

Univerzita Jana Evangelisty Purkyně
v Ústí nad Labem

Přírodovědecká fakulta



Optimalizace investičních prostředků z hlediska výnosu fotovoltaických elektráren

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Petr Kotlan

Vedoucí práce: Ing. Roman Vaibar, Ph.D., MBA

Studijní program: Matematika ve firmách a veřejné správě

Ústí nad Labem 2024

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: Petr KOTLAN
Osobní číslo: F21060

Téma práce: Optimalizace investičních prostředků z hlediska výnosu fotovoltaických elektráren
Téma práce anglicky: Optimization of investment funds in terms of photovoltaic power plants
Jazyk práce: Čeština

Vedoucí práce: Ing. Roman Vaibar, Ph.D., MBA
Katedra informatiky

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je vyvinout aplikaci, která pomocí lineárního programování optimalizuje rozdělení investičních prostředků pro instalaci fotovoltaických elektráren na daných objektech. Optimalizace bude provedena na základě následujících hledisek:

- typu střechy – rovná, sedlová, valbová atd.,
- spotřeby v daném místě,
- ceny energie definované odkupem dle spotových cen OTE, a.s.,
- optimalizace uložistě,
- výpočtu předpokládaného ročního výkonu dle osvitových hodin.

Osnova:

1. Úvod
2. Současné modely výnosů fotovoltaických elektráren v ČR
3. Teoretická část
 - Přehled ekonomických pojmů
 - Základní modely matematické optimalizace
4. Praktická část
 - Popis aplikace
 - Případové studie
5. Zhodnocení výsledků
6. Závěr

Seznam doporučené literatury:

- VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-71-2.
- PLEVNÝ, Miroslav a Miroslav ŽIŽKA. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. Vyd. 2. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010. ISBN 978-80-7043-933-3.
- *Krátkodobé trhy*. Online. OTE. C2018. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/kratkodobe-trhy/elektrina/vnitrodenni-trh>. [cit. 2023-12-03].
- MITCHELL, Stuart; KEAN, Anita; MASON, Andrew; O'SULLIVAN, Michael a PHILLIPS, Antony et al. *Optimization with PuLP*. Online. COIN-OR Documentation Site. C2009. Dostupné z: <https://coin-or.github.io/pulp/>. [cit. 2023-12-03].

Podpis studenta:

Datum:

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Obsah

Úvod	3
1 Současné modely výnosů fotovoltaických elektráren v ČR	5
2 Teoretická část	6
2.1 Přehled ekonomických pojmů	6
2.1.1 Ukazatele výnosnosti investice	6
2.2 Základní modely matematické optimalizace	7
2.2.1 Formulace úlohy lineárního programování	7
2.2.2 Maticové vyjádření	8
2.2.3 Typy úloh lineárního programování	8
3 Praktická část	9
3.1 Popis aplikace	9
3.1.1 Data	9
3.2 Případové studie	9
4 Zhodnocení výsledků a závěr	10
Seznam zdrojů	10

Úvod

Současné modely výnosů fotovoltaických elektráren v ČR

Teoretická část

Tato část je rozdělena do dvou kapitol. První kapitola se zabývá hodnotícími metodami investic, které jsou využívány v ekonomice. Druhá kapitola se zabývá lineárním programováním.

2.1 Přehled ekonomických pojmů

2.1.1 Ukazatele výnosnosti investice

Vnitřní výnosové procento

(IRR – Internal Rate of Return)

$$\frac{P_1}{(1 + IRR)} + \frac{P_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{P_n}{(1 + IRR)^n} = K,$$

kde

n – počet let,

P_1, P_2, \dots, P_n – peněžní příjmy z investice v jednotlivých letech,

K – kapitálový výdaj,

i – požadovaná míra výnosnosti.

Čistá současná hodnota

(NPV – Net Present Value)

$$NPV = \frac{P_1}{(1 + i)} + \frac{P_2}{(1 + i)^2} + \dots + \frac{P_n}{(1 + i)^n} - K$$

2.2 Základní modely matematické optimalizace

Tato kapitola vychází ze dvou učebních textů. Prvním je *Matematika pro ekonomy* od R. Stolína [2] a druhým je *Operační výzkum* od J. Demela [3].

V úvodu této kapitoly jsou popsány základní pojmy a formulace úlohy lineárního programování.

Lineární programování patří k metodám *operačního výzkumu*. Je zaměřeno na hledání optimálního řešení při kterém, jsou zároveň splněny omezující podmínky.

2.2.1 Formulace úlohy lineárního programování

Účelová funkce

Účelová funkce je lineární funkcí n proměnných ve tvaru

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n, \quad (2.1)$$

kde c_1, c_2, \dots, c_n jsou konstanty, které nazýváme *cenové koeficienty* nebo *koeficienty účelové funkce* a x_1, x_2, \dots, x_n jsou *strukturní neznámé*.

Účelová funkce se buď maximalizuje

$$\max z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n, \quad (2.2)$$

nebo minimalizuje

$$\min z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n. \quad (2.3)$$

Omezující podmínky

Omezující podmínky jsou lineární rovnice nebo nerovnice ve tvaru

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2, \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m, \end{aligned}$$

nebo

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\geq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\geq b_2, \end{aligned}$$

$$\vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m,$$

kde a_{ij} jsou konstanty, které nazýváme *strukturní koeficienty* nebo *koeficienty omezení*, b_i jsou konstanty (tzv. *požadavková čísla*) a x_1, x_2, \dots, x_n jsou *strukturní neznámé*.

Zároveň omezující podmínky vymezují pro každou proměnnou x_1, x_2, \dots, x_n množinu hodnot, kterýh může nabývat. Nejčastěji se jedná o podmínky tvaru $x_i \geq 0$ (nezápornost). Jinými případy mohou být například podmínky tvaru $x_i \leq 0$ (nekladnost) nebo x_i může nabývat libovolné hodnoty („neomezeno“).

2.2.2 Maticové vyjádření

Můžeme vyjádřit účelovou funkci jako

$$z = \mathbf{c}^T \mathbf{x},$$

kde $\mathbf{c} = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T$ je vektor cenových koeficientů a $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ je vektor strukturních neznámých.

Omezující podmínky můžeme vyjádřit jako maticový součin

$$\mathbf{A}\mathbf{x} \leq \mathbf{b},$$

kde \mathbf{A} je matice strukturních koeficientů a \mathbf{b} je vektor pravých stran omezujících podmínek.

2.2.3 Typy úloh lineárního programování

Praktická část

3.1 Popis aplikace

3.1.1 Data

Český hydrometeorologický ústav

ČHMÚ

Podmínky užití dat

OTE, a.s.

OTE (Otevřený trh s elektřinou)

3.2 Případové studie

Zhodnocení výsledků a závěr

Seznam zdrojů

- [1] *Krátkodobé trhy*. Online. OTE. C2018. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/kratkodobe-trhy/elektrina/vnitrodenni-trh>. [cit. 2023-12-03].
- [2] STOLÍN, Radek. *Matematika pro ekonomy*. 2., upr. vyd. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava, 2011. ISBN ISBN978-80-87035-35-1.
- [3] DEMEL, Jiří. *Operační výzkum*.