

Rozhodovací procesy v ŽP

Cvičení č.2 – Nelineární optimalizace – „problém EROZE“

Navrhněte způsob zemědělského hospodaření v povodí vodárenského toku tak, aby výsledné měsíční zatížení toku dusíkem bylo nižší než povolená hodnota $N = 53\text{kg}$.

Známy jsou odtoky z plochy $Q_{i,j,t}$ [mm] pro každý půdní druh i ($i = 1,2$), plodinu j ($j = 1,2,3$) v měsíci t ($t = 1,2,\dots,12$), dále koncentrace dusíku v odtoku c_j [mg/l] pro plodinu j .

Hospodaření v rámci povodí se dělí na opatření agrotechnická a technická protierozní zásahy.

Agrotechnické řešení spočívá v rozdělení celkové obdělávané plochy **100 ha** na jednotlivé plochy $A_{i,j}$ [ha] podle druhu půdy i a plodiny j .

Technická protierozní opatření se v rámci jednoduchosti provádějí vždy na celé ploše $A_{i,j}$ a provádějí se bivalentně (tedy buď jsou realizována zcela, nebo vůbec). Ve výpočtu se protierozní technické opatření projeví změnou koeficientu obohacení splachu dusíkem $e_{i,j}$. Uvažují se tedy dvě hodnoty $e_{i,j}$ a to – pro erozně nechráněnou plochu $e_{i,j} = 2$, pro plochu s technickou protierozní ochranou $e_{i,j} = 1$.

Vzorec pro rozpuštěný dusík ve vodě $N_{i,j,t}$ [kg] z plochy $A_{i,j}$ v měsíci t je:

$$N_{i,j,t} = 0,01 c_j \cdot Q_{i,j,t} \cdot A_{i,j} \cdot e_{i,j}$$

$$c_j = j \text{ [mg/l]}$$

Platí omezení:

$$\sum_i \sum_j N_{i,j,t} \leq 53\text{kg} \text{ pro } t = 1,2,\dots,12$$

Dále platí omezení daná zemědělskou výrobou pro:

$i = 1$... lehké půdy

$j = 1$... píce

$i = 2$... středně těžké až těžké půdy

$j = 2$... obiloviny

$j = 3$... okopaniny

a) omezení daná výměrou půdy [ha]

$$\sum_j A_{1,j} = 20 \quad \sum_j A_{2,j} = 80 \quad \sum_i \sum_j A_{i,j} = 100$$

b) omezení plodin

$$A_{i,3} \geq 10 \text{ pro } i = 1,2 \quad A_{i,j} \geq 5 \text{ pro } i = 1,2 \text{ a } j = 1,2,3$$

Úkol:

- 1) Ověřte řešitelnost úlohy, tedy, že existuje alespoň jedna přípustná varianta řešení $A_{i,j}$ a $e_{i,j}$
- 2) Ověřte, zda existuje alespoň jedna nepřípustná varianta řešení
- 3) Navrhněte oproti variantě 1) **výhodnější** (účelová funkce ≥ 150) přípustnou alternativu

Účelová funkce:

Za účelovou funkci považujte minimalizaci nákladů na technická protierozní opatření. Předpokládejte, že náklady Z jsou úměrné hodnotě plochy... $(2 - e_{i,j})$. Tento prvek nabývá hodnoty **0** pro nechráněné pozemky a hodnoty **1** pro pozemky erozně chráněné.

Celkové náklady Z tedy budou rovny:

$$Z = K \sum_i \sum_j (2 - e_{i,j}) \cdot A_{i,j}$$

...kde K je konstanta úměrnosti ceny, kterou lze vypustit. Chceme $Z \rightarrow \min$, tedy

$$2 \sum_i \sum_j A_{i,j} - \sum_i \sum_j A_{i,j} \cdot e_{i,j} \rightarrow \min$$

První člen je konstantní (200), lze jej vypustit a místo minimalizace záporné hodnoty lze maximalizovat hodnotu kladnou. Pak je tedy výsledná účelová funkce:

$$\sum_i \sum_j A_{i,j} \cdot e_{i,j} \rightarrow \max$$

Odtoky $Q_{i,j,t}$ [mm] jsou pro všechny měsíce u daných kombinací půda x plodina dány následující tabulkou.

t	i	1	1	1	2	2	2
	j	1	2	3	1	2	3
1		0	0	0	0	0	0
2		0	0	5	4	8	15
3		0	0	5	4	8	15
4		3	5	10	8	10	20
5		4	8	20	20	30	50
6		3	6	12	10	10	25
7		3	6	15	12	10	25
8		2	5	13	13	20	30
9		2	4	10	10	15	20
10		2	5	13	13	20	30
11		1	2	6	6	10	15
12		0	0	0	0	0	0