

Využitie doplnku @Risk pri konštrukcii simulačných modelov

Marian Reiff, Tomáš Domonkos

Simulačný model vo všeobecnosti zobrazuje modelovaný systém pomocou matematických formulácií a logických vzťahov. V modeli rozlišujeme kontrolovateľné vstupy (napríklad počet obslužných kanálov, počiatočná zásoba, atď.) a náhodné vstupy (napríklad dopyt, intenzita obsluhy, atď.), ktoré sú modelom transformované na výstup (napríklad stredná hodnota zisku, priemerný počet čakajúcich zákazníkov, atď.). V prípade simulačného experimentu si riešiteľ zvolí hodnoty kontrolovaných vstupov a náhodné (stochastické) vstupy sú náhodne generované.

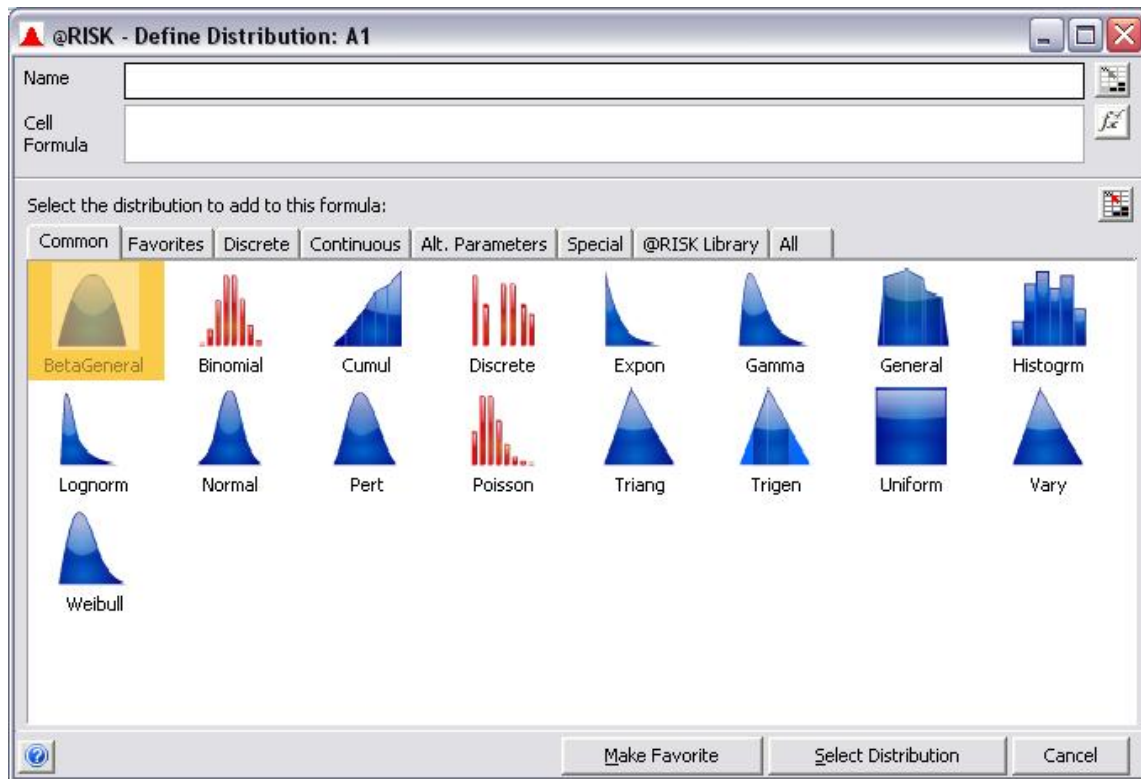
Simulácie patria medzi kvantitatívne nástroje, ktoré možno využiť na podporu rozhodovania. Ich aplikáciu v praxi si v súčasnosti nevieme predstaviť bez počítačového vybavenia a špecializovaných softvérových produktov. Na simulácie možno použiť bežný tabuľkový procesor, ako napríklad Microsoft Excel spolu s doplnkom uľahčujúcim tvorbu a analýzu simulačného modelu. Opakovať simulačné pokusy v Exceli bez doplnku si vyžaduje využiť napríklad nástroj Tabuľka údajov, následne je potrebné vypočítať popisné štatistiky ako priemer, smerodajná odchýlka a podobne (popríklad je potrebné zostrojiť graf), a to pomocou zabudovaných funkcií Excelu (pozri [3]). Na trhu je však v súčasnosti množstvo komerčných softvérov – doplnkov tabuľkových procesorov uľahčujúcich simulácie, ako napríklad **Crystal Ball** od spoločnosti Oracle (<http://www.oracle.com/us/products/applications/crystalball/overview/index.html>), **Risk Solver Platform** vyvinutý spoločnosťou Frontline Systems (<http://www.solver.com/>) alebo **@Risk** od spoločnosti Palisade Corporation (www.palisade.com). V nasledujúcej časti budeme pracovať s doplnkom @Risk určenom pre simulácie v tabuľkovom procesore Microsoft Excel.

Po spustení programu @Risk a Microsoft Excel sa v hornom menu Excelu zobrazí ponuka @Risk zobrazená na obrázku č. 1.



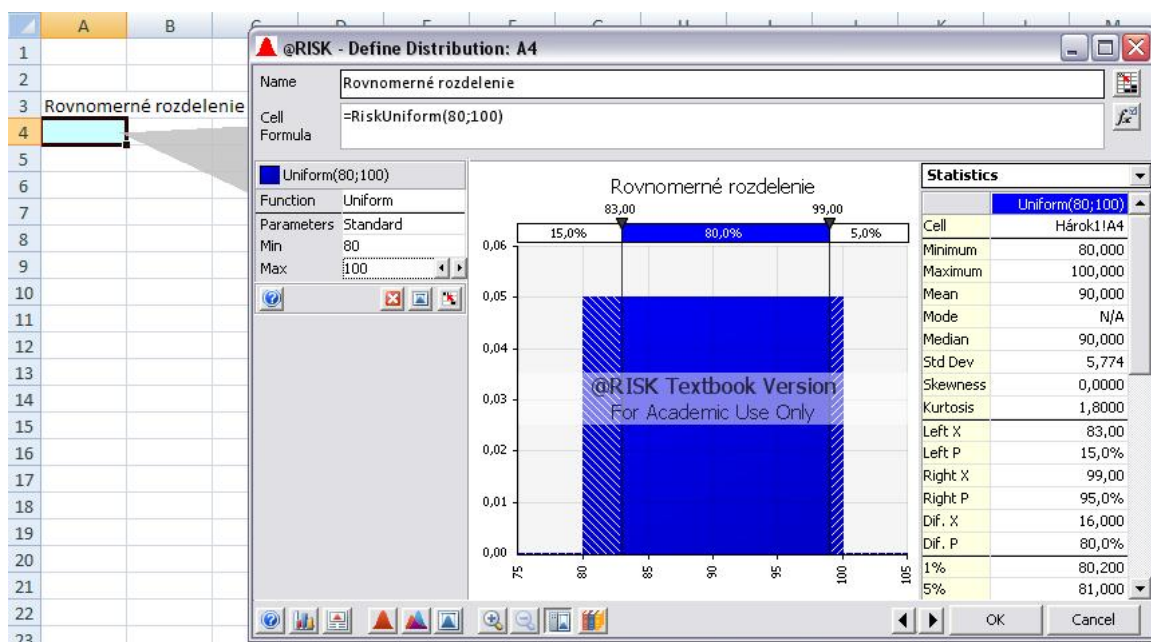
Obrázok č. 1: Horné menu pre doplnok @Risk

Náhodné vstupy modelu definujeme (generujeme) pomocou doplnku @Risk v hornom menu tak, že klikneme na položku s názvom „Define Distribution“. Následne sa zobrazí ponuka pravdepodobnostných rozdelení zobrazená na obrázku č. 2. Užívateľ si zvolí záložku vhodnú pre daný typ pravdepodobnostného rozdelenia (napríklad diskrétno alebo spojitý) a vyberie si daný typ pravdepodobnostného rozdelenia.



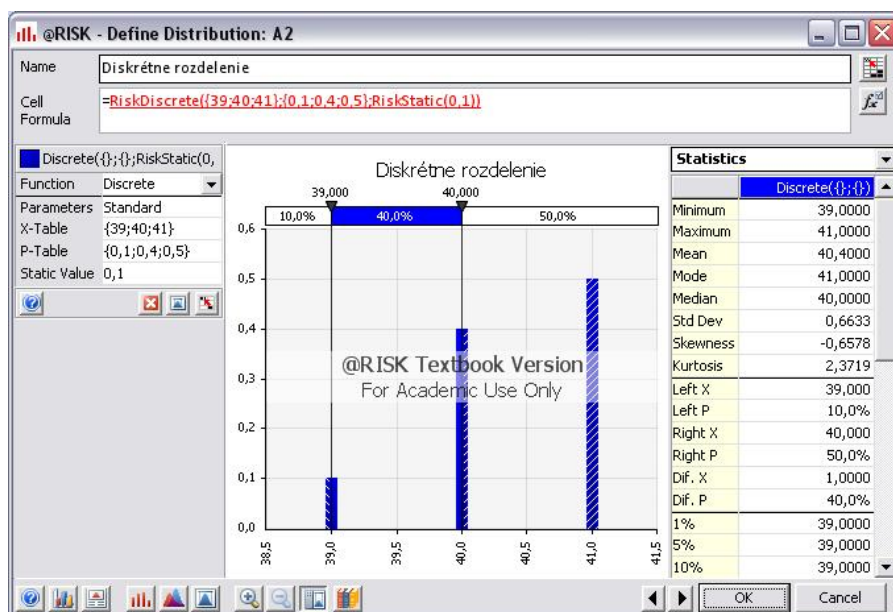
Obrázok č. 2: Ponuka pravdepodobnostných rozdelení

Napríklad definujeme *rovnomé rozdelenie* s minimálnou hodnotou 80 a maximálnou hodnotou 100. Po kliknutí na ikonu s názvom „Uniform“ na obrázku č. 2 sa zobrazí okno zobrazené na obrázku č. 3. Na obrázku č. 3 je vidieť grafickú reprezentáciu rovnomerného rozdelenia, v pravej časti je možné zadať minimálnu a maximálnu hodnotu pre rovnomerné rozdelenia a v ľavej časti okna sú zobrazené popisné štatistiky. Hodnoty v strednej časti obrazovky je taktiež možné meniť (možno prepísať hodnotu náhodnej premennej alebo pravdepodobnosť). Napríklad, ak chceme zistiť pravdepodobnosť P (hodnota premennej ≤ 83), v hornej časti posunieme alebo prepíšeme hodnotu náhodnej premennej na 83 a naľavo od nej sa zobrazí hodnota pravdepodobnosti 0,15, napravo je vypočítaná P (hodnota premennej ≥ 99) = 0,05.



Obrázok č. 3: Definovanie rovnomerného rozdelenia

Ako druhý príklad (obrázok č. 4) uvádzame diskrétné rozdelenie s hodnotami (39, 40 a 41) a prislúchajúcimi pravdepodobnosťami (0,1, 0,4, 0,5). Postup je obdobný ako pri rovnomernom rozdelení.



Obrázok č. 4: Definovanie diskrétného rozdelenia

Druhá možnosť na generovanie náhodných vstupov je priamo do bunky zapísať @Risk funkciu. Nižšie uvádzame všeobecný zápis @Risk funkcií len pre vybrané rozdelenia.

Diskrétné rozdelenie =RiskDiscrete(oblasť možných hodnôt; oblasť prislúchajúcich pravdepodobností)

Normálne rozdelenie =RiskNormal(stredná hodnota; smerodajná odchýlka)

Trojuholníkové rozdelenie =RiskTriang(minimálna hodnota; najpravdepodobnejšia hodnota; maximálna hodnota)

Konštrukcia simulačného modelu pomocou doplnku @Risk pozostáva z troch hlavných častí:

1. Definujeme pravdepodobnostné rozdelenia pre náhodné vstupy, napríklad pomocou funkcií @Risk (napríklad RiskNormal), takto generujeme pozorovania náhodných vstupov.
2. V simulačnom modeli určíme bunku alebo rozsah buniek reprezentujúcich výstup modelu (*output cell*). Počas simulácie @Risk automaticky vypočíta popisné štatistiky pre výstup modelu (vytvorí aj grafickú reprezentáciu popisných štatistík).
3. Pomocou funkcie RiskSimTable je možné zbehnúť simuláciu niekoľkokrát pre rôzne hodnoty kontrolovateľných premenných. Následne je možné porovnať výsledky simulácií a vybrať najlepšiu hodnotu rozhodujúcej premennej.

V nasledujúcej časti je prezentovaná konštrukcia simulačného modelu na nasledujúcom príklade (tabuľka č.1):

Na konci roka sa má pracovník papiernictva rozhodnúť, aké množstvo kalendárov má objednať na nasledujúci rok. Nákupná cena jedného kalendára je 2 € Papiernictvo predáva tento kalendár za 4 € V prípade, ak sa všetky kalendáre nevypredajú do konca januára, predpokladáme, že zostávajúce kalendáre sú vypredávané za výpredajovú cenu 1 € za kus. Dopyt po kalendároch je náhodný s diskretným rozdelením, pričom hodnoty sú uvedené v tabuľke č. 1 v bunkách A7:B12. Úlohou je zostrojiť simulačný model, na základe ktorého je možné určiť veľkosť objednávky.

Konštrukcia simulačného modelu pozostáva z nasledujúcich krokov:

Dopyt predstavuje náhodný vstup modelu. V tabuľke č. 1, v bunke B19 je pomocou funkcie =RiskDiscrete(B8:B12;A8:A12) definované diskretné rozdelenie.

Výstup modelu, ktorým je v tomto príklade zisk, respektíve strata, zadáme tak, že sa nastavíme na bunku F19 a v hornom menu @Risk klikneme na položku s názvom „Add Output“ a potvrdíme OK. Funkcia v bunke F19 sa následne zmení z pôvodného tvaru =C19-D19-E19 na tvar =RiskOutput()+C19-D19-E19.

Tabuľka č. 1: Simulačný model

	A	B	C	D	E	F	G
1	Vstupné údaje						
2	Predajná cena	4	€/ks				
3	Nákupná cena	2	€/ks				
4	Strata vo výpredaji	1	€/ks				
5							
6	Pravdepodobnostné rozdelenie dopytu (dikrétné rozdelenie)						
7	Pravdepodobnosť	Veľkosť dopytu					
8	0,3	200					
9	0,2	250					
10	0,3	300					
11	0,15	350					
12	0,05	400					
13							
14	Rozhodujúca premenná						
15	Veľkosť objednávky	400					
16							
17	Simulácia						
18		Veľkosť dopytu	Tržby	Náklady nadhodnotenia dopytu	Naklady na obstaranie tovaru	Zisk/Strata	
19		250	1 000,00 €	150,00 €	800,00 €	50,00 €	
20							
21	Popisné štatistiky						
22	Priemerný zisk/strata		162,50 €				
23	Smerodajná odchýlka		300,93 €				
24	Minimalný zisk/strata		-200,00 €				
25	Maximálny zisk/strata		800,00 €				
26							

Funkcie pre popisné štatistiky vkladáme cez v horné menu @Risk tak, že v ponuke klikneme na „Insert Function“, „Simulation Result“ a vyberieme funkcie želaných popisných štatistík. V tabuľke č. 1 sú použité nasledujúce funkcie:

=RiskMean(F19)

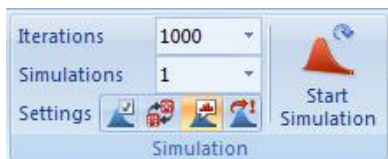
=RiskStdDev(F19)

=RiskMin(F19)

=RiskMax(F19)

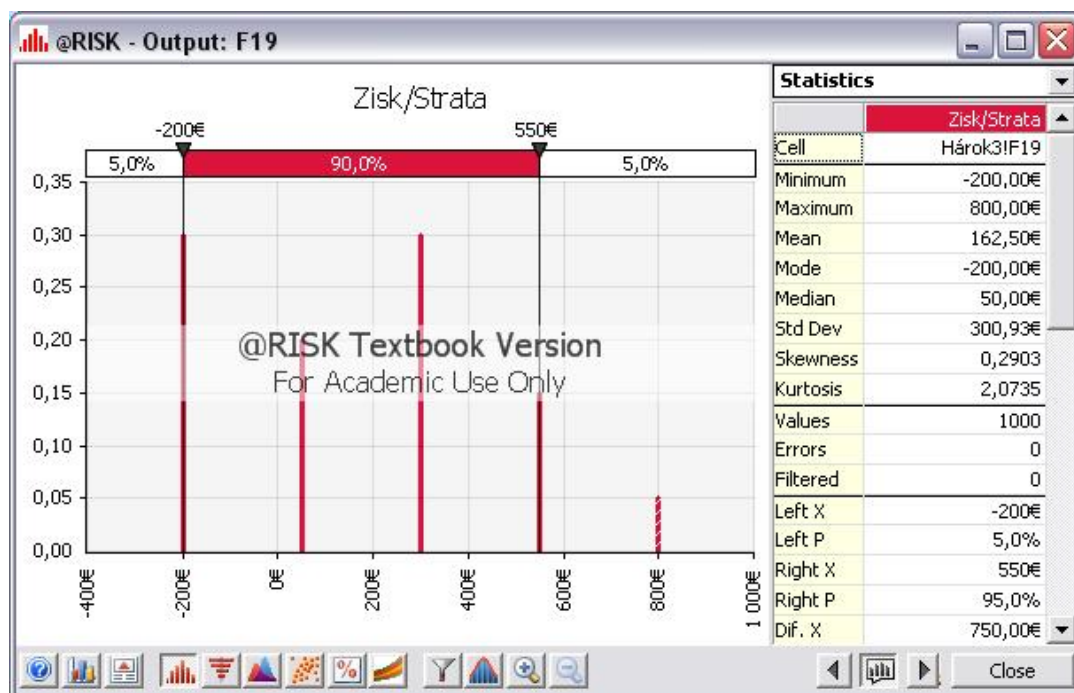
V tomto štádiu už máme zostrojený simulačný model. Zostáva už len zadať nastavenia simulácie, zbehnúť simuláciu a vyhodnotiť výsledky. Obrázok č. 6 predstavuje časť horného

menu @Risk, kde sme nastavili počet iterácií na 1 000 a cez ikonu s názvom „Start Simulation“ spustili simuláciu.



Obrázok č. 6: Nastavenie simulácie

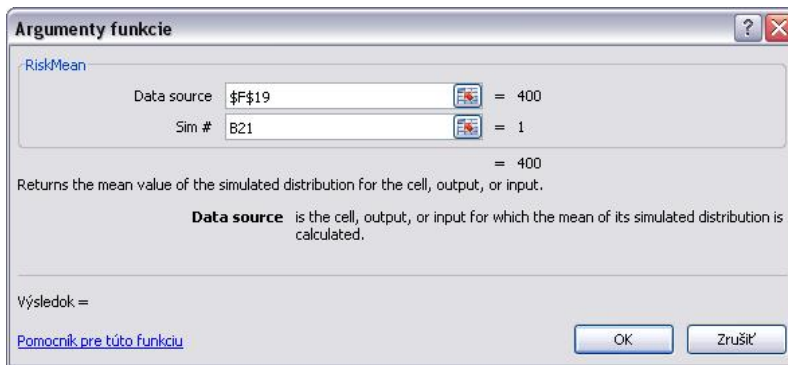
Po zbehnutí simulácie doplnok @Risk zobrazí v Excelovskom hárku hodnoty zadaných funkcií popisných štatistík a súčasne zobrazí okno s hodnotami rôznych popisných štatistík spolu s ich grafickou reprezentáciou (obrázok č. 6). Toto okno nie je permanentne zobrazené a možno ho neskôr vyvolať cez horné menu @Risk pomocou „Browse Results“. V prípade, ak chceme mať permanentne zobrazené výsledky simulácie, je možné cez horné menu @Risk pomocou „Excel Reports“ vložiť zvolené výstupy do nového hárku v Exceli.



Obrázok č. 6: Výsledky simulácie

Hlavným cieľom je určiť veľkosť objednávky. Zatiaľ sme odhadli iba strednú hodnotu zisku pre veľkosť objednávky 400 kusov. Pomocou @Risk funkcie RiskSimTable môžeme porovnať popisné štatistiky pre rôzne hodnoty kontrolovateľných vstupov modelu. V tabuľke č. 2, v časti B22:J22 sú uvedené rôzne hodnoty kontrolovateľného vstupu – veľkosti objednávky. Predchádzajúci simulačný model modifikujeme tak, že do bunky B15 namiesto

hodnoty rozhodujúcej premennej vložíme funkciu =RiskSimTable(B22:J22). Funkcia RiskSimTable umožňuje zbehnúť naraz niekoľko simulácií pre rôzne hodnoty kontrolovateľného vstupu (v našom príklade deväťkrát vyhodnotí tisíc hodnôt zisku/straty). V hornom menu @Risk nastavíme okrem počtu iterácií 1 000 ešte počet simulácií 9. V časti tabuľky B21:J21 sú priradené čísla iterácií k rôznym hodnotám veľkosti objednávky. Poradové čísla simulácií ešte využijeme pri zadávaní funkcií popisných štatistík. Na obrázku č. 7 je v druhom riadku zadaná adresa bunky s poradovým číslom simulácie. Adresu výstupu F9 fixujeme na absolútnu adresu a adresu poradového čísla simulácie nefixujeme, následne môžeme túto funkciu skopírovať do oblasti C23:J23. Obdobne postupujeme aj pri ostatných popisných štatistikách. (Ak nevykonávame naraz niekoľko simulácií pomocou funkcie RiskSimTable nechávame pole s poradovým číslom simulácie prázdne.)



Obrázok č. 7: Definovanie @Risk funkcie RiskMean

Konečné funkcie pre popisné štatistiky, v našom príklade pre stĺpec B, sú nasledovné:

=RiskMean(\$F\$19;B21)

=RiskStdDev(\$F\$19;B21)

Tabuľka č. 2: Simulačný model

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Vstupné údaje									
2	Predajná cena	4	€/ks							
3	Nákupná cena	2	€/ks							
4	Strata vo výpredaji	1	€/ks							
5										
6	Pravdepodobnostné rozdelenie dopytu (dikrétné rozdelenie)									
7	Pravdepodobnosť	Velkosť dopytu								
8	0,3	200								
9	0,2	250								
10	0,3	300								
11	0,15	350								
12	0,05	400								
13										
14	Rozhodujúca premenná									
15	Velkosť objednávky	200								
16										
17	Simulácia									
18		Velkosť dopytu	Tržby	Náklady nadhodnotenia dopytu	Náklady na obstaranie tovaru	Zisk/Strata				
19		250	800,00 €	0,00 €	400,00 €	400,00 €				
20	Popisné štatistiky									
21	Poradové číslo simulácie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	Velkosť objednávky	200	225	250	275	300	325	350	375	400
23	Priemerný zisk/strata	400,00 €	412,50 €	425,00 €	412,50 €	400,00 €	350,00 €	300,00 €	231,25 €	162,50 €
24	Smerodajná odchýlka	0,00 €	57,31 €	114,62 €	162,58 €	218,05 €	245,07 €	278,53 €	288,66 €	300,93 €

The screenshot shows the @RISK - Results Summary window. It displays simulation results for the output 'Zisk/Strata' (Profit/Loss) over 9 iterations. Each iteration includes a small bar chart showing the distribution of results, along with statistical data such as Minimum, Mean, Maximum, 5th percentile, and 95th percentile. The results show a clear downward trend in profit/loss as the order quantity increases from 200 to 400.

Name	Cell	Sim#	Graph	Min	Mean	Max	5%	95%	Errors
Zisk/Strata	F19	1		400€	400€	400€	400€	400€	0
Zisk/Strata	F19	2		325€	412,50€	450€	325€	450€	0
Zisk/Strata	F19	3		250€	425€	500€	250€	500€	0
Zisk/Strata	F19	4		175€	412,50€	550€	175€	550€	0
Zisk/Strata	F19	5		100€	400€	600€	100€	600€	0
Zisk/Strata	F19	6		25€	350€	650€	25€	650€	0
Zisk/Strata	F19	7		-50€	300€	700€	-50€	700€	0
Zisk/Strata	F19	8		-125€	231,25€	750€	-125€	625€	0
Zisk/Strata	F19	9		-200€	162,50€	800€	-200€	550€	0

Obrázok č. 8: Prehľadová tabuľka výsledkov simulácií

Literatúra:

- [1] Data Analysis and Decision Making, (4th Edition) / S. Christian Albright, Wayne Winston, Christopher Zappe, South-Western College Pub, 2010 - 1080 s. ISBN: 0-538-47612-5
- [2] Guide to Using @RISK, Palisade Corporation, 2012

- [3] Využitie zabudovaných funkcií Microsoft Excelu pri konštrukcii simulačných modelov/ Marian Reiff, Tomáš Domonkos - Elektronické textové dáta. - Bratislava, 2013. - Spôsob prístupu: [http://www.fhi.sk/files/katedry/kove/veda-vyskum/prace/2013/ Reiff_Domonkos2013.pdf](http://www.fhi.sk/files/katedry/kove/veda-vyskum/prace/2013/Reiff_Domonkos2013.pdf)