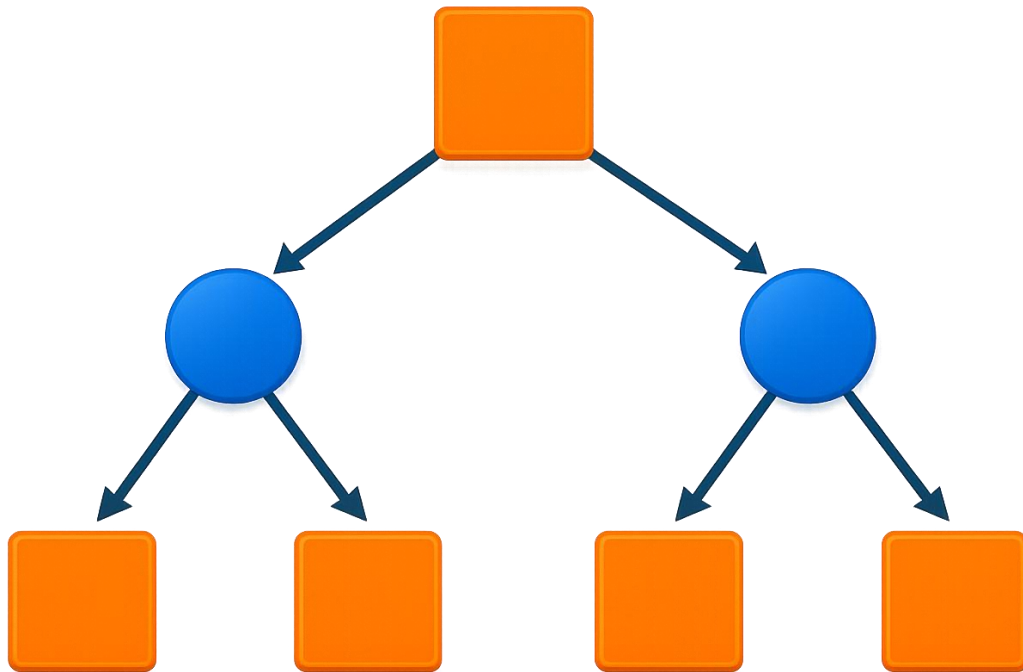
V_{ij} – rezultatul asociat alternativei de decizie i și cu stării naturii j

- $V_{31} = 58$: profit de 58,000,000 lei, dacă se alege construirea complexului mare (d_3), iar cererea este mare (s_1)
- $V_{32} = -12$: pierdere de 12,000,000 lei, dacă se alege construirea complexului mare (d_3), iar cererea este scăzută (s_2)

Arbori de decizie

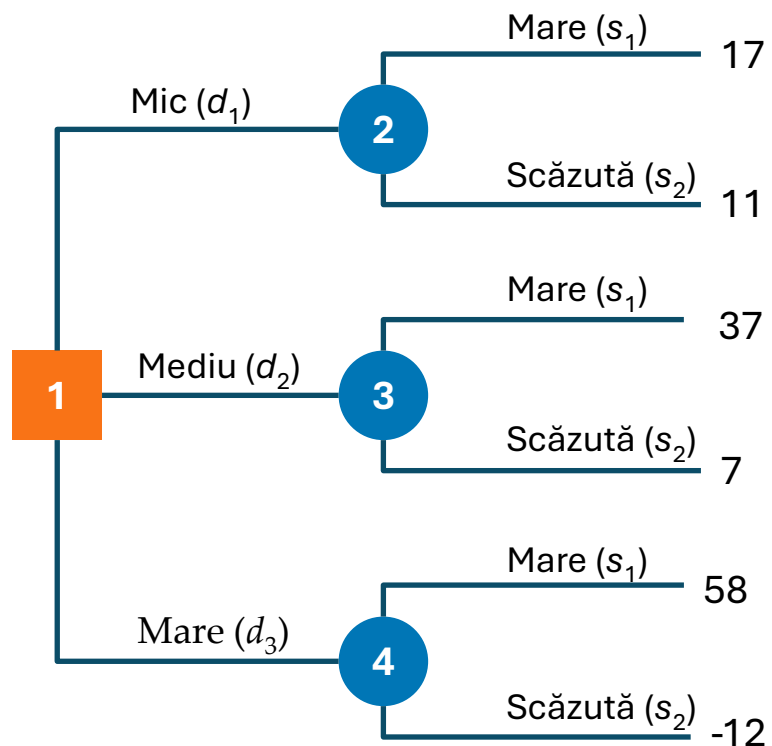
Arbore de decizie (*decision tree*)

Oferă o reprezentare grafică secvențială a procesului de luare a deciziilor



- **Noduri** în arborele de decizie
 - **Noduri de decizie** (pătrate) – corespund punctelor în care decidentul alege între alternative de decizie
 - **Noduri șansă** (cercuri) – corespund evenimentelor incerte / stărilor naturii
- Ramurile care pornesc dintr-un nod de decizie reprezintă alternativele de decizie
- Ramurile care pornesc dintr-un nod șansă reprezintă stărilor naturii
- La capătul fiecărei ramuri se regăsește rezultatul/consecința asociată

Arborele de decizie pentru proiectul AC



Se anticipează un profit de 17,000,000 lei dacă AC construiește un complex mic (d_1) și cererea va fi mare (s_1)

Cum poate utiliza decidentul informațiile din tabelul de decizie / arborele de decizie pentru a selecta cea mai bună alternativă decizională?

OBSERVAȚII

Primul pas în rezolvarea unei probleme complexe este împărțirea ei într-o serie de subprobleme mai mici

Arborele de decizie permite împărțirea unei probleme complexe în subprobleme mai simple și

- El evidențiază natura secvențială a procesului decizional
 - se alege alternativa de decizie
 - se manifestă o stare a naturii
 - se obține o consecință

Dezvoltarea arborelui de decizie poate oferi informații suplimentare despre structura problemei

Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12

Cuprins

Introducere în analiza decizională

Formularea problemei

Luarea deciziilor în absența probabilităților

- Metoda optimistă
- Metoda conservatoare
- Metoda minimizării regretului
- Exemplu: analiza decizională la Eastman Kodak

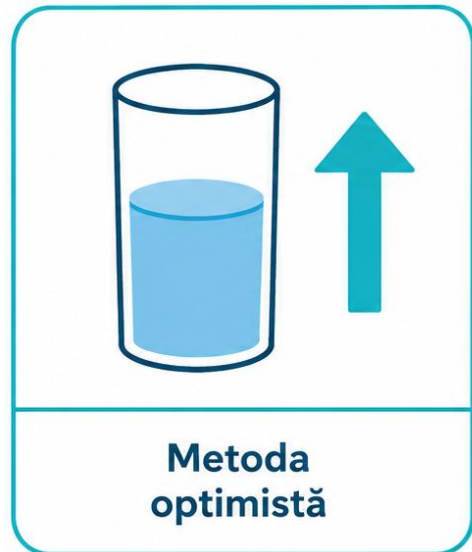
Luarea deciziilor cu probabilități

Analiza de risc și analiza de sensibilitate

Rezumat

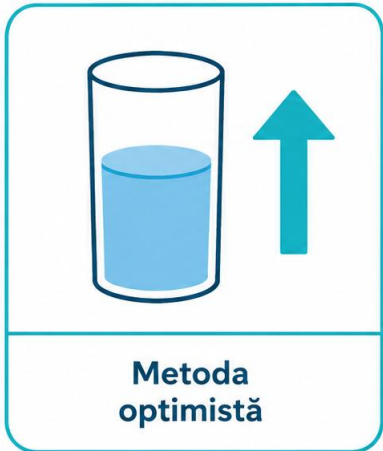
Luarea deciziilor în absența probabilităților

- Atunci când nu pot fi estimate probabilitățile asociate stărilor naturii, decizia poate fi luată pe baza unor criterii specifice
- Pot fi utilizate trei criterii:



- Uneori, abordări diferite pot conduce la recomandări decizionale diferite
- Decidentul trebuie să înțeleagă fiecare criteriu și să aleagă abordarea care reflectă cel mai bine atitudinea sa față de risc

Metoda optimistă



Metoda optimistă (*optimistic approach*) analizează fiecare alternativă decizională în funcție de cel mai bun rezultat posibil

➤ Alternativa de decizie recomandată este cea care oferă cel mai bun rezultat

- Pentru o problemă în care se dorește maximizarea profitului (ca în problema AC), metoda optimistă conduce la alegerea alternativei care poate oferi cel mai mare profit posibil – **alternativă maximax**
- Pentru problemele care implică minimizarea unei mărimi, de exemplu costul, metoda optimistă conduce la alegerea alternativei cu cel mai mic cost posibil – **alternativă minimin**

Metoda optimistă pentru proiectul AC

Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12



Alternative de decizie	Profit maxim
Complex mic (d_1)	17
Complex mediu (d_2)	37
Complex mare (d_3)	58



Alternative de decizie	Profit maxim
Complex mic (d_1)	17
Complex mediu (d_2)	37
Complex mare (d_3)	58

Decizia recomandată:
construirea unui **complex mare** de apartamente

1) Se determină profitul maxim posibil pentru fiecare alternativă de decizie

2) Se selectează alternativa cu cel mai mare dintre profiturile maxime

Metoda conservatoare



Metoda
conservatoare

Metoda conservatoare (*conservative approach*) evaluează fiecare alternativă decizională în funcție de cel mai slab rezultat posibil

- Alternativa de decizie recomandată este cea care oferă cel mai bun dintre aceste rezultate nefavorabile

- Pentru o problemă în care se dorește maximizarea profitului (ca în problema AC), metoda conservatoare conduce la alegerea alternativei care maximizează cel mai slab rezultat posibil – **alternativă maximin**
- Pentru problemele care implică minimizarea unei mărimi, de exemplu costul, metoda conservatoare conduce la alegerea alternativei cu cel mai mic cost maxim posibil – **alternativă minimax**

Metoda conservatoare pentru proiectul AC

Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12



Alternative de decizie	Profit minim
Complex mic (d_1)	11
Complex mediu (d_2)	7
Complex mare (d_3)	-12



Alternative de decizie	Profit minim
Complex mic (d_1)	11
Complex mediu (d_2)	7
Complex mare (d_3)	-12

Decizia recomandată:
construirea unui **complex mic** de apartamente

1) Se determină profitul minim posibil pentru fiecare alternativă de decizie

2) Se selectează alternativa cu cel mai mare dintre profiturile minime

În acest model, alegerea complexului mic asigură cel mai bun rezultat în scenariul nefavorabil: un profit estimat de cel puțin 11,000,000 lei

Metoda minimizării regretului



Metoda minimizării regretului (*minimax regret approach*) nu este nici pur optimistă, nici pur conservatoare

Regret (*opportunity loss/ regret*) reprezintă pierderea de oportunitate:

- diferența dintre rezultatul obținut prin decizia adoptată și rezultatul care s-ar fi obținut dacă, pentru aceeași stare a naturii, s-ar fi ales cea mai bună alternativă

$$R_{ij} = |V_j^* - V_{ij}| \quad (1)$$

- R_{ij} – regretul asociat alternativei de decizie d_i și stării naturii s_j
- V_j^* – rezultatul corespunzător celei mai bune decizii pentru s_j
 - Problemă de maximizare V_j^* – valoarea cea mai mare din coloana j a tabelului de decizie
 - Problemă de minimizare V_j^* – valoarea cea mai mică din coloana j a tabelului de decizie
- V_{ij} – rezultatul corespunzător alternativei de decizie d_i și stării naturii s_j

Metoda minimizării regretului (cont.)

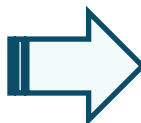
Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12

- Dacă dezvoltatorul imobiliar AC alege complexul mic (d_1), iar cererea este mare (s_1), profitul obținut este 17,000,000 lei
 - Pentru aceeași stare a naturii, cea mai bună alternativă ar fi fost complexul mare (d_3), cu un profit de 58,000,000 lei
- **Regretul** este: $58 - 17 = 41$ milioane lei

Metoda minimizării regretului pentru proiectul AC

$$R_{ij} = |V_j^* - V_{ij}|$$

Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12



Alternative de decizie	Regret	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	$ 58 - 17 = 41$	$ 11 - 11 = 0$
Complex mediu (d_2)	$ 58 - 37 = 21$	$ 11 - 7 = 4$
Complex mare (d_3)	$ 58 - 58 = 0$	$ 11 - (-12) = 23$



Alternative de decizie	Regret maxim
Complex mic (d_1)	41
Complex mediu (d_2)	21
Complex mare (d_3)	23



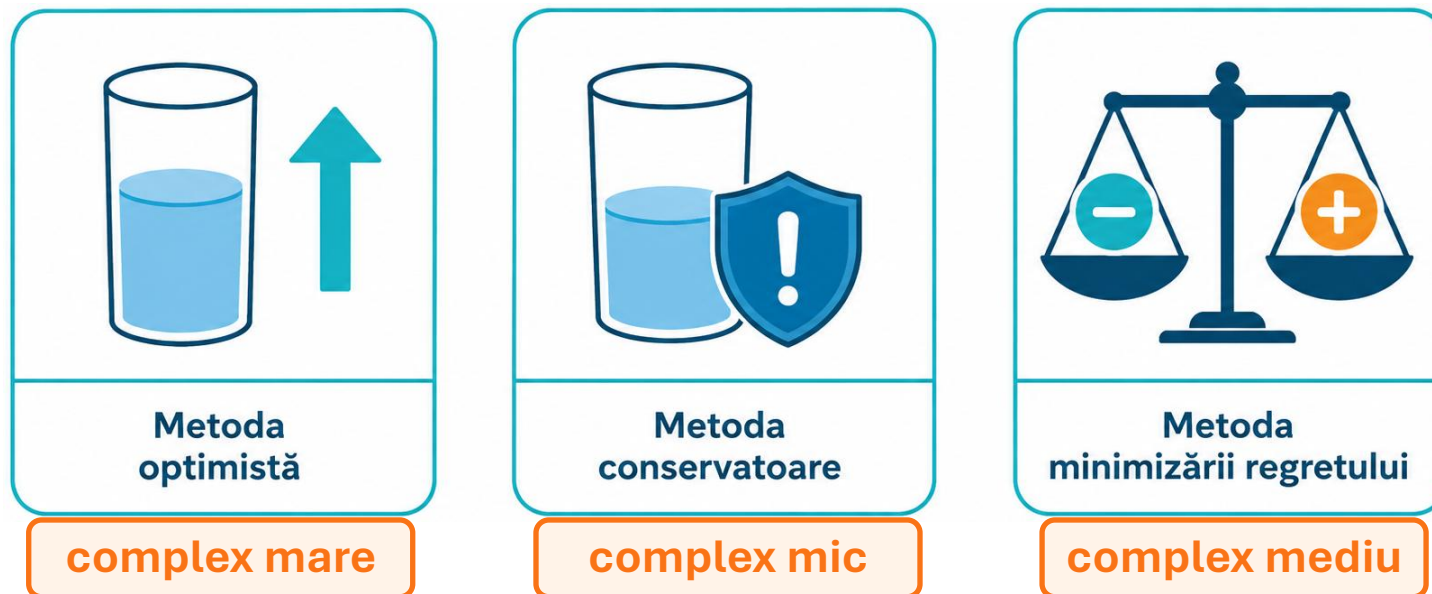
Alternative de decizie	Regret maxim
Complex mic (d_1)	41
Complex mediu (d_2)	21
Complex mare (d_3)	23

- 1) Se determină regretul asociat fiecărei combinații alternativă de decizie–stare a naturii
- 2) Se determină regretul maxim pentru fiecare alternativă de decizie
- 3) Se selectează alternativa care minimizează regretul maxim

Decizia recomandată:
construirea unui **complex mediu** de apartamente

Luarea deciziilor în absența probabilităților

Fiecare metodă poate conduce la o recomandare diferită, deoarece reflectă o perspectivă diferită asupra riscului și incertitudinii



- Decidentul alege criteriul de decizie care reflectă cel mai bine atitudinea sa față de risc
- Aceste criterii nu utilizează probabilitățile asociate stărilor naturii
 - Metoda optimistă și metoda conservatoare se bazează pe scenarii extreme, în timp ce minimizarea regretului urmărește reducerea pierderii de oportunitate

Clemen și Kwit au analizat importanța analizei decizionale la Eastman Kodak Company

- Studiul a inclus 178 de proiecte de analiză a deciziilor pe o perioadă de 10 ani

Aplicații analizate

Proiectele au vizat:

- dezvoltarea strategiei;
- selecția furnizorilor;
- analiza proceselor;
- selecția portofoliului de produse;
- reducerea emisiilor.

Efortul de analiză

- Proiectele au necesitat 14,372 de ore de muncă pentru un analist, pe lângă implicarea altor persoane din companie
- Durata proiectelor a variat de la mai puțin de 20 de ore până la aproape un an

Măsurarea valorii adăugate

- Majoritatea proiectelor de analiză decizională sunt activități unice, ceea ce face dificilă măsurarea valorii adăugate pentru corporație
- Clemen și Kwit au folosit înregistrări detaliate și abordări inovatoare pentru a estima profiturile generate de aceste proiecte

Valoarea medie estimată / proiect

Estimare conservatoare: 6.65 milioane \$

Estimare optimistă: 16.35 milioane \$

Analiza decizională la Eastman Kodak¹

¹Robert T. Clemen, Robert C. Kwit, "The Value of Decision Analysis at Eastman Kodak Company", *Interfaces* (September/October 2001): 74–92

Impact financiar

- Proiectele analizate au adus împreună peste 1 miliard \$ pentru Eastman Kodak
- Valoarea adăugată estimată a fost de cel puțin 185 de ori mai mare decât costul timpului analiștilor

Beneficii organizaționale

Analiza decizională a contribuit la:

- facilitarea discuțiilor între părțile interesate;
- promovarea unei gândiri structurate asupra strategiilor;
- crearea unui limbaj comun pentru analiza problemelor de decizie;
- accelerarea implementării;
- obținerea consensului între decidenți.

„În calitate de director general, New Businesses, VP Health Imaging, Eastman Kodak, încurajez utilizarea principiilor și proceselor de decizie și risc, ca parte a evaluării noilor oportunități de afaceri. Procesele au condus în mod clar la decizii mai bune cu privire la intrările și ieșirile firmelor.”

— Nancy L. S. Sousa, Eastman Kodak

Concluzie

Deși valoarea unui proiect individual de analiză decizională poate fi dificil de măsurat, studiul Kodak arată că analiza decizională poate aduce beneficii importante atât financiare, cât și organizaționale

Analiza decizională la Eastman Kodak¹

¹Robert T. Clemen, Robert C. Kwit, "The Value of Decision Analysis at Eastman Kodak Company", *Interfaces* (September/October 2001): 74–92

Cuprins

Introducere în analiza decizională

Formularea problemei

Luarea deciziilor în absența probabilităților

Luarea deciziilor cu probabilități

- Metoda valorii așteptate
- Exemplu: detectarea timpurie a cererilor de invaliditate pe termen lung
- Valoarea așteptată a informației perfecte

Analiza de risc și analiza de sensibilitate

Rezumat

Luarea deciziilor cu probabilități

- În multe situații decizionale pot fi estimate probabilitățile asociate stărilor naturii
 - Când aceste probabilități sunt disponibile, se poate utiliza **metoda valorii așteptate / speranței matematice** (*expected value approach*) pentru a identifica cea mai bună alternativă de decizie

Valoarea așteptată (EV) a unei alternative de decizie este media ponderată a rezultatelor estimate asociate acelei alternative

$$EV(d_i) = \sum_{j=1}^N P(s_j) V_{ij} \quad (2)$$

- N – numărul de stări ale naturii
- $P(s_j)$ – probabilitatea producerii stării naturii s_j
- V_{ij} – rezultatul asociat cu alternativa de decizie d_i și starea naturii s_j

La un moment dat, doar o singură stare a naturii s_j poate avea loc

- Prin urmare, probabilitățile asociate stărilor naturii trebuie să satisfacă:

$$P(s_j) \geq 0, \quad \forall j = \overline{1, N}$$
$$\sum_{j=1}^N P(s_j) = 1$$

Decizia optimă este cea care asigură cea mai avantajoasă valoare așteptată:

- cea mai mare valoare așteptată, dacă rezultatul se maximizează
- cea mai mică valoare așteptată, dacă rezultatul se minimizează

Metoda valorii așteptate pentru proiectul AC

$$EV(d_i) = \sum_{j=1}^N P(s_j) V_{ij}$$

- Dezvoltatorul imobiliar AC este optimist în ceea ce privește potențialul complexului de apartamente
- Să presupunem că acest optimism conduce la o estimare subiectivă inițială a probabilităților: $P(s_1) = 0.8$ pentru cerere mare și $P(s_2) = 0.2$ pentru cerere scăzută

Profit net total estimat al proiectului [mil. lei]

Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12

$$EV(d_1) = P(s_1)V_{11} + P(s_2)V_{12} = 0.8 \cdot 17 + 0.2 \cdot 11 = 15.8$$

$$EV(d_2) = P(s_1)V_{21} + P(s_2)V_{22} = 0.8 \cdot 37 + 0.2 \cdot 7 = 31$$

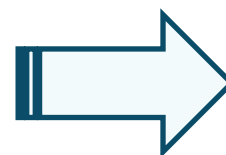
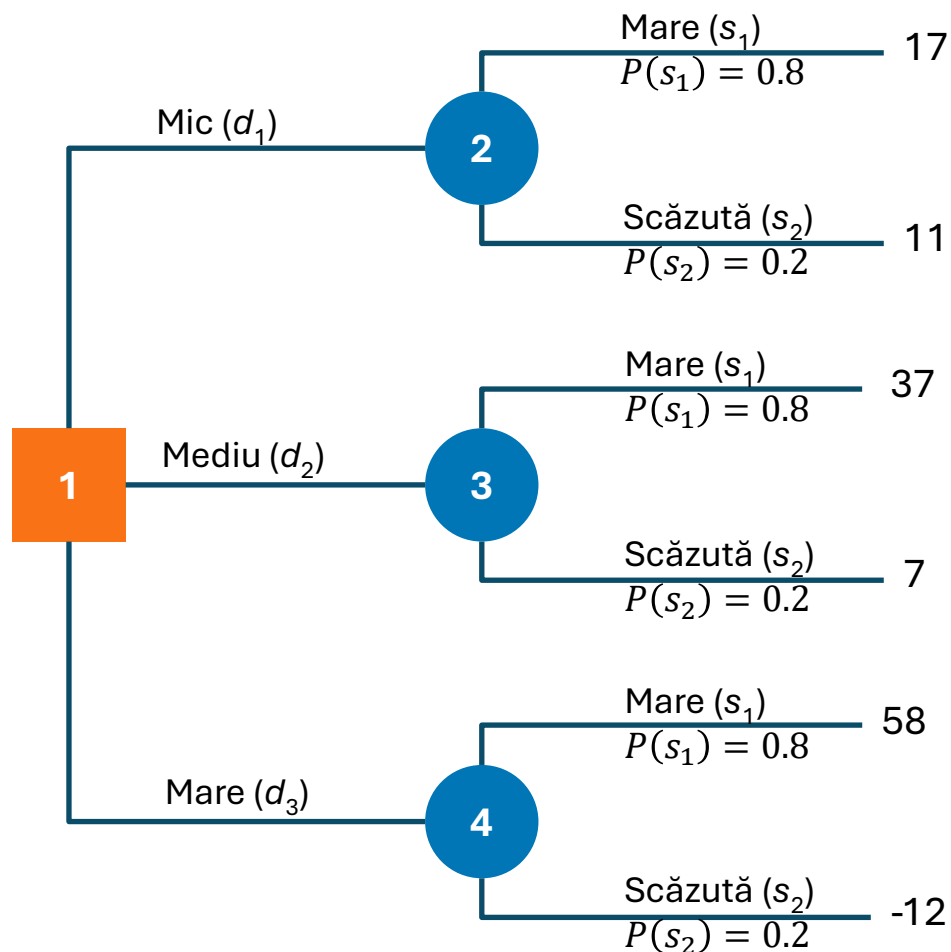
$$EV(d_3) = P(s_1)V_{31} + P(s_2)V_{32} = 0.8 \cdot 58 + 0.2 \cdot (-12) = \mathbf{44}$$

Decizia recomandată:

construirea unui **complex mare** de apartamente, cu o valoare așteptată a profitului de **44 mil. lei**

Arborele de decizie AC cu probabilități

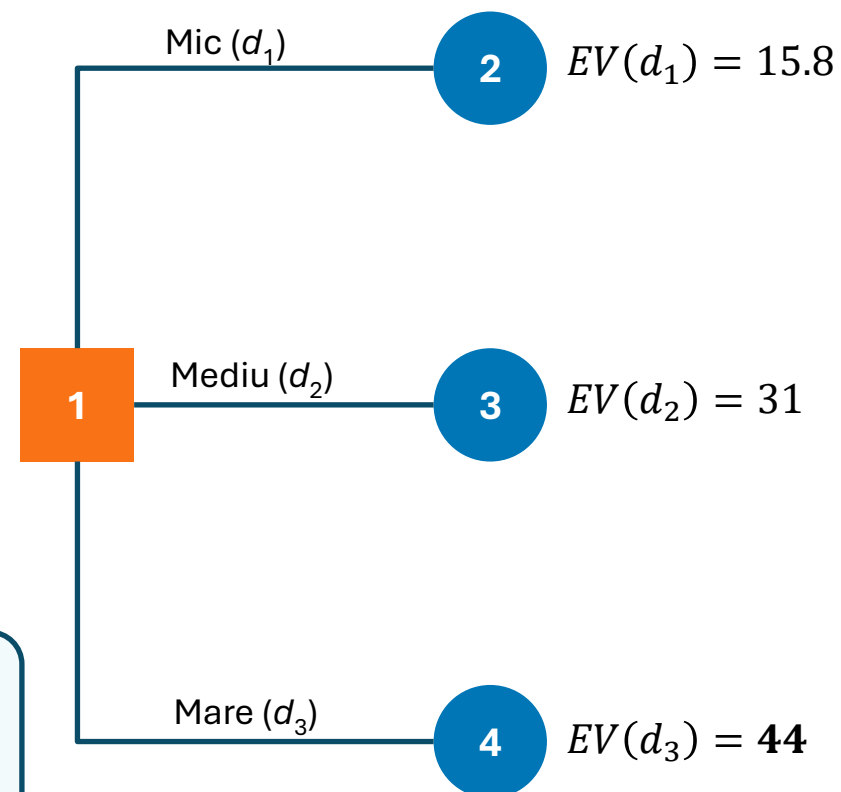
- Se calculează valoarea așteptată pentru fiecare **nod șansă**
- Fiecare rezultat posibil este ponderat cu probabilitatea sa de apariție



Arborele se evaluează de la dreapta spre stânga: de la rezultate către decizia inițială

Decizia recomandată:

construirea unui **complex mare** de apartamente, cu o valoare așteptată a profitului de **44 mil. lei**



Luarea deciziilor cu probabilități

- Alte probleme de decizie pot fi substanțial mai complicate decât problema AC
- Dacă există un număr rezonabil de alternative de decizie și stări ale naturii, se poate utiliza metoda arborelui de decizie

1) Se construiește arborele de decizie, format din noduri de decizie, noduri șansă și ramuri care descriu natura secvențială a problemei

2) Se stabilesc probabilitățile asociate fiecărei stări a naturii

3) Se calculează valoarea așteptată pentru fiecare nod șansă

4) Se selectează alternativa de decizie care conduce la cea mai bună valoare așteptată

Decizia recomandată:

alternativa de decizie asociată celei mai avantajoase valori așteptate

La momentul studiului, **Workers' Compensation Board of British Columbia (WCB)** sprijinea angajații și angajatorii în menținerea unor locuri de muncă sigure

De asemenea, WCB acorda compensații financiare muncitorilor accidentați și facilita revenirea acestora la locul de muncă în condiții de siguranță

Mecanismul financiar

- Plățile compensatorii erau finanțate din taxele percepute angajatorilor
- Angajatorii beneficiau de protecție împotriva proceselor cauzate de accidente de muncă
- În ultimii ani, WCB a cheltuit peste **1 miliard \$** pentru plăți compensatorii și recuperarea angajaților accidentați

Problema decizională

- O cerere de despăgubire pentru **invaliditate pe termen scurt** apărea atunci când un angajat suferea un accident sau o boală care determina absența temporară de la locul de muncă
- Dacă angajatul nu reușea să revină complet la muncă, cererea putea fi reclassificată ca **invaliditate pe termen lung**, ceea ce implica beneficii mai costisitoare

Detectarea timpurie a cererilor de invaliditate pe termen lung²

²E. Urbanovich, E. Young, M. Puterman, S. Fattedad, "Early Detection of High-Risk Claims at the Workers' Compensation Board of British Columbia", *Interfaces* (July/August 2003): 15–26

Obiectivul WCB

- WCB dorea o modalitate sistematică de identificare timpurie a cererilor de invaliditate pe termen scurt care puteau genera risc financiar ridicat dacă erau reclasificate ca invaliditate pe termen lung

Utilitatea intervenției timpurii

- Dacă o cerere putea fi clasificată din timp ca având risc ridicat, echipa WCB putea interveni și monitoriza mai atent cererea și procesul de recuperare
- Astfel, WCB putea reduce costul cererilor ulterioare de invaliditate pe termen lung

A fost dezvoltat un arbore de decizie cu două alternative de decizie și două stări ale naturii

Alternative de decizie

d_1 – clasificarea cererii ca fiind cu risc ridicat și intervenție timpurie

d_2 – clasificarea cererii ca fiind cu risc scăzut și fără intervenție

Stări ale naturii

s_1 – cererea de invaliditate pe termen scurt se transformă într-o cerere de invaliditate pe termen lung

s_2 – cererea de invaliditate pe termen scurt nu se transformă într-o cerere de invaliditate pe termen lung

Detectarea timpurie a cererilor de invaliditate pe termen lung²

²E. Urbanovich, E. Young, M. Puterman, S. Fattedad, "Early Detection of High-Risk Claims at the Workers' Compensation Board of British Columbia", *Interfaces* (July/August 2003): 15–26

Estimarea probabilităților

- Caracteristicile fiecărei noi cereri de invaliditate pe termen scurt au fost utilizate pentru estimarea probabilităților asociate stărilor naturii

Costuri și criteriu de decizie

- Plățile compensatorii au reprezentat costurile asociate fiecărei combinații dintre o alternativă de decizie și o stare a naturii
- Obiectivul a fost minimizarea costului așteptat

Impactul implementării

- Implementarea modelului de analiză decizională a îmbunătățit practica gestionării cererilor de despăgubire
- Intervenția timpurie în cazul cererilor cu risc ridicat a dus la **economii de aproximativ 4.7 milioane \$ pe an**

Detectarea timpurie a cererilor de invaliditate pe termen lung²

²E. Urbanovich, E. Young, M. Puterman, S. Fattedad, "Early Detection of High-Risk Claims at the Workers' Compensation Board of British Columbia", *Interfaces* (July/August 2003): 15–26

Valoarea așteptată a informației perfecte

- Sunt disponibile adesea informații care pot îmbunătăți estimările probabilității de apariție a stărilor naturii

Valoarea așteptată a informației perfecte (EVPI – *expected value of perfect information*)

reprezintă creșterea valorii așteptate care ar fi obținută dacă decidentul ar cunoaște cu certitudine starea naturii înainte de luarea deciziei

- Oferă o limită superioară a valorii așteptate a oricărui eșantion sau informații din sondaj

$$EVPI = |EV_{wPI} - EV_{woPI}| \quad (3)$$

- EV_{wPI} – valoarea așteptată **cu** informații perfecte
- EV_{woPI} – valoarea așteptată **fără** informații perfecte

Strategia de decizie cu informații perfecte

Ex: Dezvoltatorul imobiliar AC are oportunitatea de a realiza un studiu de piață care ar putea îmbunătăți estimările privind cererea pentru apartamente. și ar oferi informații pe care managerul le-ar putea utiliza pentru a îmbunătăți evaluările probabilității de apariție a stărilor naturale.



- Pentru a determina valoarea potențială a acestor informații, presupunem mai întâi că studiul oferă informații perfecte

Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12

Strategia optimă de decizie a AC

- Dacă apare s_1 – cerere mare, se selectează d_3 – complex mare, cu profit 58 mil. lei
- Dacă apare s_2 – cerere scăzută, se selectează d_1 – complex mic, cu profit 11 mil. lei

Strategie de decizie = regulă de decizie care specifică alternativa de decizie care trebuie selectată după ce noile informații vor deveni disponibile

Calculul și interpretarea EVPI

$$EV(d_i) = \sum_{j=1}^N P(s_j) V_{ij}$$

Valoarea așteptată cu informații perfecte

$$\begin{aligned} EV_{wPI} &= P(s_1) \cdot 58 + P(s_2) \cdot 11 \\ &= 0.8 \cdot 58 + 0.2 \cdot 11 \\ &= 48.6 \end{aligned}$$

- Valoarea așteptată **cu** informații perfecte este **48.6 mil. lei**

Valoarea așteptată fără informații perfecte

Folosind metoda valorii așteptate decizia recomandată a fost d_3

- Valoarea așteptată **fără** informații perfecte este **44 mil. lei**

Valoarea așteptată a informației perfecte

$$\left. \begin{aligned} EV_{wPI} &= 48.6 \\ EV_{woPI} &= 44 \end{aligned} \right\} \Rightarrow EVPI = |48.6 - 44| = 4.6$$

Concluzie: **EVPI = 4.6 mil. lei** reprezintă valoarea maximă pe care AC ar trebui să fie dispusă să o plătească pentru informații perfecte despre cererea viitoare

Un studiu de piață real nu oferă informații perfecte; prin urmare, AC nu ar trebui să plătească pentru el mai mult de 4.6 mil. lei

Pierdere de oportunitate așteptată

Alternative de decizie	Regret	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	41	0
Complex mediu (d_2)	21	4
Complex mare (d_3)	0	23

$$P(s_1) = 0.8, \quad P(s_2) = 0.2$$

Calcul EOL

Pe baza probabilităților asociate stărilor naturii și a tabelului de regret, se poate calcula **pierdere de oportunitate așteptată (EOL – expected opportunity loss)**:

$$EOL(d_1) = 0.8 \cdot 41 + 0.2 \cdot 0 = 32.8$$

$$EOL(d_2) = 17.6$$

$$EOL(d_3) = 4.6$$

- Indiferent dacă analiza decizională implică maximizare sau minimizare, pierdere minimă a oportunității așteptate oferă întotdeauna cea mai bună alternativă de decizie

Decizia recomandată:

construirea unui **complex mare** de apartamente, cu pierdere de oportunitate așteptată minimă:

$$EOL = 4.6 \text{ mil. lei}$$

Concluzie

Alternativa cu **EOL minim** este întotdeauna alternativa recomandată

$$EOL \text{ minim} = EVPI = 4.6 \text{ mil. lei}$$

Cuprins

Introducere în analiza decizională

Formularea problemei

Luarea deciziilor în absența probabilităților

Luarea deciziilor cu probabilități

Analiza de risc și analiza de senzitivitate

- Analiza de risc
- Analiza de senzitivitate

Rezumat

Analiza de risc și analiza de sensibilitate

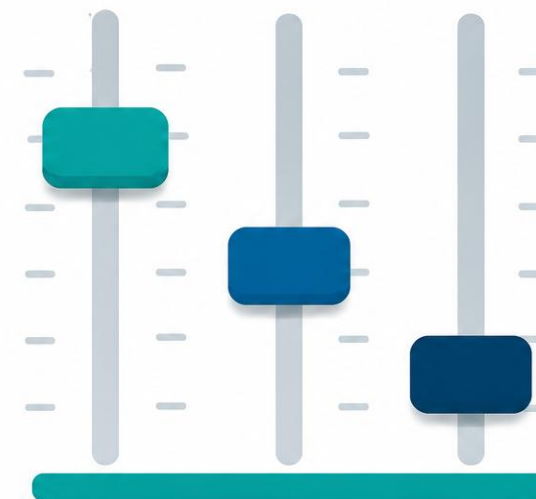


Analiza de risc ajută decidentul să înțeleagă diferența dintre:

- valoarea așteptată a unei alternative de decizie
- rezultatul care poate apărea efectiv

Analiza de sensibilitate arată modul în care modificările aduse:

- probabilităților asociate stărilor naturii
 - valorilor estimate ale rezultatelor
- afectează alternativa de decizie recomandată



Analiza de risc: profilul de risc



Profilul de risc reprezintă distribuția probabilităților asociate rezultatelor posibile ale unei alternative de decizie

➤ El ajută decidentul să compare valoarea așteptată cu rezultatele care pot apărea efectiv

Alternativa cu valoare așteptată maximă – d_3 – complex mare

$EV(d_3) = 44$ mil. lei

Profil de risc:

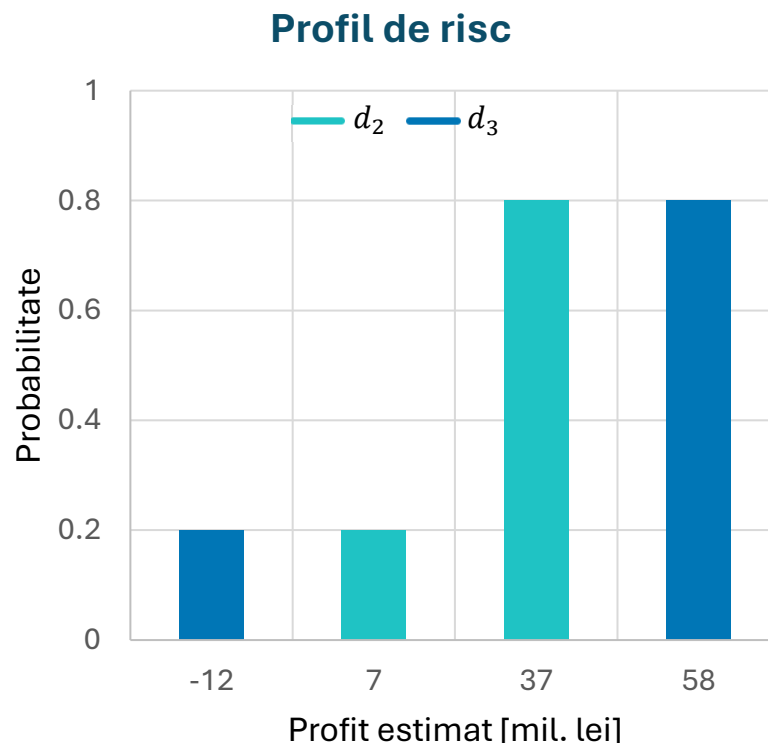
- $P(s_1) = 0.8 \rightarrow$ profit de 58 mil. lei
- $P(s_2) = 0.2 \rightarrow$ pierdere de 12 mil. lei

Alternativă mai puțin riscantă – d_2 – complex mediu

$EV(d_2) = 31$ mil. lei

Profil de risc:

- $P(s_1) = 0.8 \rightarrow$ profit de 37 mil. lei
- $P(s_2) = 0.2 \rightarrow$ profit de 7 mil. lei



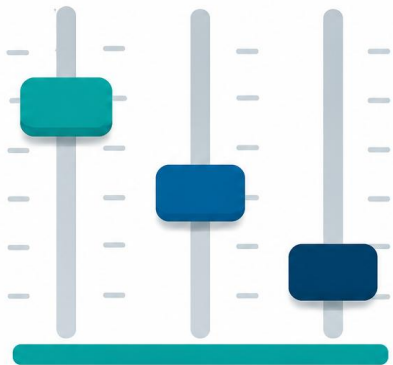
Concluzie

Deși **alternativa d_3** are cea mai mare valoare așteptată, ea include riscul unei pierderi

Alternativa d_2 are o valoare așteptată mai mică, dar nu conduce la pierdere în scenariile analizate

Un decident avers la risc ar putea prefera d_2 , chiar dacă $EV(d_2) < EV(d_3)$

Analiza de sensibilitate: concept



- În multe cazuri, probabilitățile asociate stărilor naturii și rezultatele estimate se bazează pe evaluări subiective
- Analiza de sensibilitate arată cât de mult se poate modifica o intrare a modelului fără ca alternativa recomandată să se schimbe

Intrări analizate

- probabilitățile asociate stărilor naturii
- valorile estimate ale rezultatelor

Soluție sensibilă

Dacă o **modificare mică** a unei intrări schimbă alternativa recomandată, soluția problemei decizionale este sensibilă la acea intrare

- În acest caz, estimarea intrării trebuie rafinată

Soluție robustă

Dacă **modificări moderate** ale intrărilor nu schimbă alternativa recomandată, soluția problemei decizionale este robustă la intrările analizate

- În acest caz, decizia este mai stabilă

Senzitivitatea față de probabilități: exemplu

$$EV(d_i) = \sum_{j=1}^N P(s_j) V_{ij}$$

Probabilități revizuite

Ex: Să presupunem că probabilitatea cererii mari este revizuită la 0.2, iar probabilitatea cererii scăzute este revizuită la 0.8

➤ S-ar schimba alternativa de decizie recomandată?

Valorile așteptate revizuite sunt:

$$EV(d_1) = P(s_1)V_{11} + P(s_2)V_{12} = 0.2 \cdot 17 + 0.8 \cdot 11 = 12.2$$

$$EV(d_2) = 0.2 \cdot 37 + 0.8 \cdot 7 = \mathbf{13}$$

$$EV(d_3) = 0.2 \cdot 58 + 0.8 \cdot (-12) = 2$$

Decizia recomandată devine: construirea unui complex mediu de apartamente (d_2), cu o valoare așteptată a profitului de **13 mil. lei**

Concluzie

Modificarea probabilităților poate schimba alternativa recomandată

Pentru a analiza sistematic această schimbare, exprimăm valorile așteptate în funcție de probabilitatea p a cererii mari

Senzitivitatea față de probabilitatea cererii mari

Alternative de decizie	Stări ale naturii	
	Cerere mare (s_1)	Cerere scăzută (s_2)
Complex mic (d_1)	17	11
Complex mediu (d_2)	37	7
Complex mare (d_3)	58	-12

Fie „ p ” probabilitatea de apariție a stării naturii s_1 :

$$P(s_1) = p \Rightarrow P(s_2) = 1 - p$$

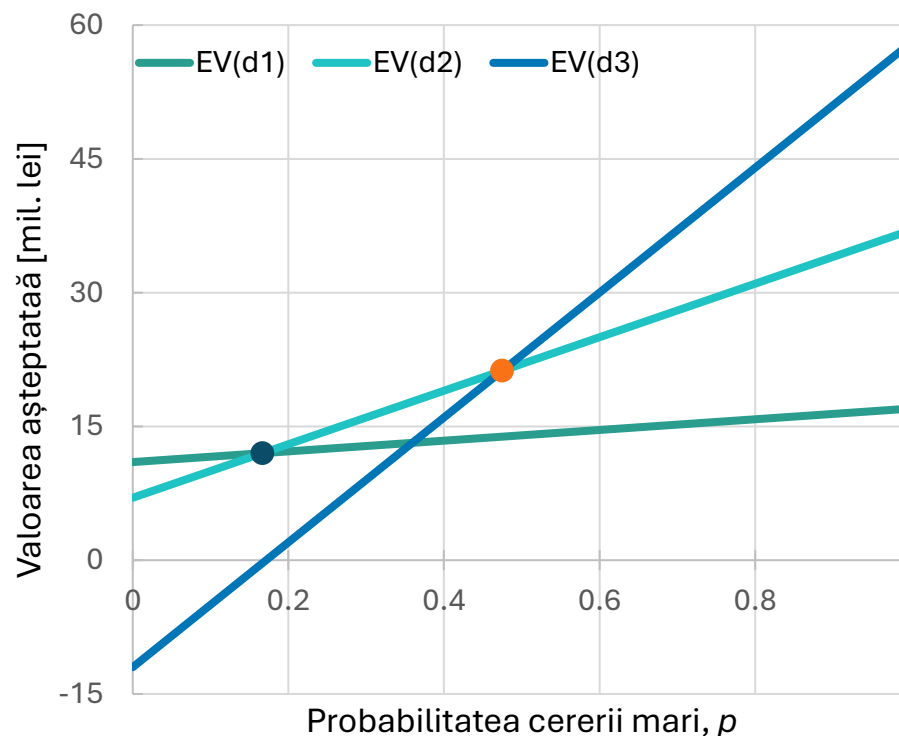
$$EV(d_1) = p \cdot 17 + (1 - p) \cdot 11 = 6 \cdot p + 11$$

$$EV(d_2) = p \cdot 37 + (1 - p) \cdot 7 = 30 \cdot p + 7$$

$$EV(d_3) = 70 \cdot p - 12$$

Decizia recomandată se modifică odată cu modificarea valorii lui p

- $0 \leq p < 0.167 \rightarrow$ **alternativa d_1** este decizia recomandată
- $p = 0.167 \rightarrow d_1$ și d_2 au aceeași valoare așteptată; decizia recomandată poate fi d_1 sau d_2
- $0.167 < p < 0.475 \rightarrow$ **alternativa d_2** este decizia recomandată
- $p = 0.475 \rightarrow d_2$ și d_3 au aceeași valoare așteptată; decizia recomandată poate fi d_2 sau d_3
- $0.475 < p \leq 1 \rightarrow$ **alternativa d_3** este decizia recomandată



Concluzie

Dacă $p > 0.475$, se recomandă complexul mare

Dacă p scade sub 0.475, complexul mare nu mai este alternativa optimă

Pentru $p = 0.2$, decizia recomandată este complexul mediu

Senzitivitate față de rezultatele estimate

$$P(s_1) = 0.8$$
$$P(s_2) = 0.2$$

- Calculele analizei de sensibilitate pot fi realizate și pentru valorile rezultatelor estimate
- În problema AC, valorile așteptate inițiale sunt: $EV(d_1) = 15.8$, $EV(d_2) = 31$, $EV(d_3) = 44$
- Alternativa d_3 rămâne optimă atâta timp cât: $EV(d_3) \geq EV(d_2) = 31$

Notății

S – profitul estimat pentru d_3 când cererea este mare

W – rezultatul estimat pentru d_3 când cererea este scăzută

$$EV(d_3) = 0.8 \cdot S + 0.2 \cdot W$$

Caz 1: se modifică profitul pentru cerere mare

Se păstrează rezultatul pentru cerere scăzută: $W = -12$ mil. lei

$$EV(d_3) = 0.8 \cdot S + 0.2 \cdot (-2) \geq 31 \Rightarrow S \geq 41.75$$

- d_3 rămâne alternativa optimă dacă profitul estimat pentru complexul mare, în cazul cererii mari, este de cel puțin 41.75 mil. lei

Caz 2: se modifică rezultatul pentru cerere scăzută

Se păstrează rezultatul pentru cerere scăzută: $S = 58$ mil. lei

$$EV(d_3) = 0.8 \cdot 58 + 0.2 \cdot W \geq 31 \Rightarrow W \geq -77$$

- d_3 rămâne alternativa optimă dacă rezultatul estimat pentru complexul mare, în cazul cererii scăzute, este de cel puțin -77 mil. lei

Analiza de senzitivitate: concluzii

Robustețea alternativei d_3

Rezultatele estimate pentru alternativa d_3 pot varia considerabil, iar d_3 rămâne alternativa recomandată

- Soluția problemei decizionale nu este foarte sensibilă la variațiile rezultatelor estimate pentru complexul mare

Interpretarea pragurilor

- Pentru **cerere mare**: d_3 rămâne alternativa optimă dacă $S \geq 41.75$ mil. lei
- Pentru **cerere scăzută**: d_3 rămâne alternativa optimă dacă $W \geq -77$ mil. lei

Limitarea analizei

- Analiza a fost realizată modificând o singură intrare la un moment dat
- Probabilitățile au rămas: $P(s_1) = 0.8$, $P(s_2) = 0.2$

Concluzii

Pot fi realizate calcule similare și pentru rezultatele estimate asociate alternativelor d_1 (complex mic) și d_2 (complex mediu)

- În aceste cazuri, alternativa de decizie d_3 rămâne optimă numai dacă modificările rezultatelor estimate pentru d_1 și d_2 respectă condițiile: $EV(d_1) \leq 44$ și $EV(d_2) \leq 44$

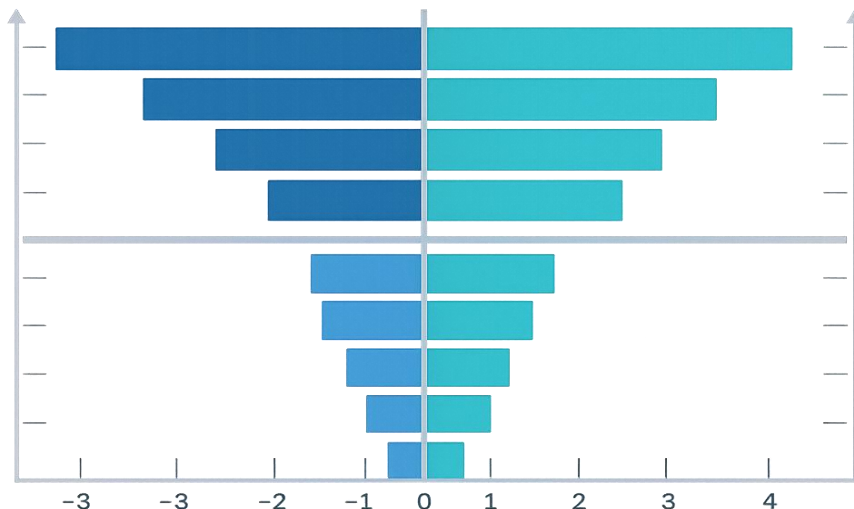
Observații

Profiluri de risc

Unele pachete software de analiză decizională pot genera automat profilurile de risc pentru alternativa recomandată

- De asemenea, permit compararea profilurilor de risc pentru mai multe alternative de decizie
- După compararea profilurilor, decidentul poate alege o alternativă cu un profil de risc mai favorabil, chiar dacă valoarea ei așteptată nu este maximă

Influența intrărilor asupra valorii așteptate



Diagramă de tip tornadă (*tornado diagram*)

Diagrama de tip tornadă este utilizată pentru a analiza influența mai multor intrări asupra valorii așteptate a soluției

- Fiecare intrare este variată în intervalul admis de valori
- Lungimea barei arată cât de mult influențează acea intrare valoarea soluției
- Cea mai lungă bară corespunde intrării la care soluția este cea mai sensibilă

Rezumat

Introducere în analiza decizională

Formularea problemei

- ✓Diagrame de influență
- ✓Tabele de decizie
- ✓Arbori de decizie

Luarea deciziilor în absența probabilităților

- ✓Metoda optimistă
- ✓Metoda conservatoare
- ✓Metoda minimizării regretului
- ✓Exemplu: analiza decizională la Eastman Kodak

Luarea deciziilor cu probabilități

- ✓Metoda valorii așteptate
- ✓Exemplu: detectarea timpurie a cererilor de invaliditate pe termen lung
- ✓Valoarea așteptată a informației perfecte

Analiza de risc și analiza de sensibilitate

- ✓Analiza de risc
- ✓Analiza de sensibilitate

→ Analiza decizională (II)