

APLIKÁCIA ROZHODOVACÍCH STROMOV PRI STANOVENÍ  
OPTIMÁLNEJ STRATÉGIE V JEDNOETAPOVOM ROZHODOVACOM  
PROCESE

APPLICATION OF DECISION TREES METHODOLOGY  
FOR IDENTIFICATION THE OPTIMAL STRATEGY OF ONESTAGE  
DECISION PROCESS

*HALADOVÁ, Andrea. (SR)*

---

**ABSTRACT**

The paper demonstrates application of decision trees methodology by the identification optimal investment project of selected agricultural enterprise. The decision trees introduce graphic instrument for the depiction of decision process and facilitate the depiction of risk variant's subsequence considering the specify criterion. The optimal strategy depends on the subjective evaluating of decision tree, for that reason is supplemented the decision process with the sensitive analysis. This analysis enables to identify elements, those law changes can cause modification of optimal strategy.

**KEY WORDS**

Investment project, decision trees, expected monetary value, optimal strategy, risk factors, sensitive analysis

---

**ÚVOD**

Rozhodovacie metódy sa uplatňujú v plánovaní vo všetkých odvetviach národného hospodárstva. Základným stavebným kameňom stratégie podniku je vymedzenie cieľov podniku, ktoré vychádzajú zo súčasného stavu a očakávaných zmien. Ekonomicky racionálny subjekt sa snaží systematicky vyhľadávať najlepšie možné riešenia rozhodovacích problémov a tak maximalizovať svoj zisk, poprípade si udržať pozíciu v dokonale konkurenčnom prostredí. Dôležitosť a význam investičných rozhodnutí pre rozvoj podniku vyplýva predovšetkým z dlhodobého vplyvu investícií na výrobo-technickú základňu podniku a jeho finančno-ekonomickú stabilitu.

Investičné rozhodovacie úlohy sú spravidla spojené s vkladom investičných prostriedkov do dlhodobo využívaných aktív, financovaných dlhodobým viazaným kapitálom a kritériom pre riešenie je obyčajne výnosnosť tohto kapitálu. Investície sú teda posudzované z hľadiska trhu, technického riešenia, ekonomickej efektívnosti a financovania. Prítom možno uvažovať o dvoch typoch úloh investičného rozhodovania:

- § je známy cieľ alebo funkcia investície a je hľadaný variant kapitálového riešenia na jej dosiahnutie,
- § je k dispozícii kapitál a je hľadané jeho najvhodnejšie investovanie.

Rozhodovacie procesy chápeme ako procesy riešenia rozhodovacích problémov, ktorých výsledkom je identifikácia optimálnej stratégie. Určenie optimálnej stratégie si vyžaduje znalosť riešenej problematiky. Z uvedeného hľadiska je nutnou súčasťou rozhodovacieho procesu etapa zhromažďovania všetkých potrebných informácií. Zväčšujúcou sa komplexnosťou chápania problematiky, zväčšuje sa neustále i zložitnosť rozhodovacích problémov.

## MATERIÁL A METÓDY

*Rozhodovací strom* je graficko – analytická metóda, ktorá využíva na určenie optimálneho variantu riešenia zjednodušené zobrazenie rozhodovacieho procesu pomocou grafu a jednoduché matematické postupy.

Prednosťou využitia pravdepodobnostných stromov pre stanovenie rozdelenia pravdepodobnosti dôsledkov rizikových variantov je podľa *Fotra a Dědinu (1997)* jednoduchosť konštrukcie, prehľadnosť a zrozumiteľnosť. Súčasne môže tento strom slúžiť ako významný faktor komunikácie, lebo jeho každá vetva je zobrazením určitého možného budúceho vývoja sveta, predstavuje teda určitý scenár. *Repiský (2003)* považuje za vhodnejší prostriedok zobrazenia a samotnej analýzy rozhodovacieho problému influenčný diagram. Metodológiu rozhodovacích stromov uprednostňuje v prípade zobrazenia a riešenia sekvenčných rozhodovacích problémov, kedy je potrebné realizovať postupne celý rad rozhodnutí, pri ktorých následné rozhodnutie závisí od predchádzajúceho.

Pri riešení rozhodovacieho problému sa alternatívne rozhodnutia vyjadrujú graficky ako vetvy vychádzajúce z určitého kmeňa (uzla). Rozhodovací strom je teda určitým typom neorientovaného grafu, ktorý obsahuje množinu uzlov a množinu neorientovaných hrán.

*Rozhodovací uzol* (*Decision node* ■ ) predstavuje takú fázu rozhodovacieho procesu, pri ktorej sa subjekt rozhodovania sám rozhodne pre niektorú z možných alternatív riešenia. Z rozhodovacieho uzla vychádza deterministická činnosť.

*Náhodný uzol* (*Chance node* ● ) znázorňuje takú fázu rozhodovacieho procesu, pri ktorej ďalšia alternatíva riešenia nie je závislá na subjekte rozhodovania, ale závisí na pôsobení náhodných faktorov. Po situačnom uzle nasleduje stochastická činnosť.

*Koncový uzol* (*endpoint* ◀ ) ukončuje jednotlivé vetvy. Môže byť určený hodnotou alebo vzorcom, ktorý využíva hodnoty predchádzajúcich uzlov.

Po zadaní všetkých vstupných údajov (všetkých uzlov) je rozhodovací strom pripravený pre jeho komplexné vyhodnotenie, čiže určenie optimálnej stratégie.

Ohodnotenie stromu je možné dvoma metódami: *priamou metódou a nepriamou (spätnou) metódou*.

*Nepriama metóda (Roll-back)* hodnotí rozhodovací strom sprava do ľava. Hodnoty v náhodných uzloch sú nahrádzané očakávanou hodnotou a hodnoty v rozhodovacích uzloch sú nahradené najlepšou hodnotou.

Pri *priamej metóde* je postup výpočtu zľava doprava, na základe kritéria *očakávaná peňažná hodnota* (Expected Monetary Value – EMV). Hodnota pravdepodobnostného stromu sa vyčísluje pomocou vzťahu (1):

$$EMV = \sum_{i=1}^n p_i \times NPV_i \quad (1)$$

Kde:

<i>EMV</i>	<i>očakávaná peňažná hodnota</i>
<i>p<sub>i</sub></i>	<i>pravdepodobnosť i-teho scenára</i>
<i>NPV<sub>i</sub></i>	<i>čistá súčasná hodnota i-teho scenára</i>

Ohodnotený rozhodovací strom je možné využiť k stanoveniu optimálneho variantu riešeného rozhodovacieho problému; k stanoveniu optimálnej stratégie postupnosti optimálnych rozhodnutí v jednotlivých etapách rozhodovacieho procesu. Kritériom pre rozhodovanie prostredníctvom rozhodovacích stromov môže byť, ako uvádza *McNamee a Celona (1990)*, očakávaná peňažná hodnota, alebo hodnota istotného ekvivalentu. Najväčšie úskalia správneho použitia tohto aparátu vidia v rešpektovaní závislostí medzi premennými a v korektnom pridaní novej informácie k všeobecnému poznaniu.

Pri jednotlivých rozhodovacích situáciách je žiadúce zohľadniť postoj rozhodovateľa k riziku. Kritérium očakávaná hodnota predpokladá neutrálny postoj k riziku, averzný postoj rozhodovateľa k riziku sa zabezpečuje prostredníctvom istotného ekvivalentu. Istotný ekvivalent zodpovedá očakávanej hodnote užitočnosti.

Podľa *Sojkovej (1995)* sa pri kvantifikácii podnikateľského a finančného rizika čoraz viac dostávajú do popredia aplikácie simulačných postupov, využitie ktorých predpokladá definovanie vstupných faktorov rizika investičného zámeru ako náhodných veličín s určitým rozdelením pravdepodobnosti. Signifikantný vplyv faktorov na konečný ukazovateľ je možné stanoviť na základe senzitivnej analýzy.

Aplikácia aparátu rozhodovacích stromov je názorne demonštrovaná na investičnej činnosti podnikateľského subjektu, podnikajúcom v oblasti poľnohospodárskej prvovýroby. Poľnohospodárska výroba zahŕňa rastlinnú produkciu. Rastlinná výroba je zameraná na ozimnú pšenicu, kukuricu na zrno, repku olejnú a hrach siaty. Všetky mechanizačné práce vykonáva podnik s využitím služieb. Celková využívaná poľnohospodárska pôda s rozlohou 1200 ha je majetkom podniku. Podnikateľská činnosť, ktorú podnik vykonáva, zabezpečí každoročný zisk, no ekonomická efektívnosť je relatívne nízka. Rozšírením podnikateľskej aktivity o živočíšnu výrobu má subjekt príležitosť zvýšiť svoju trhovú hodnotu. Finančné prostriedky určené na rozvoj plánuje optimálne investovať do jedného z pripravených projektov:

- § *Dojnice MAX (maximálne využitie kapacity ustajňovacích priestorov),*
- § *Dojnice MIN,*
- § *Výkrm hovädzieho dobytká.*

## VÝSLEDKY

Na základe investičných modelov vypracovaných v tabuľkovom procesore Microsoft® Excel boli kvantifikované hodnoty NPV jednotlivých strategických zámerov v dlhodobom časovom horizonte.

K určení faktorov rizika vo všetkých investičných projektoch bola použitá senzitivna analýza. Pozornosť je zameraná na skúmanie vplyvu jednotlivých faktorov rizika na hodnotu NPV. Významný vplyv na výsledné kritérium NPV majú tie faktory, ktoré spôsobia väčšiu percentuálnu zmenu NPV ako je percentuálna zmena samotného faktora.

Faktory rizika pre eventuálne investičné zámery:

- § *Dojnice MIN:* cena mlieka, úžitkovosť dojníc.
- § *Dojnice MAX:* cena mlieka, úžitkovosť dojníc, využitá kapacita ustajňovacích priestorov.
- § *Výkrm hovädzieho dobytká:* cena mäsa, priemerný denný hmotnostný prírastok.

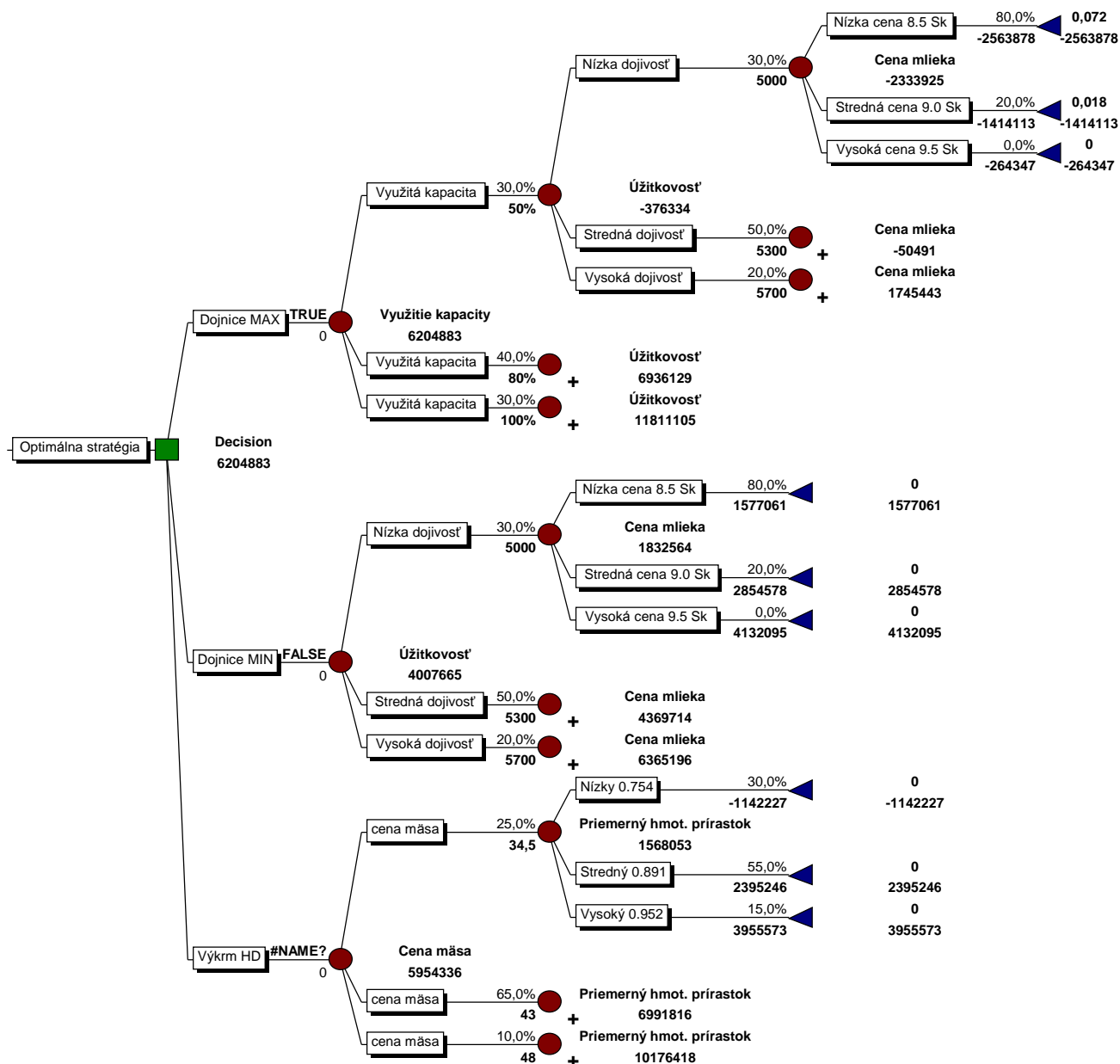
Základný princíp jednoetapových rozhodovacích stromov spočíva v rozhodnutí sa v jednej etape medzi tromi uvedenými stratégiami.

Jednoetapový rozhodovací strom je zložený z jedného rozhodovacieho uzla, v ktorom sa investor rozhoduje medzi tromi uvedenými investičnými projektami. Náhodné uzly zobrazujú faktory rizika pre každú investičnú stratégiu, koncové uzly zodpovedajú potenciálnym výstupom (NPV). Náhodné uzly sú charakteristické hodnotou výstupu a pravdepodobnosťou, s ktorou môže daný výstup nastať. Pravdepodobnosti nastatia jednotlivých situácií sú subjektívnym odhadom, pričom sa vychádza z dostupných informácií k danej problematike (Obrázok 1). K zostrojeniu a ohodnoteniu rozhodovacieho stromu bol využitý software @*PrecisionTree for Excel*.

Základným kritériom pre výber optimálneho investičného projektu je očakávaná hodnota. Investičné stratégie dosahujúce kladné očakávané hodnoty predstavujú množinu prípustných riešení. Optimálny investičným projektom je projekt, ktorý dosahuje maximálnu očakávanú

hodnotu. Na Obrázku 1 možno vidieť, že maximálna očakávaná hodnota je vyčíslená v prípade projektu *Dojnice MAX*, a to 6 204 883 Sk. Len o niečo nižšiu očakávanú hodnotu je možné dosiahnuť v prípade investičného projektu *Výkrmu hovädzieho dobytku* (5 954 336 Sk). Najhoršie sa javí investičný projekt *Dojnice MIN*.

**Obrázok 1** JEDNOETAPOVÝ ROZHODOVACÍ STROM

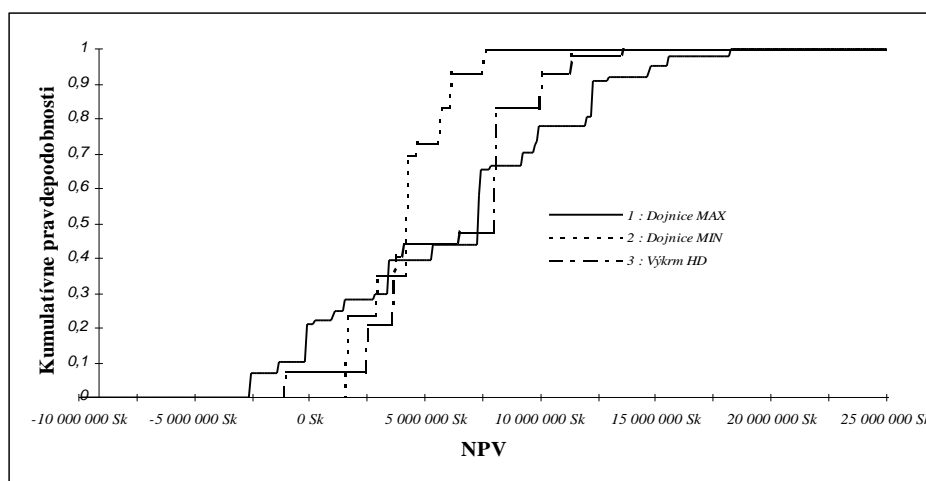


Výstupom analýzy pri využití rozhodovacích stromov sú štatistické ukazovatele, ktoré presnejšie charakterizujú jednotlivé investičné projekty. Ako základné štatistické charakteristiky sú k hodnoteniu investícií k dispozícii minimá, maximá, stredné hodnoty, štandardné odchýlky, variačné koeficienty, koeficienty šikmosti a špicatosti (Tabuľka 1).

**Tabuľka 1** ZÁKLADNÉ ŠTATISTICKÉ CHARAKTERISTIKY INVESTIČNÝCH PROJEKTOV

Rozhodnutie	Dojnice MAX	Dojnice MIN	Výkrm HD
Stredná hodnota	6204883	4007665	5954336
Minimum	-2563878	1577061	-1142227
Maximum	18151833	7530292	13484356
Modus	7262479	4234297	8010422
Štandardná odchýlka	5389576	1770824	3495681
Koeficient šikmosti	0	0	0
Koeficient špicatosti	2	2	2

Komparatívne posúdenie investičných projektov je možné na základe pravidla stochastickej dominancie. Zobrazenie distribučných funkcií v Grafe 1 umožňuje ich vzájomné porovnanie. Graf znázorňuje pravdepodobnosti, s ktorými bude potenciálny výstup investičného projektu menší popri prípade rovný určitej čistej súčasnej hodnote. Na základe grafického zobrazenia možno potvrdiť stochastickú dominanciu tretieho stupňa, čiže jednoznačne nemožno určiť za optimálny ani jeden z investičných projektov. Plocha prekrytia v hornom obore hodnôt je väčšia ako plocha prekrytia v dolnom obore hodnôt. Pri rozhodovaní sa medzi analyzovanými projektmi je rozhodujúcou mierou averzie investora k riziku.

**Graf 1** KUMULATÍVNE PRAVDEPODOBNOSTI PRE JEDNOETAPOVÝ ROZHODOVACÍ STROM

## DISKUSIA

Z hľadiska eliminácie rizika podnikateľských subjektov je vhodné pri dostatočných peňažných prostriedkoch prijať niekoľko investičných projektov. Práve poľnohospodárska výroba je charakterizovaná vysokou mierou rizika, diverzifikácia výrobných činností je jedným zo spôsobov jeho znižovania. V poľnohospodárskych podnikoch sa však stretávame s orientáciou investora len na určitú činnosť. Malý a stredný podnikatelia nemajú zväčša dostatočné množstvo financií pre rozvoj diverzifikovanej výroby, preto sa sústreďujú len na určitú špecifickú oblasť so snahou vyrábať kvalitný produkt. Zníženie rizika dosahujú podniky i poistením v prípade prírodných katastrof. Popri uvedených spôsoboch znižovania rizika poprednú úlohu zohráva získavanie aktuálnych a kvalitných informácií, čo si vyžaduje vytvorenie kvalitného informačného systému v podniku.

## **ZÁVER**

Príspevok prezentuje výber optimálnej investičnej stratégie ako výsledok rozhodovacieho procesu. Výber konkrétneho investičného projektu je závislý od investora a jeho subjektívneho postoja k riziku. V prípade definovania vstupných údajov faktorov rizika investičných zámerov ako náhodných veličín s určitým pravdepodobnostným rozdelením je možné aplikovať simulačnú analýzu a získať distribučné funkcie, ktorých priebeh je plynulý a zabezpečuje jednoznačnejšie rozhodovanie na základe pravidla stochastickej dominancie. Daný prístup si vyžaduje detailnú analýzu faktorov rizika pre zobjektívnenie konečného riešenia.

## **ANOTÁCIA**

Príspevok demonštruje aplikáciu rozhodovacích stromov pri stanovení optimálneho investičného projektu vybraného poľnohospodárskeho subjektu. Rozhodovacie stromy predstavujú grafický nástroj pre zobrazenie rozhodovacieho procesu, umožňujú zobrazenie dôsledkov rizikových variant vzhľadom ku stanovenému rozhodovaciemu kritériu. Optimálna stratégia je závislá na subjektívnom ohodnotení rozhodovacieho stromu, preto je proces stanovenia optimálneho investičného projektu doplnený o senzitivnu analýzu. Analýza umožňuje identifikovať veličiny, na ktorých zmeny je optimálna stratégia málo citlivá, a naopak špecifikovať faktory rizika, ktorých malé zmeny spôsobia zmenu optimálnej stratégie.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

Investičný projekt, rozhodovacie stromy, očakávaná hodnota, optimálna stratégia, faktory rizika, senzitivna analýza

## **LITERATÚRA**

- 1 FOTR, Jiří: Podnikatelský plán a investiční rozhodování. 2.vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. 184 s. ISBN 80-7169-812-1
- 2 FOTR, Jiří– DĚDINA, Jiří: Manažérske rozhodování. 1.vyd. Praha:Ekopress, 1997. 208 s. ISBN 80-901991-7-8
- 3 McNAME, P. – CELONA, J.: Decision analysis with Supertree. San Francisco: The scientific Press, 1990. 114 s. ISBN 0-89426-188-6
- 4 REPISKÝ, Jozef: Tvorba a hodnotenie investičných zámerov pomocou modelovej techniky. 1.vyd. Nitra : SPU, 2000. 105 s. ISBN 80-7137-806-2
- 5 REPISKÝ, Jozef – HALADOVÁ, Andrea: Rozhodovacie stromy-účinný nástroj investičného rozhodovania za podmienok rizika. In: Firma a konkurenční prostředí 2003. Brno: MZLU, 2003, ISBN 80-7157-695-6
- 6 SOJKOVÁ, Zlata: Hodnotenie plodinových portfólií so zohľadnením rizika. In: Zemědělská ekonomika. Praha: Institute of Agricultural and Food Information, 1995. s.57-60 ISSN 0139-570X

## **KONTAKTNÁ ADRESA**

Ing. Andrea Haladová, Katedra Štatistiky a operačného výskumu FEM SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, č.tel. 037 6508 162, e-mail ah20@fem.uniag.sk