Linear programming-introduction

Ing.J.Skorkovský,CSc.

USE

- Slitting and Levelling of material (coils, bars, sheets)-Cutting material, trimming,...
- Blending blending, diet, feeding rations for animals, ..
- Transport problems material flow from stock to the destination and route planning shortest route
- Assignment of resources with limited capacities CCR
- **Sources**: Operation Management, Quality and Competitiveness in a global environment, Russel and Taylor (can be found easily in ESF library)

CCR=Capacity Constraint Resource

CCR –additional information

- There are 3 categories of resources from the point of view of capacity:
- Bottleneck
- CCR Capacity Constraint Resource
- Non-CCR

Bottleneck – demand on the machine **is higher than the available capacity**. Works 24x7, the whole year around.

Set-up	Production time	

CCR (Capacity Constraint Resource) – according to the available time tha you allow it to work, it becomes a trouble maker. The load bigger than 70%. The idle time is so little and unstable that in no time it can turn to Bottleneck.

Set-up		Production time	Idle
ŗ			1 1

Non-CCR - idle capacity includes some protective capacity.

Set-up	Production time	Idle
		8

Formulation of the simple model

Product	Description	Work /hour	Material/pcs	Return/pcs
Dish	x1	1	4	40
Mug	x2	2	3	50



Which combination of products will have the greatest return at the limits of maximum production capacity type = **40** hours moreover, the amount of material that is limited to **120** kg of clay?

Note: A similar task in terms of flow was solved in the P&Q example (only valid for Czech student), where the limitation in resource B and with a maximum capacity of 2400 minutes)

Description x1 and x2 stands for variables, Material means e.g. 4 kg for one piece

Basic structures and used terminology

Target function

=Cx

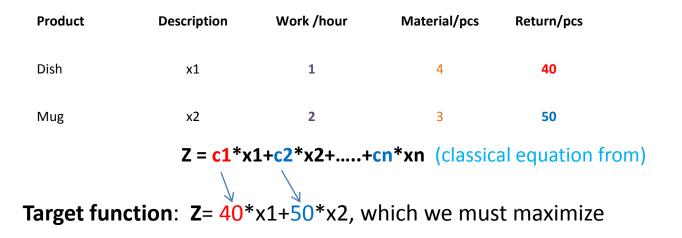
• We minimize our target function in the form of:

Z = c1*x1+c2*x2+....+cn*xn with respect to the matrix of restrictive conditions: (in our case c1=40 and c2=50 which means return/pc)

A11*x1 + A12*x2+ ...+ A1n*xn (<>=) B1 A22*x1 + A22*x2+ ...+ A2n*xn (<>=) B2

- It is a classical system of linear equations is Ax=B
- The solving of such a linear equation system, e.g. By use of GAUSS-JORDAN algorithm is not required if we will use **Excel Solver**.
- xij : decision variable= level of operation activity specified by this variable
- Bi : restrictive conditions , allowed deviations from the norm (in time and material)
- cj : coefficient of the target function (in our case returns, meaning return 40 and 50)
- Aij : restrictive coefficients: work and material for one unit (pcs) of the product

Example I (introduction to the problem – practical demonstration)



Maximal production capacity = 40 hours and Maximal quantity of material =120 kg (B1 and B2 in our mathematical expression)

Specifications of task restrictions by use of 2x2 matrix:

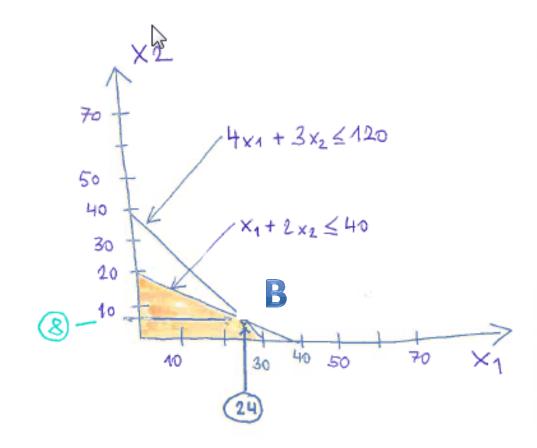
1*x1 + 2*x2 =40 (work- no more than 40 hours) 4*x1 + 3*x2 =120 (material=kg of clay in our case)->x1=(40-2x2)+3x2=120....

Manual solving : -> x1=24 a x2=8 and after substitution od variables (24 pcs of Dish and 8 pcs of Mug) in target function we will get

Z=40*24+50*8=1360

(optimal Return meets the point B – see next slide)

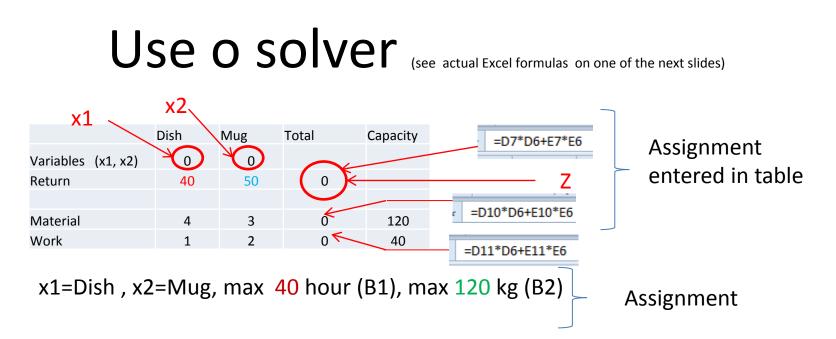
Graphical solution



I apologize for the inappropriate graphic expression....

Use of Solver (Czech EXCEL)

	Možnosti aplikace Excel	D. D. Breat	10 TTO 10	、 、		
	Obecné Vzorce	Zobrazení a správa doplňků sy	ystému Microsof			
	Kontrola pravopisu a mluvnice	Doplňky				
	Uložit	Huzer				
	Jazyk	Aktivní doplňky aplikací Doplněk sdílení pro produkt Microsoft I	Lync 2010		Dealling	? ×
	Upřesnit	Let Reports Řešitel Solver			Doplňky	
	Přizpůsobit pás karet	SnagIt Add-in			Doplňky k dispozici:	∧ OK
Comlements	Panel nástrojů Rychlý přístup	Neaktivní doplňky aplikací		Excel setu	P Analytické nástroje – Nástroje pro měnu eu	VBA
Supplement	Doplňky	Analytické nástroje Analytické nástroje – VBA			▼ Řešitel	
	Centrum zabezpečení	Datum (XML) Microsoft Actions Pane 3			■ ↑	Procházet
		Nástroje pro měnu euro Neviditelný obsah				Automatizace
		Skryté listy Skryté řádky a sloupce				
		Vlastní data XML Záhlaví a zápatí				
		Zaniavi a zapati			Solver	
				J		-
	Doplněk: Analytic	ké nástroje			Analytické nástroje	
	Vydavatel: Microso	ft Corporation			Obsahuje nástroje inžer	pro analýzu statistických a výrských dat.
		zici nejsou žádné informace o kompatibilitě. ram Files (x86)\Microsoft Office\Office14\Librar	n/Analysis/ANALYS32.XLL			
	-	je nástroje pro analýzu statistických a inženýrs				
	Topis. Obsuitu		skyth dat.			
	Spravovat: Doplňky aplik	(ace Excel ▼ Přejít				
	<u>p</u> ravova.					Solver
	-					501761
				Simplex_1_Chairs_Tables_20170223.xlsx	- Microsoft Excel	
	Soubor Domů Vložení			plňky Jet	📲 📲 🚛 📲 Zobrazit podrobnos	t 💫 Řešitel
			Ž Ž Ž Å		TE TE Skrýt podrobnosti	i i kesiter
	Zaplikace Z Z Zjiných Access webu textu zdrojů *	Existující Aktualizovat připojení vše – 📟 Upravit odkazy	Z↓ Seřadit Filtr 💯 Upřesnit	Text do Odebrat Ověření Sloučit Citlivostní sloupců duplicity dat • analýza •	Seskupit Oddělit Souhrn	
	Načíst externí data	Připojení	Seřadit a filtrovat	Datové nástroje	Osnova	G Analýza



Target function Z = x1*c1 + x2*c2 = 40*x1+50*x2

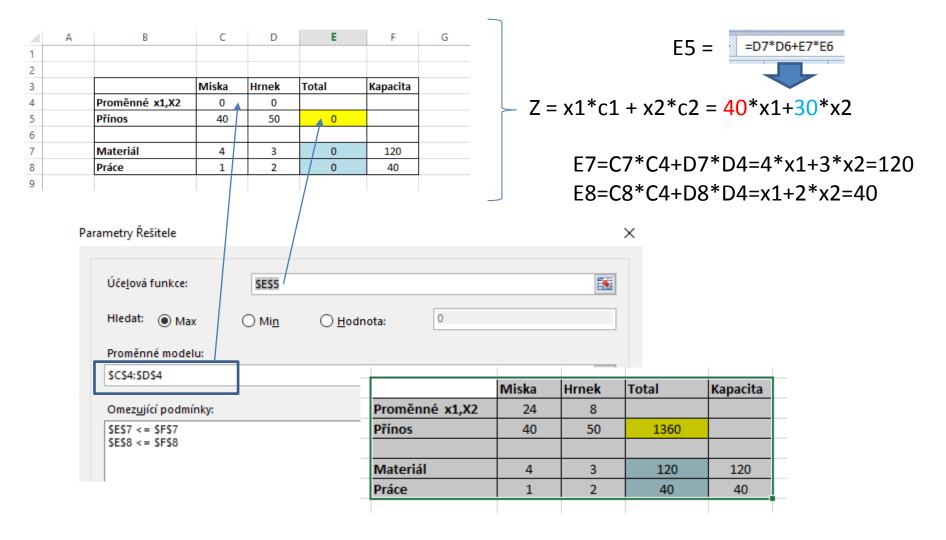
4 * x1 + 3 * x2 = 120 - capacity restrictions= max quantity of material = B1 1 * x1 + 2 * x2 = 40 -capacity restrictions by max work capacity=B2

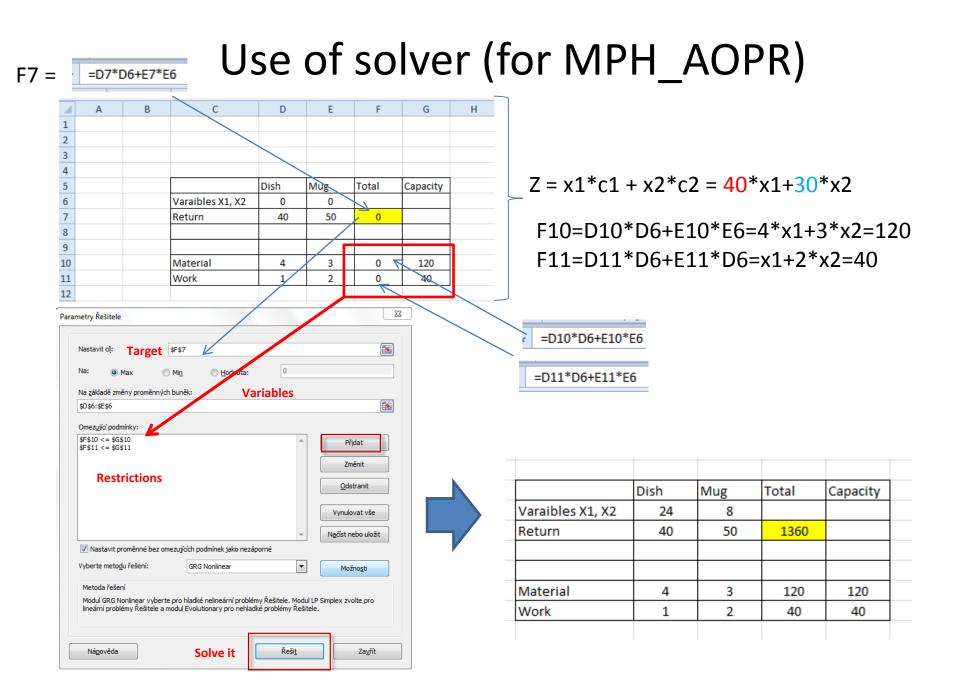
Product	Description	Work /hour	Material/pcs	Return/pcs
Dish	x1	1	4	40
Mug	x2	2	3	50

Solver start



Use of Solver (Czech- not for MHP_AOPR)





Využití Řešitele (use of Solver)

Microsoft Excel 15.0 Citlivostní sestava List: [Simplex_1_Misky_Hrnky_Chairs_Tables_20170228.xlsx]List1 Sestava vytvořena: 9. 3. 2017 16:19:56

Proměnné

		Konečná	Redukovaná	Účelová funkce	Povolený	Povolený
Levá strana omezující podmíni	y Název	Hodnota	náklady	koeficient	nárůst	pokles
\$C\$4	Proměnné x1,X2 Miska	24	0	40	26,66666667	15
\$D\$4	Proměnné x1,X2 Hrnek	8	0	50	30	20

Omezující podmínky

		Konečná	Stínová	Pravá strana	Povolený	Povolený
Levá strana omezující podmínky	Název	Hodnota	cena	omezující podmínky	nárůst	pokles
\$E\$7	Materiál Total	120	(5 120	40	60
\$E\$8	Práce Total	40	10	5 40	40	10

Use of Solver (English)

Výsledky Řešitele	Výsledky Řešitele	23
Řešitel nalezl řešení, které splňuje všechny omezující podmínky a podmínky optimálnosti. Sestavy O Ughovat řešení Řešitele Citlivostní	Řešitel nalezl řešení, které splňuje všechny omezující podmínky a podmínky optimálnosti.	Se <u>s</u> tavy
O Obnovit původní <u>h</u> odnoty Limitní Zpět <u>d</u> o dialogového okna Parametry Řešitele Str <u>u</u> čné sestavy <u>O</u> K Sto <u>r</u> no Uložit scénář	 U<u>c</u>hovat řešení Řešitele Obnovit původní <u>h</u>odnoty 	Výsledková Citlivostní Limitní
Sestavy Vytvoří zadaný typ sestavy. Jednotlivé sestavy budou vloženy na samostatné	Zpět <u>d</u> o dialogového okna Parametry Řešitele	Str <u>u</u> čné sestavy
listy v sešitu.	<u>Q</u> K Sto <u>r</u> no	Uloži <u>t</u> scénář
4		

lložit scénář	23
Název scénáře:	
Sensitivity analsysis AOPR	
<u>O</u> K	Sto <u>r</u> no

Microsoft Excel 14.0 Citlivostní sestava List: [LP_EXCEL_SOLVER USE_20171101.xlsx]List1 Sestava vytvořena: 2.11.2017 8:49:10

Proměnné buňky

		Konečná	Snížené
Buňka	Název	Hodnota	Gradient
\$D\$6	Varaibles X1, X2 Dish	24	0
\$E\$6	Varaibles X1, X2 Mug	8	0

Omezující podmínky

New	Excel List	

		Konečná	Lagrangeŭv
Buňka	Název	Hodnota	multiplikátor
\$F\$10	Material Total	120	6
\$F\$11	Work Total	40	16

Změna úlohy- jiné výnosy jiná omezení typu práce na dvou strojích a jejich kapacitní omezení (Change of parameters- not necessary for MPH_AOPR !!!!!)

	Miska	Hrnek	Total	Kapacita					
oměnné x1,x2	0	0			Úče <u>l</u> ová funkce:	SES13			
ínos	40	50	0		Hledat: Max	◯ Mi <u>n</u>	◯ <u>H</u> odnota:	0	
					I Wiax	O MIL	O <u>H</u> odnota:	-	
roj 1	7	5	0	200	Proměnné modelu:				
roj 1	5	5	0	400	\$C\$12:\$D\$12				
					Omez <u>uj</u> ící podmínky:				
					\$E\$15 <= \$F\$15				
	·								Př <u>i</u> da
		Ļ			SES15 <= SFS15 SES16 <= SFS16				
									Změni
									Změn
	Miska	Hrnek	Total	Kapacita					Změn
Proměnné x1,x2		Hrnek 40	Total	Kapacita					Př <u>i</u> dat Změni <u>O</u> dstrar
Proměnné x1,x2 Přínos			Total 2000	Kapacita					Změn
	0	40		Kapacita					Změn
	0	40		Kapacita					Změn

