

Přílohy

Příloha 1

Řešení úlohy lineárního programování v MS Excel

V této příloze si ukážeme, jak lze řešit úlohy lineárního programování pomocí tabulkového procesoru MS Excel 2007. Výpočet budeme demonstrovat na příkladu 2.1 z kapitoly 2.

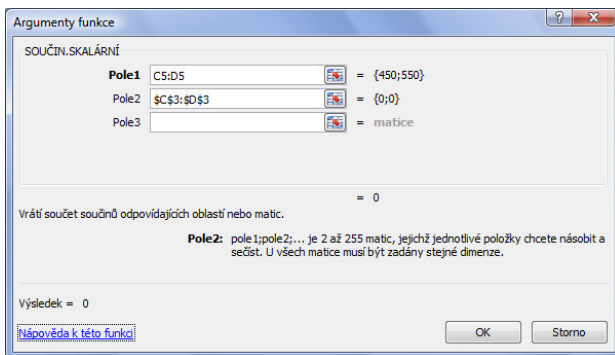
1. Nejdříve zadáme do tabulky koeficienty, obsažené v matematickém modelu (obr. P1.1). Údaje ve sloupci C se týkají autíček, tj. proměnné x_1 , sloupec D odpovídá vláčkům, tj. proměnné x_2 . Koeficienty účelové funkce zadáme do buněk v oblasti C5:D5, koeficienty u proměnných v omezujících podmínkách do oblasti C6:D8 a hodnoty pravých stran do buněk G6:G8. V tabulce je nutné vymezení buněk pro hodnoty proměnných x_1 , x_2 . Na obr. P1.1 se jedná o oblast C3:D3. Na počátku můžeme do těchto buněk vložit nuly.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2			Autíčka	Vláčky				
3		Výroba	0	0				
4								
5		Zisk	450	550	0		Pravá strana	
6		Rezbářská práce	1	2	0	<=	5000	
7		Dokončovací práce	1	1	0	<=	3000	
8		Poptávka	1	0	0	<=	2000	
9								
10								
11								
12								

Obr. P1.1 – Zadání úlohy v MS Excel

2. K zápisu matematického modelu v MS Excel je zapotřebí vložit do buněk výrazy, představující účelovou funkci a levé strany omezujících podmínek. Pro tento účel jsme v tabulce (obr. P1.1) vyhradili sloupec E. Účelová funkce je z matematického hlediska skalárním součinem vektoru koeficientů účelové funkce (oblast C5:D5) a vektoru proměnných (oblast C3:D3).

Využijeme-li pro vložení účelové funkce do buňky E5 průvodce zadávání funkcí, najdeme v seznamu funkci SOUČIN.SKALÁRNÍ a výše uvedené oblasti označíme podle obr. P1.2. Jak se ukáže později, bude účelné adresy buněk obsahujících proměnné zadat se znaky \$ (dolar)⁸³ jako tzv. absolutní adresy. Protože hodnoty proměnných jsou nulové, objeví se v buňce E5 také nula.



Obr. P1.2 – Zadání účelové funkce pomocí průvodce

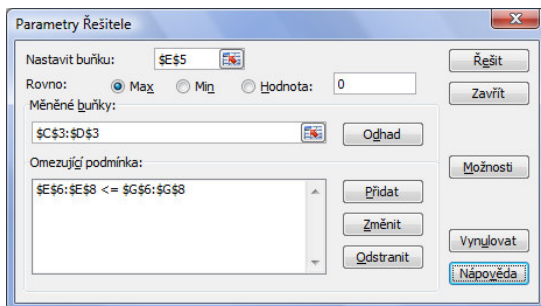
Výrazy odpovídající levým stranám omezujících podmínek (buňky v oblasti E6:E8), jsou skalárními součiny vektoru koeficientů v příslušném řádku a vektoru proměnných. Protože jsme při zadávání účelové funkce použili absolutní adresy pro oblast proměnných a relativní adresy pro oblast koeficientů účelové funkce, stačí buňku E5 jednoduše zkopírovat do buněk v oblasti E6:E8. Do sloupce F jsme z důvodu přehlednosti zapsali typ omezujících podmínek (<=).

3. K úplnému zadání matematického modelu a vyřešení úlohy v MS Excel je určen nástroj *Řešitel*, který se nachází na kartě *Data* ve skupině *Analýza*⁸⁴. V dialogovém okně *Parametry Řešitele* (obr. P1.3) zadáme matematický model úlohy. Volba *Nastavit buňku* je určena pro definici adresy buňky, v níž je zadána účelová funkce, tj. \$E\$5. Výběrem možnosti *Max* zajistíme, že se účelová funkce bude maximalizovat. V oblasti \$C\$3:\$D\$3 se na-

⁸³ Po výběru oblasti lze snadno měnit absolutní a relativní adresy buněk pomocí klávesy F4, s jejíž pomocí se cyklicky střídají všechny 4 možnosti adresování. Funkci lze samozřejmě zadat do buňky také přímo jako '=SOUČIN.SKALÁRNÍ(C5:D5;\$C\$3:\$D\$3)'.

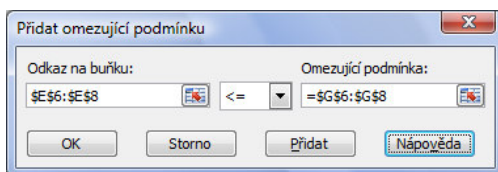
⁸⁴ Tento nástroj nemusí být na kartě *Data* k dispozici, přestože je nainstalován. Pro jeho zařazení na kartu je v tomto případě nutné využít tlačítko *Office* a následně tlačítko *Možnosti aplikace Excel*. V dialogovém okně potom zvolíme kategorii *Doplňky*, v rozbalovacím menu *Spravovat* vybereme *Doplňky aplikace Excel* a klikneme na tlačítko *Přejít...* V okně *Doplňky* pak zaškrtneme políčko *Řešitel* a potvrdíme tlačítkem *OK*. Po návratu do tabulky je již *Řešitel* součástí karty *Data*.

cházejí buňky, obsahující hodnoty proměnných. V MS Excel jsou nazvány jako *Měněné buňky*.



Obr. P1.3 – Zadání matematického modelu v řešiteli

Následuje zadání omezujících podmínek. Po kliknutí na tlačítko *Přidat* se objeví dialogové okno (obr. P1.4), v němž je zapotřebí zadat buňku s levou stranou omezující podmínky (*Odkaz na buňku*), typ omezení a buňku s hodnotou pravé strany (*Omezující podmínka*). Pokud jsou v tabulce zadány omezující podmínky stejného typu v souvislé oblasti jako v našem případě (typ \leq), lze zadat všechna omezení v rámci jednoho dialogového okna tak, jak je zřejmé z obr. P1.4.

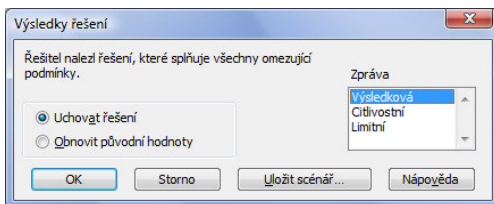


Obr. P1.4 – Zadání omezujících podmínek

K úplnému zadání matematického modelu chybí specifikace podmínek nezápornosti proměnných. K tomuto kroku využijeme tlačítka *Možnosti*; v dialogovém okně *Možnosti Řešitele* zaškrtneme políčko *Nezáporná čísla*. Protože MS Excel umožňuje řešit i jednodušší nelineární úlohy, musíme v tomto dialogovém okně ještě zaškrtnout políčko *Lineární model*.

- Po návratu do hlavního okna *Parametry Řešitele* klikneme na tlačítko *Řešit*, čímž spustíme výpočet. Objeví se dialogové okno (obr. P1.5), které uživateli umožňuje získat 3 typy výstupních zpráv. Výběr zprávy zajistíme kliknutím na její název. Pro naše účely postačí výběr *Výsledkové zprávy*. Tuto zprávu najdeme později v novém listu, který bude přidán k ostatním listům v sešitu. Volbou *Uchovat řešení* zajistíme, aby se optimální hodnoty

proměnných objevily v odpovídající oblasti měněných buněk, tj. oblasti C3:D3. Volba *Obnovit původní hodnoty* by způsobila, že se do měněných buněk vloží hodnoty, které v nich byly před spuštěním výpočtu (v našem případě nuly).



Obr. P1.5 – Výsledkové dialogové okno

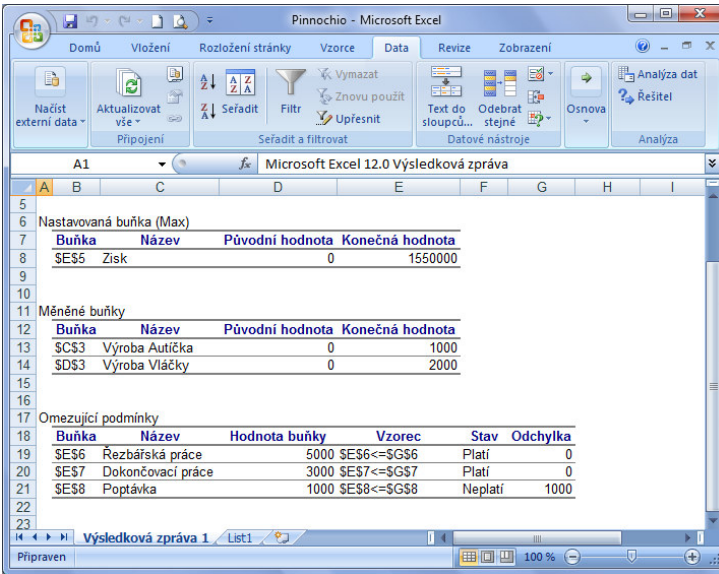
Kliknutím na tlačítko *OK* se vrátíme do tabulky s modelem, z níž lze vyčíst základní informace o optimálním řešení (obr. P1.6).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2			Autička	Vláčky				
3		Výroba	1000	2000				
4								
5		Zisk	450	550	1550000		Prává strana	
6		Řezbářská práce	1	2	5000	<=	5000	
7		Dokončovací práce	1	1	3000	<=	3000	
8		Poptávka	1	0	1000	<=	2000	
9								
10								
11								
12								

Obr. P1.6 – Tabulka s optimálním řešením

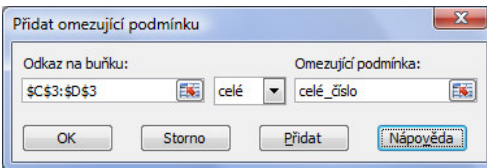
Podobnější výsledky nalezneme v přidaném listu *Výsledková zpráva 1* (obr. P1.7). Vzhledem k tomu, že v části 2.2 byly všechny vypočtené hodnoty podrobně interpretovány, soustředíme se pouze na to, kde tyto hodnoty v přidaném listu najdeme. Buňka E8 obsahuje optimální hodnotu účelové funkce 1550000. Optimální hodnoty proměnných 1000 a 2000 jsou v buňkách E13 a E14. Hodnoty přidatných proměnných v jednotlivých omezujících podmínkách najdeme ve sloupci nadepsaném jako *Odchylka*, tj. v oblasti G19:G21. Jsou to hodnoty 0, 0 a 1000. Sloupec *Stav* určuje,

zda je omezující podmínka splněna jako rovnost (*Platí*) či jako nerovnost (*Neplatí*).



Obr. P1.7 – Obsah výsledkové zprávy

Pro úplnost ještě dodejme, jakým způsobem lze v řešiteli pro obě proměnné zadat podmínky celočíselnosti, které mají v našem případě své opodstatnění, neboť jejich hodnoty představují počty výrobků. V dialogovém okně *Přidat omezující podmínku* do textového pole *Odkaz na buňku* zadáme oblast měněných buněk, které odpovídají celočíselným proměnným; v naší úloze jsou to buňky C3 a D3. V rozbalovacím seznamu, který slouží k definici typu omezení, pak vybereme možnost *celé*. Pro případ označení binárních proměnných⁸⁵ zde najdeme možnost *binární*.



Obr. P1.8 – Zadání podmínek celočíselnosti

⁸⁵ Např. v přiřazovacím problému.

Příloha 2

Řešení dopravního problému v MS Excel

V následujícím textu popíšeme postup řešení příkladu 2.5 z kapitoly 2 v prostředí programu MS Excel:

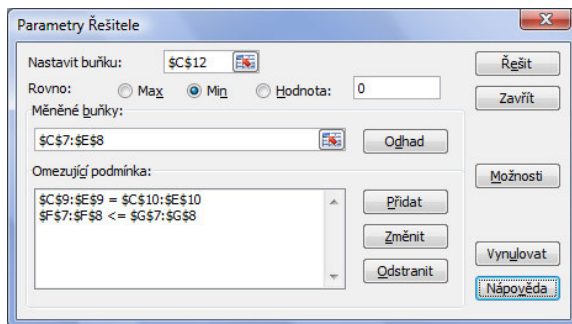
1. V prvním kroku do tabulky zadáme všechny koeficienty, obsažené v matematickém modelu. Nejdříve zadáme do oblasti C3:E4 jednotkové přepravní náklady (obr. P2.1). Dále vymežeme oblast, v níž budou hodnoty proměnných $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{23}$, tj. oblast C7:E8, a zadáme kapacity dodavatelů do oblasti G7:G8 a požadavky odběratelů do oblasti C10:E10.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2			Benešov	Jihlava	Tábor			
3		Humpolec	330	250	350			
4		Pelhřimov	300	240	250			
5								
6			Benešov	Jihlava	Tábor	Přeprava	Kapacita	
7		Humpolec	0	0	0	0	70	
8		Pelhřimov	0	0	0	0	80	
9		Přeprava	0	0	0			
10		Požadavek	45	60	35			
11								
12		Celkové náklady	0					
13								
14								

Obr. P2.1 – Zadání vstupních údajů a matematických výrazů

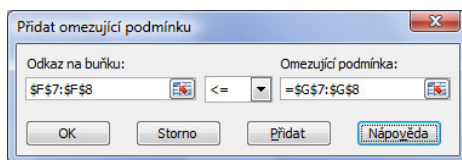
2. Následuje zadání výrazů uvedených v matematickém modelu, tj. levých stran omezujících podmínek a účelové funkce. Levá strana první omezující podmínky je součtem $x_{11} + x_{12} + x_{13}$, tj. součtem buněk C7:E7. Do buňky F7 tedy vložíme vzorec '=SUMA(C7:E7)'. Pro druhou omezující podmínku stačí zkopírovat tuto buňku do buňky F8. Podobným způsobem zadáme do buněk oblasti C9:E9 levé strany zbývajících tří omezujících podmínek matematického modelu. Účelovou funkci zadáme do buňky C12 jako funkci MS Excel '=SOUČIN.SKALÁRNÍ(C3:E4;C7:E8)'. Zadáme-li do všech buněk v oblasti C7:E8 nuly, získáme tabulku, která je znázorněna na obr. P2.1.
3. Nyní přistoupíme k zadání matematického modelu v řešiteli MS Excel. Na kartě *Data* ve skupině *Analýza* vybereme nástroj *Řešitel*. V dialogovém

okně *Parametry Řešitele* (obr. P2.2) nejprve určíme, ve které buňce se nachází vzorec účelové funkce – *Nastavit buňku*: $\$C\12 .

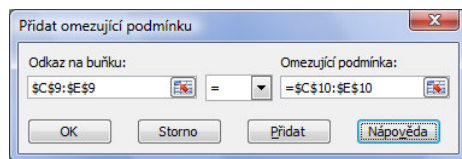


Obr. P2.2 – Zadání matematického modelu

Volbou *Min* určíme, že se účelová funkce bude minimalizovat. Do okna *Měněné buňky* zadáme oblast obsahující proměnné, tj. oblast C7:E8. Následuje zadání omezujících podmínek pomocí tlačítka *Přidat*. Podmínky pro dodavatele jsou uvedeny na obr. P2.3, podmínky pro odběratele na obr. P2.4.



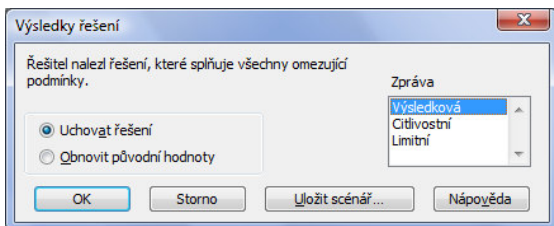
Obr. P2.3 – Omezující podmínky pro dodavatele



Obr. P2.4 – Omezující podmínky pro odběratele

Po kliknutí na tlačítko *Možnosti* se objeví dialogové okno *Možnosti Řešitele*, v němž zaškrtneme políčko *Lineární model*. Tím určíme, že se jedná o model lineárního programování. Zaškrtnutím políčka *Nezáporná čísla* respektujeme podmínky nezápornosti.

4. Řešení úlohy spustíme kliknutím na tlačítko *Řešit*. Objeví se dialogové okno (obr. P2.5), v němž vybereme *Výsledkovou zprávu* a zvolíme možnost *Uchovat řešení*, abychom zajistili, že se optimální hodnoty proměnných objeví v odpovídající oblasti měněných buněk, tj. oblasti C7:E8.



Obr. P2.5 – Výsledkové dialogové okno

Výsledek výpočtu je uveden v tabulce na obr. P2.6. Z Humpolce se bude každý týden dovážet 60 tun brambor do provozovny v Jihlavě, z Pelhřimova 45 tun do provozovny v Benešově a 35 tun do provozovny v Táboře. Porovnáním údajů ve sloupcích F a G zjistíme, že ve skladu v Humpolci zbude každý týden 10 tun brambor, které lze případně využít pro jiné účely. Sklad v Pelhřimově bude zcela vyčerpán. Minimální týdenní přepravní náklady činí 37250 Kč. Tyto informace lze zjistit i z výše zmíněné podrobnější zprávy v listu *Výsledková zpráva 1*.

	Benešov	Jihlava	Tábor	Přeprava	Kapacita
Humpolec	330	250	350	60	70
Pelhřimov	300	240	250	80	80
Požadavek	45	60	35		
Celkové náklady	37250				

Obr. P2.6 – Optimální řešení dopravního problému