

---

# DONOŠENJE ODLUKA U UVJETIMA NEIZVJESNOSTI I RIZIKA

---

TEORIJA ODLUČIVANJA  
DECISION ANALYSIS

---

NEIZVJESNOST- situacija koja može rezultirati s više različitih ishoda (ne nužno i negativnih)

RIZIK- šansa ili vjerojatnost pojave negativnog događaja vezanog uz određenu akciju

---

---

# IZVORI RIZIKA U POLJOPRIVREDI

- PROIZVODNI RIZIK- bolesti, štetnici, vremenske prilike, genetske varijacije

*Utječe na prinos, kvalitetu proizvoda i potrebe za radnom snagom i strojevima*

- TRŽIŠNI RIZIK- promjene cijena inputa i proizvoda
  - FINANCIJSKI RIZIK
  - TRADICIONALANI RIZIK (RIZIK USLIJED NESREĆA- požar, poplave, krađe i sl.
  - ZAKONSKI RIZIK
  - LJUDSKI RIZIK
-

---

# TEORIJA VJEROJATNOSTI U DONOŠENJU POSLOVNIH ODLUKA

Matematička teorija slučajnih događaja počinje izučavanjem hazardnih igara

Pacal i Fermat (15. stoljeće).

$$P(A) = \frac{m(A)}{n}$$

$m(A)$ - broj povoljnih ishoda

$n$ - broj svih mogućih ishoda nekog događaja

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

---

# EMPIRIJSKA VJEROJATNOST

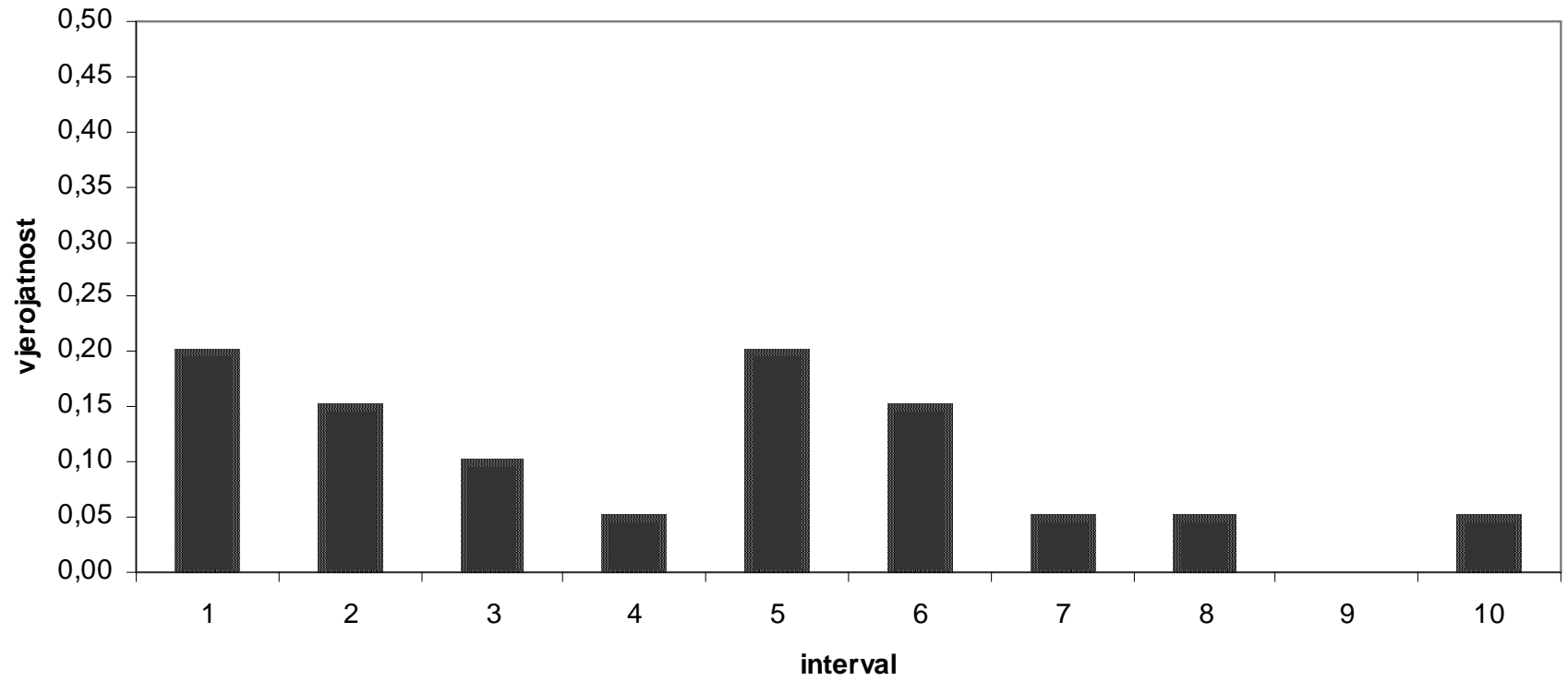
interval	oborine (mm)	broj opažanja	vjerojatnost
1	0-10	4	
2	11-20	3	
3	21-30	2	
4	31-40	1	
5	41-50	4	
6	51-60	3	
7	61-70	1	
8	71-80	1	
9	81-90	0	
10	91->	1	
	ukupno	20	

---

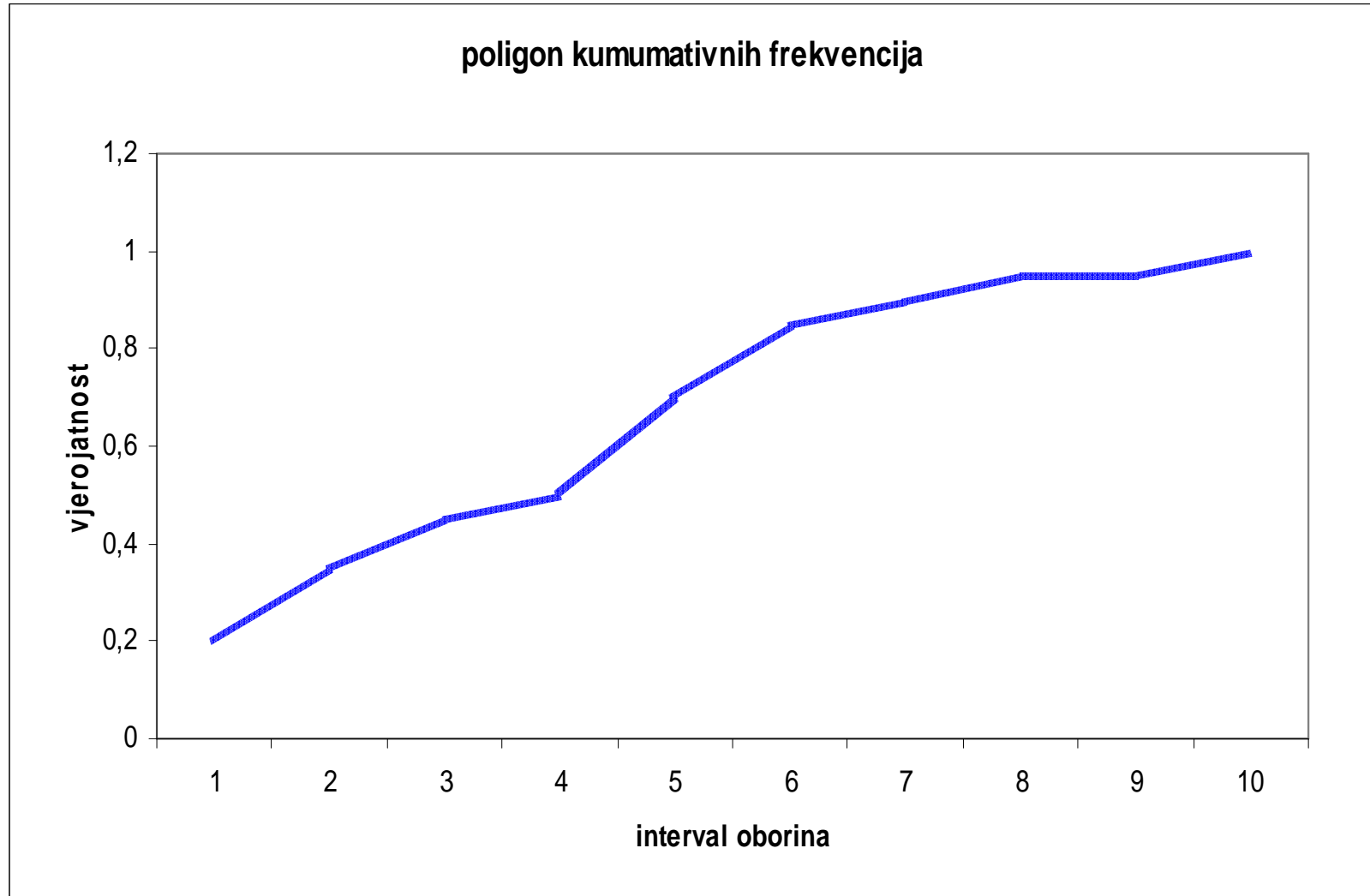
interval	oborine (mm)	broj opažanja	vjerojatnost
1	0-10	4	0,20
2	11-20	3	0,15
3	21-30	2	0,10
4	31-40	1	0,05
5	41-50	4	0,20
6	51-60	3	0,15
7	61-70	1	0,05
8	71-80	1	0,05
9	81-90	0	0,00
10	91->	1	0,05
	ukupno	20	

---

### poligon frekvencija



poligon kumulativnih frekvencija





---

# Poslovno odlučivanje

Rizične odluke imaju slijedećih pet dijelova:

- Akcija
  - Događaj
  - Posljedice
  - Vjerojatnosti
  - Kriteriji za odabir
-

---

**Očekivana (novčana) vrijednost** ili **prosjeck** distribucije vjerojatnosti je *ponderirani prosjek profitnih stopa za planirane događaje, pri čemu vjerojatnosti služe kao ponderi.*

$$E(V) = \sum_i P_i * V_i$$

Pri čemu je  $E(V)$  očekivana vrijednost,  
 $P_i$  je vjerojatnost za svaki događaj  $i$ , a  
 $V_i$  je profit za svaku projekciju.

---

cijena		
20	0,1	2,00
22	0,3	6,60
24	0,5	12,00
26	0,1	2,60
	E(x)	23,20
	Standardna devijacija	1,60
	Koeficijent varijacije	6,90

---

**Standardna devijacija ( $\sigma$ )** je statistička mjera količine disperzije ili varijacije predviđenih događaja od očekivane vrijednosti. Standardna devijacija služi kao apsolutna mjera količine rizika, kada rizik poistovjećujemo s varijabilnošću.

$$\sigma = \sqrt{\sum_i P_i (V_i - E)^2}$$



---

**Koeficijent varijacije** je relativna mjera stupnja varijabilnosti investicije. Stoga služi kao pokazatelj količine rizika u odnosu na očekivani povrat.

$$CV = \sigma / E(V)$$



- 
- Ulagač je napravio prognoze povrata i vjerojatnosti ostvarenja tih povrata na tri razine: optimistična, realna i pesimistična.

Prognoza	Uzgoj goveda		Uzgoj svinja	
	Profitna stopa	Vjerojatnost	Profitna stopa	Vjerojatnost
Optimistična	0,15	0,30	0,21	0,10
Realna	0,12	0,40	0,15	0,60
Pesimistična	0,09	0,30	0,08	0,30

---

PROIZVOD 1

DOBIT	VJEROJATNOST	
4000	0	
6000	0,08	
8000	0,12	
10000	0,18	
12000	0,22	
14000	0,24	
16000	0,13	
18000	0,03	
20000	0	

PROIZVOD 2

DOBIT	VJEROJATNOST	
4000	0,05	
6000	0,08	
8000	0,12	
10000	0,14	
12000	0,15	
14000	0,16	
16000	0,17	
18000	0,09	
20000	0,04	

---

Alternativa A	cijena	vjerojatnost
Prodaja u proljeće	A1 15 n.j.	0,2
	A2 10 n.j.	0,5
	A3 7.5 n.j	0,3

Alternativa B	cijena	vjerojatnost
Prodaja odmah	B1 9 n.j.	1,0

---



---

## Zadatak- Očekivana novčana vrijednost

Prodavač se suočava s problemom određivanja optimalne količine mlijeka koje bi dnevno trebao naručivati od proizvođača (Pretpostavimo kako mlijeko koje na kraju dana ostane neprodano propada). Prema podacima prodavača, potražnja se kreće kako je prikazano u tablici.

- a) Prema tablici 1, izračunaj vjerojatnost pojave određene razine dnevne potražnje
  - b) Nabavna cijena mlijeka po jedinici iznosi **8 n.j.**, a prodajna cijena iznosi **10 n.j.** Korištenjem vjerojatnosti iz tablice 1 odredi očekivanu novčanu vrijednost pri 27 jedinica mlijeka. Je li to optimalna dnevna količina koju treba naručiti? (2 boda)
-

---

Dnevna potražnja	Ostvarena potražnja (broj dana)	Vjerojatnost (Pi)
25 jedinica	20	
26 jedinica	60	
27 jedinica	100	
28 jedinica	20	
ukupno		

---

---

# Zadatok- Očekivani oportunitetni gubitak

---

---

Proizvođač sjemenske robe treba odrediti optimalnu razinu proizvodnje.

U tablici su prikazane su količine i potražnja u proteklom razdoblju  
Trošak proizvodnje iznosi **0,4 n.j./proizvod**, a prodajna cijena **0,5 n.j./proizvod**. Neprodano sjeme nema vrijednost.

- a) Prema tablici 1, izračunaj vjerojatnost pojave određene razine potražnje.
  - b) Budući je vjerojatnost potražnje manje ili veće od 300.000,00 proizvoda jednaka, treba li proizvođač proizvoditi baš 300.000,00 proizvoda? Obrazložite korištenjem očekivane vrijednosti.
-

---

Potražnja (broj proizvoda)	Ostvarena potražnja (broj razdoblja)	Vjerojatnost (Pi)
100.000,00	2	
200.000,00	2	
300.000,00	2	
400.000,00	2	
500.000,00	2	
Ukupno		

---

---

# Matrice

- Payoff matrices
  - Regret matrices
-

# Payoff matrica

promjena cijena	vjerojatnost	prodaja odmah	prodaja slijedeći tjedan
-5	0,2	31	-20
ista cijena	0,5	31	30
5	0,3	31	80
Minimalni povrat		31	-20
Maksimalni "Gubitak"		xxx	xxx
Očekivani povrat ili "gubitak"		31	35
Prosjek		31	30

# Regret matrica

promjena cijena	vjerojatnost	prodaja odmah	prodaja slijedeći tjedan
-5	0,2	0	51
ista cijena	0,5	0	1
5	0,3	49	0
Minimalni povrat		xxx	xxx
Maksimalni "Gubitak"		49	51
Očekivani povrat ili "gubitak"		14,7	10,7
Prosjek		16,3	17,3



---

# Kriteriji odlučivanja

- Maksimin- najveći minimalni povrat
  - Minimaks- najmanji maksimalni oportunitetni trošak
  - Maksimalni prosjek
  - Maksimalni očekivani povrat
  - Sigurnost na prvom mjestu
  - Vjerojatnost uspjeha
-

---

# Očekivana vrijednost savršene informacije

Cecile Miller, korporacijski odvjetnik, razmišlja o kupovnim dionica tvrtke Eli Lilly, velike farmaceutske kuće. Prema njenim procjenama, zaraditi će 20.000,00US\$ na kupnji dionica, ako tvrtka od državne agencije dobije dozvolu za plasman novoga lijeka na tržište. S druge strane, ako tvrtka ne dobije dozvolu, gubi 12.000,00 US\$. Prema njenoj procjeni postoji 0.5 (50%) vjerojatnost kako će tvrtka dobiti odobrenje i 0.5 vjerojatnost da neće dobiti odobrenje za plasman novoga lijeka na tržište.

---

---

# Očekivana korisnost

Izbor između (1) sigurnog dobitka 1.000.000,00 US\$ i (2) bacanja novčića kod kojega možeš dobiti 2.100.000,00 US\$ ako bude glava i izgubiti 50.000,00 US\$ ako padne na pismo. Očekivana novčana vrijednost takve oklade je

---

---

## *von Neumann-Morgenstern funkcija korisnosti*

Funkcija koristi pokazuju korist koju pojedinac pridružuje svakom mogućem rezultatu.

Pokazuje preferencije donositelja odluka prema riziku

U skladu s teorijom, donositelj odluka će uvijek odabrati onaj put koji maksimizira njegovu funkciju korisnosti.

---

---

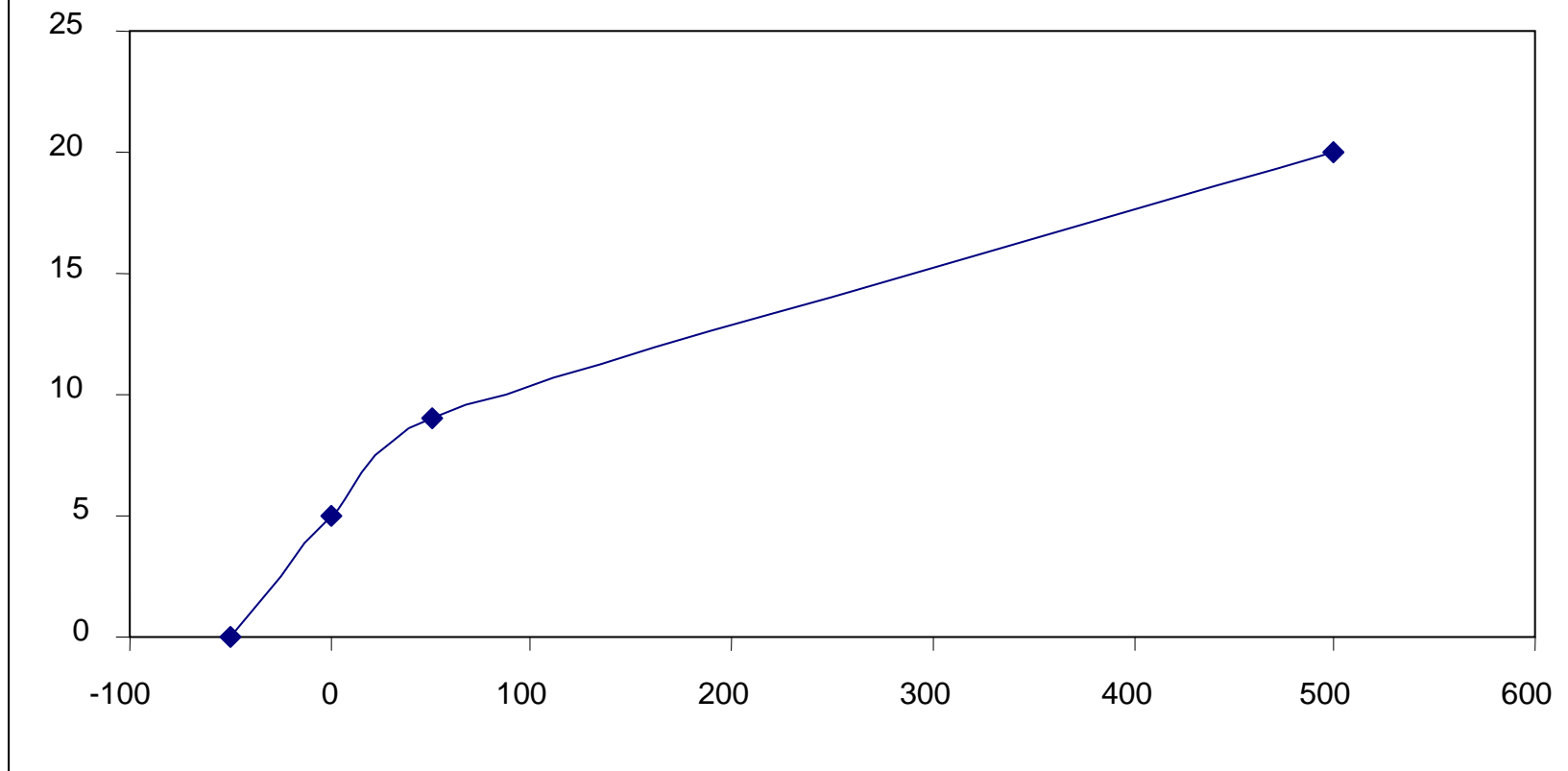
## Treba li uložiti u naftni biznis?

Za dodatnu ilustraciju koncepta očekivane novčane vrijednosti uzeti ćemo u obzir slučaj William-a Beard-a stvarnog investitora. Pretpostavimo da g. Beard mora odlučiti hoće li uložiti ili ne uložiti u naftno crpilište na određenoj lokaciji. On posjeduje informacije o troškovima bušenja i cijeni nafte kao i geološke analize o vjerojatnosti postojanja nafte na određenoj lokaciji. Na osnovu geoloških izvješća, on vjeruje kako postoji 0.8 vjerojatnost da nafta ne bude nađena, 0.12 vjerojatnost da se nađe 100 tisuća barela nafte i vjerojatnost 0.08 da će biti nađeno milijun barela nafte.

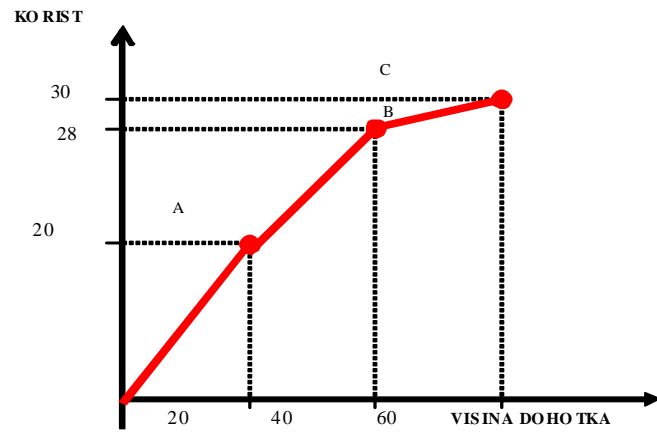
Samo na osnovu tih vjerojatnosti on ne može odlučiti hoće li ili ne investirati u naftnu bušotinu. On treba i podatke o dobiti (odnosno gubitku) za svaki od mogućih scenarija. Pretpostavimo kako vjeruje da investiranje donosi 50.000,00 US\$ gubitka ako se nafta ne pronade, 50.000,00 US\$ dobiti u slučaju pronalaska 100 tisuća barela nafte i dobit od 500.000,00 US\$ u slučaju pronalaska milijun barela nafte. Može li na osnovu tih informacija donijeti odluku investirati ili ne?

---

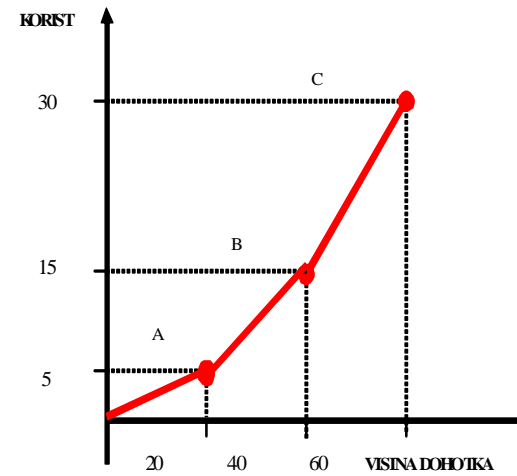
von Neumann- Morgenstern-ova funkcija korisnosti



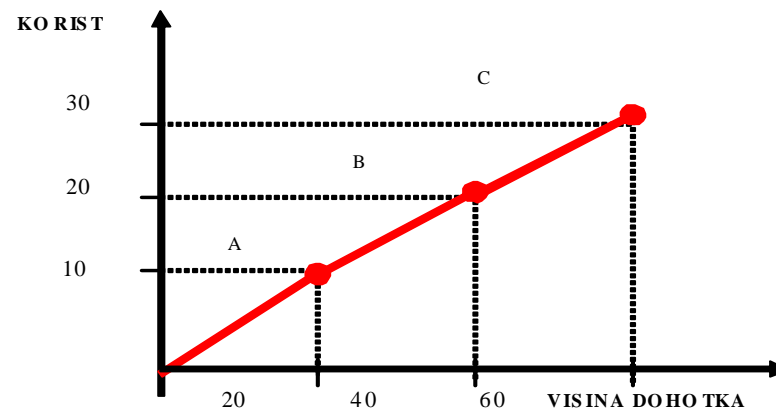
slika 2: a) Osobe nesklone riziku



slika 2. b) Osobe sklorne riziku



slika 2. c) Osobe neutralne s obzirom na rizik



---

# STRATEGIJE ZA KONTROLU RIZIKA

- Fleksibilnost
  - Izbor proizvodnje i diverzifikacija
  - Upravljanje proizvodnjom i proizvodna tehnika
  - Održavanje rezervnih materijala potrebnih za proizvodnju
  - Tržišna strategija
  - Financijska strategija
  - Rezerve radne snage i upravljanja
  - Informacije
  - Osiguranje
-



---

# Primjer

- Za primjer možemo uzeti investitora koji ocjenjuje dva gospodarstva, jedno u Kukuruznom pojasu (Corn Belt), a drugu u Velikim ravnicama (Great Plains) u SAD-u.
- Financijski analitičar izvještava ulagača kako oba gospodarstva imaju otprilike istu profitabilnost i rizika. Točnije, svako gospodarstvo ostvaruje povrat na imovinu od 20% sa standardnom devijacijom od 10%.

gospodarstvo	Corn Belt	Great Plains
Profit (povrat na imovinu), %	20	20
Rizik (st. Devijacija)	10	10

- Pretpostavimo kako ulagač može podijeliti svoja sredstva i jednoliko investirati na oba gospodarstva. Koja bi bila prednost takve strategije?
-

---

# Model portfelja

- Portfelj model pokazuje kako različite kombinacije investicija mogu smanjiti rizik više nego je to slučaj kod jedne investicije
  - Riječ portfelj (portfolio) znači *mješavina ili kombinacija imovine, proizvodnji ili investicija.*
-

---

# Model portfelja

- *Kombinacija ulaganja* naziva se **diverzifikacija** i ima potencijal smanjenja rizika zbog:
    - 1) broja ulaganja koje se poduzimaju,
    - 2) korelacije (ili kovarijance) između očekivanih povrata pojedinih investicija i
    - 3) mogućih promjena razine troškova i povrata po jedinici investicije.
-

---

INVESTICIJE  $\longrightarrow$   $X_1$  i  $X_2$

POVRAT  $\longrightarrow$   $r_1$  i  $r_2$

udjeli ukupnih resursa investiranih u  $X_1$  i  $X_2$   
 $\longrightarrow$   $P_1$  i  $P_2$

$$P_1 + P_2 = 1$$

---

---

Očekivani povrat portfelja je ponderirani prosjek pojedinačnih povrata:

$$r_t = r_1 P_1 + r_2 P_2$$

$\sigma_1$  i  $\sigma_2$  standardne devijacije  $X_1$  i  $X_2$  i  $\sigma_{12}$  je njihova kovarijanca

$$\sigma_{12} = c \sigma_1 \sigma_2$$

pri čemu je  $c$  koeficijent korelacije povrata  $r_1$  i  $r_2$

---

---

Ukupna varijanca portfelja je zbroj pojedinačnih proporcionalnih varijanci plus (ili minus) kovarijanca:

$$\sigma_T^2 = \sigma_1^2 P_1^2 + \sigma_2^2 P_2^2 + 2P_1 P_2 c \sigma_1 \sigma_2$$

i ukupna standardna devijacija je

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_T^2}$$



---

gospodarstvo	Corn Belt	Great Plains
Profit (povrat na imovinu), %	20	20
Rizik (st. Devijacija)	10	10

Pretpostavimo kako je korelacija između povrata jednaka nuli!

1. Očekivani povrat

$$r_t' = (0.20)(0.50) + (0.20)(0.50) \\ = 0.20 \text{ (20\%).}$$

2. Ukupna varijancu diverzificiranog portfelja iznosi?

---

---

$$\begin{aligned}\sigma_T^2 &= (0.10)^2(0.50)^2 + (0.10)^2(0.50)^2 + 2 \\ &\quad (0.50)(0.50)(0.00)(0.10)(0.10) \\ &= 0.0025 + 0.0025 + 0.0000 \\ &= 0.0050\end{aligned}$$

i standardna devijacija iznosi:

$$\sigma_T = \sqrt{0.0050} = 0.0700 \text{ (7.07\%)}$$

Koeficijent korelacije = 1?

---



---

gospodarstvo	Corn Belt	Great Plains	Pacific
Profit (povrat na imovinu), %	20	20	20
Rizik (st. Devijacija)	10	10	10

Pretpostavimo kako je korelacija između povrata jednaka nuli!

---

## Diverzifikacija, rizik i kapacitet otplate duga

Ulaganje = 700.000,00 US\$

Ulaganje	A- stočarstvo	B- ratarstvo	C- fin. imovina
profit	14	12	7,5
st.devijacija	8	5	1
Koef. varijacije			
Druge obveze, uključujući i financijske	25.000,00	25.000,00	25.000,00

Portfelj	Ponderi za svaku investiciju (%)		
	A	B	C
1	100	0	0
2	50	50	0
3	33	33	33

Korelacije između investicija

A i B	0.30
A i C	-0.40
B i C	-0.10

---

	Portfelj		
	1	2	3
3. Očekivani povrat			
4. Standardna devijacija			
5. Koeficijent varijacije			
6. Druge obveze, uključujući i financijske	25.000,00	25.000,00	25.000,00

---

---

D/E = 0.15			
Glavnica i kamate	12.004,00	12.004,00	12.004,00
Minimalni iznos potreban za povlačenje i obveze prema dugovanjima	37.004,00	37.004,00	37.004,00
Vjerojatnost da će povrati biti dovoljni za vraćanje dugova i druge obveze			

---

---

D/E = 1			
Glavnica i kamate	46.016,00	46.016,00	46.016,00
Minimalni iznos potreban za povlačenje i obveze prema dugovanjima	71.016,00	71.016,00	71.016,00
Vjerojatnost da će povrati biti dovoljni za vraćanje dugova i druge obveze			

---

## FINANCIJSKI RIZIK

Vlastiti kapital (u '000 n.j.)	50	50	50
Zaduženost (zaduženost/kapital)	0%	50%	100%
Vanjski izvori kapitala (u '000 n.j.)	0	25	50
Ukupni kapital (u '000 n.j.)	50	75	100

Stopa povrata na ukupni kapital	10%	10%	10%
Ukupni prihod ('000 n.j.)	5	7,5	10
Kamate, 10% (u '000 n.j.)	0	2,5	5
Dobit nakon plaćanja kamata ('000 n.j.)	5	5	5
Povrat na vlastiti kapital	10%	10%	10%

Stopa povrata na ukupni kapital	5%	5%	5%
Ukupni prihod ('000 n.j.)	2,5	3,8	5
Kamate, 10% (u '000 n.j.)	0	2,5	5
Dobit nakon plaćanja kamata ('000 n.j.)	2,5	1,3	0
Povrat na vlastiti kapital	5%	3%	0%

Stopa povrata na ukupni kapital	15%	15%	15%
Ukupni prihod ('000 n.j.)	7,5	11,3	15
Kamate, 10% (u '000 n.j.)	0	2,5	5
Dobit nakon plaćanja kamata ('000 n.j.)	7,5	8,8	10
Povrat na vlastiti kapital	15%	18%	20%