

# Využitie zabudovaných funkcií Microsoft Excel pri konštrukcii simulačných modelov

Marian Reiff, Tomáš Domonkos

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 trhu je v súčasnosti množstvo komerčných softvérov, ktoré však nie sú zadarmo. Na simulácie menšieho až stredného rozsahu možno použiť bežný tabuľkový procesor, ako napríklad Microsoft Excel. V nasledujúcej časti popíšeme ako zostrojiť simulačný model v tabuľkovom procesore Microsoft Excel.

Simulačný model 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.

Odhladnuc od možnosti programovania v Microsoft Exceli (pozri [3]), simulačné modely sa dajú zostrojiť dvoma základnými spôsobmi:

- pomocou zabudovaných funkcií;
- pomocou nástroja Generátor pseudonáhodných čísel v štandardne dodávanom doplnku Analytické nástroje.

Počítačom generované náhodné čísla sa nazývajú pseudonáhodné čísla, a to z toho dôvodu, že na ich generovanie sú použité matematické vzťahy, ktoré technicky nie sú náhodné. Rozdiel medzi náhodnými a pseudonáhodnými číslami je primárne filozofický. Pojem náhodné čísla budeme používať aj v prípade generovania počítačom.

Počítačom generované náhodné čísla sú náhodne vybrané desatinné čísla v intervale od 0 po 1, pričom interval neobsahuje hodnotu 1. Počítačom generované náhodné čísla majú rovnomerné rozdelenie s rovnakou pravdepodobnosťou výskytu. V tabuľkovom procesore

Microsoft Excel môžeme počítačom generované náhodné čísla získať pomocou zabudovanej funkcie =RAND().

V tabuľke č. 1 sú v Exceli vygenerované náhodné čísla. Tieto čísla možno interpretovať ako vzorku 69 náhodných čísel s rovnomerným rozdelením v intervale od 0 po 1. Ďalej využívame túto funkciu na generovanie hodnôt pre rôzne pravdepodobnostné rozdelenia.

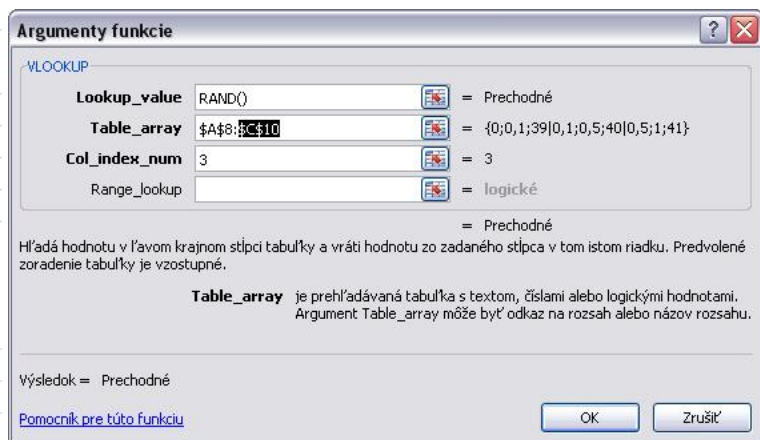
Tabuľka č. 1: Počítačom generované náhodné čísla

	A	B	C	D	E	F	G
1	=RAND()	0,397701	0,846036	0,307577	0,905474	0,728811	0,561947
2	0,080801	0,987377	0,72788	0,364401	0,468161	0,387091	0,646964
3	0,204307	0,801579	0,635952	0,56624	0,850001	0,376405	0,279246
4	0,822197	0,889265	0,265819	0,486135	0,281049	0,573864	0,245845
5	0,645476	0,807797	0,54078	0,357714	0,334983	0,964304	0,541989
6	0,345015	0,377355	0,440259	0,206385	0,315287	0,721762	0,396621
7	0,713098	0,437693	0,851738	0,649575	0,251669	0,62711	0,294185
8	0,096161	0,423528	0,748255	0,364178	0,777385	0,264765	0,077508
9	0,152648	0,084463	0,373298	0,220916	0,662097	0,050112	0,479388
10	0,317232	0,18433	0,857199	0,460512	0,025808	0,374401	0,552549

Na generovanie náhodných vstupov simulačného modelu pomocou zabudovaných funkcií možno použiť pre:

**Diskrétné rozdelenie** funkciu VLOOKUP

	A	B	C
1	Diskrétné rozdelenie		
2	Pravdepodobnosť	Hodnota	
3	0,1	39	
4	0,4	40	
5	0,5	41	
6			
7	Dolná hranica náhodného čísla	Horná hranica náhodného čísla	Hodnota náhodného vstupu
8	0	0,1	39
9	0,1	0,5	40
10	0,5	1	41



**Rovnomerné rozdelenie** funkciu  $=\$B\$2+(\$B\$3-\$B\$2)*RAND()$

	A	B
1	Rovnomerné rozdelenie	
2	Minimálna hodnota	80
3	maximálna hodnota	100

$$= \$B\$2 + (\$B\$3 - \$B\$2) * RAND()$$

**Normálne rozdelenie** funkciu NORMINV

	A	B
1	Nomálne rozdelenie	
2	Stredná hodnota	2
3	Smerodajná odchýlka	0,5

Argumenty funkcie

NORMINV

Probability: RAND() = Prechodné

Mean: \$B\$2 = 2

Standard\_dev: \$B\$3 = 0,5

Wracia inverznú funkciu k distribučnej funkcii normálneho rozdelenia pre zadanú strednú hodnotu a smerodajnú odchýlku.

Standard\_dev je smerodajná odchýlka rozdelenia, ktorá musí byť kladné číslo.

Výsledok = Prechodné

[Pomocník pre túto funkciu](#)

OK Zrušiť

**Exponenciálne rozdelenie** funkciu  $=(-\$B\$2)*LN(RAND())$

	A	B
1	Exponenciálne rozdelenie	
2	Stredná hodnota	5

$$= (-\$B\$2) * LN(RAND())$$

Taktiež možno použiť nástroj „Generátor pseudonáhodných čísel“ v štandardne dodávanom doplnku Analytické nástroje. Napríklad pre normálne rozdelenie so strednou hodnotou 2 a smerodajnou odchýlkou 0,5 chceme vygenerovať 500 hodnôt. V rolete typ rozdelenia je možné zvoliť si z ponuky požadovaný typ rozdelenia.

Analýza dat

Analytické nástroje:

- Anova: dva faktory bez opakování
- Korelace
- Kovariance
- Popisná statistika
- Exponenciální vyrovnání
- Dvouvýběrový F-test pro rozptyl
- Fourierova analýza
- Histogram
- Kluzavý průměr
- Generátor pseudonáhodných čísel

OK Storno Pomocník

Generátor pseudonáhodných čísel

Počet proměnných: 1 OK

Počet náhodných čísel: 500 Storno

Typ rozložení: Normální Pomocník

Parametry

Střední hodnota = 2

Směrodatná odchylka = 0,5

Základ generátoru:

Možnosti výstupu

Výstupní oblast:

Nový list:

Nový sešit

V nasledujúcej časti je prezentovaná konštrukcia simulačného modelu na nasledujúcom príklade:

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. 2 v bunkách A7:C12. Úlohou je zostrojiť simulačný model, na základe ktorého je možné určiť veľkosť objednávky.

Tabuľka č. 2: Simulačný model

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Vstupné údaje</b>							
2	Predajná cena	4	€/ks					
3	Nákupná cena	2	€/ks					
4	Strata vo výpredaji	1	€/ks					
5								
6	Pravdepodobnostné rozdelenie dopytu (dikrétné rozdelenie)						Distribúcia zisku/straty	
7	Dolná hranica	Horná hranica	Veľkosť dopytu				Hodnota	Početnosť
8	0	0,3	200				800	61
9	0,3	0,5	250				550	142
10	0,5	0,8	300				300	294
11	0,8	0,95	350				50	195
12	0,95	1	400				-200	308
13								
14	<b>Rozhodujúca premenná</b>							
15	Veľkosť objednávky	400						
16								
17	<b>Simulácia</b>							
18	Poradové číslo opakovania	Veľkosť dopytu	Tržby	Náklady nadhodnotenia dopytu	Náklady na obstaranie tovaru	Zisk/Strata		
19	1	300	1 200,00 €	100,00 €	800,00 €	300,00 €		
20	2	200	800,00 €	200,00 €	800,00 €	-200,00 €		
21	3	300	1 200,00 €	100,00 €	800,00 €	300,00 €		
1016	998	300	1 200,00 €	100,00 €	800,00 €	300,00 €		
1017	999	400	1 600,00 €	0,00 €	800,00 €	800,00 €		
1018	1000	300	1 200,00 €	100,00 €	800,00 €	300,00 €		
1019								
1020	<b>Popisné štatistiky</b>							
1021	Priemerný zisk/strata		163,25 €		95% interval' spolahlivosti			
1022	Smerodajná odchýlka		307,74 €		Dolná hranica	144,18 €		
1023	Minimalny zisk/strata		-200,00 €		Horná hranica	182,32 €		
1024	Maximalny zisk/strata		800,00 €					
1025								
1026	Veľkosť objednávky	Priemerný zisk						
1027		163,25 €						
1028	200	159,25 €						
1029	225	413,38 €						
1030	250	423,50 €						
1031	275	415,13 €						
1032	300	395,50 €						
1033	325	362,88 €						
1034	350	295,75 €						
1035	375	234,38 €						
1036	400	145,25 €						
1037								

Veľkosť objednávky	Priemerný zisk (€)
200	159,25
225	413,38
250	423,50
275	415,13
300	395,50
325	362,88
350	295,75
375	234,38
400	145,25

Horná časť tabuľky č. 2 obsahuje vstupné údaje zo zadania. Úlohou je učiť veľkosť objednávky (variabilná premenná), ktorú sme si teraz ľubovoľne zvolili a jej hodnota je v bunke B15.

V časti s názvom Simulácia je zostrojený simulačný model. Model obsahuje 1 000 opakovaní generovania veľkosti dopytu (stredná časť tabuľky je skrytá) a pre jednotlivé hodnoty dopytu je vypočítaný zisk alebo strata dosiahnutý pri veľkosti objednávky 400 ks kalendárov. Pri konštrukcii modelu sú v prvom riadku simulačného modelu použité nasledujúce vzorce:

- Veľkosť dopytu je generovaná pomocou funkcie:  
=VLOOKUP(RAND();\$A\$8:\$C\$12;3)
- Tržby z realizovaného dopytu sú vypočítané pomocou funkcie:  
=\$B\$2\*MIN(\$B\$15;B19)
- Celkové náklady spojené s výpredajom sú vypočítané pomocou funkcie:  
=\$B\$4\*MAX((\$B\$15-B19);0)
- Celkové náklady na obstaranie kalendárov sú vypočítané pomocou funkcie:  
=\$B\$3\*\$B\$15
- Celkový zisk alebo strata sú vypočítané pomocou funkcie:  
=C19-D19-E19

Po vytvorení prvého riadku skopírujeme tento riadok (riadok 19) tisíc krát. Ďalej pristúpime k vyhodnoteniu experimentu, výpočtom popisných štatistík, výpočtom 95 % intervalu spoľahlivosti (konfidenčného intervalu) a distribúcie zisku alebo straty:

- Priemerný zisk vypočítame pomocou funkcie:  
=AVERAGE(F19:F1018)
- Smerodajnú odchýlku vypočítame pomocou funkcie:  
=STDEV(F19:F1018)
- Minimálnu hodnotu zisku vypočítame pomocou funkcie:  
=MIN(F19:F1018)
- Maximálnu hodnotu zisku vypočítame pomocou funkcie:  
=MAX(F19:F1018)
- Konfidenčný interval vypočítame pomocou funkcií:  
=C1021-1,96\*C1022/SQRT(1000)

$$=C1021+1,96*C1022/SQRT(1000)$$

- Distribúcia zisku alebo straty (početnosti jednotlivých prípadov) vypočítame pomocou funkcie:

$$=COUNTIF($F$19:$F$1018;G8)$$

Pri hodnotení výsledku simulácie v riadkoch začínajúc riadkom 19 a končiac riadkom 1018 je generovaných 1 000 hodnôt dopytu a k nemu korešpondujúceho zisku alebo straty. Dopyt môže nadobúdať hodnoty 200, 250, 300, 350 a 400 kusov a k nim prislúchajúce hodnoty zisku 800, 550, 300, 50 a -200 €. Početnosť (frekvenciu) jednotlivých prípadov si môžeme pozrieť v tabuľke č. 2 v časti G8:H12. Odhadnuté pravdepodobnosti jednotlivých ziskov sú:

$$P(\text{Zisk} = 800 \text{ €}) = 61/1000 = 0,061$$

$$P(\text{Zisk} = 550 \text{ €}) = 142/1000 = 0,142$$

$$P(\text{Zisk} = 300 \text{ €}) = 294/1000 = 0,294$$

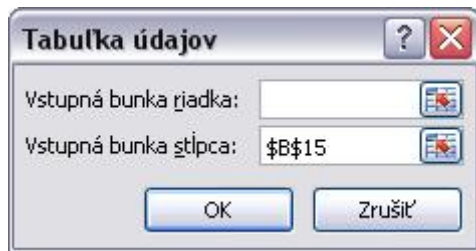
$$P(\text{Zisk} = 50 \text{ €}) = 195/1000 = 0,195$$

$$P(\text{Zisk} = -200 \text{ €}) = 308/1000 = 0,308$$

Odhadnutá stredná hodnota očakávaného zisku je 163,25 € so smerodajnou odchýlkou 307,74 €. V prípade, že zbehne simulácia ešte raz, sú vygenerované iné náhodné čísla a výsledok simulácie je mierne odlišný. Možno to odskúšať opakovaným stlačením klávesnice F9. Interval spoľahlivosti v bunke F1022 a F1023 zachytáva túto neistotu rozdelenia strednej hodnoty očakávaného zisku.

Úlohou je určiť veľkosť objednávky. Zatiaľ sme odhadli iba strednú hodnotu zisku pre veľkosť objednávky 400 kusov. Výpočet zopakujeme pre rôzne hodnoty variabilnej premennej – veľkosti objednávky, tieto hodnoty sú uvedené v tabuľke č. 2 v časti A1028:A1036. Vo vedľajšom stĺpci v rozsahu B1028:B1036 sú uvedené prislúchajúce stredné hodnoty zisku. Tieto hodnoty môžeme vypočítať manuálnym prepisovaním hodnoty veľkosti objednávky v bunke B15 alebo pomocou nástroja MS Excelu s názvom **Tabuľka údajov** nachádzajúcom sa v záložke **Údaje** v časti **Citlivostná analýza** (vo verzii MS Office 2010 **Analýza hypotéz**). V prípade použitia Tabuľky údajov postupujeme nasledujúco: najprv zadáme rôzne hodnoty variabilnej premennej v časti A1028:A1036. Potom do bunky B1027 vložíme odkaz na strednú hodnotu zisku =C1021. Následne vysvietime oblasť A1027:B1036, v menu **Údaje**, **Citlivostná analýza** si vyberieme **Tabuľka údajov**.





V okne s názvom **Tabuľka údajov** zadáme do pola **Vstupná bunku stĺpca** hodnotu B15 a stlačíme OK. V tabuľke údajov sa dopočítajú stredné hodnoty zisku. Veľkosť objednávky maximalizujúca strednú hodnotu zisku je 250 kusov. Stredná hodnota zisku pri veľkosti objednávky 250 kusov je 423,50 € táto hodnota je len o niečo väčšia ako vedľajšie hodnoty. Pri použití iných náhodných čísel tomu môže byť inak, možno si to overiť opakovaným stlačením F9. Taktiež rozdielne hodnoty priemerného zisku pri veľkosti objednávky 400 kusov uvedené v bunkách B1027 a B1036 sú spôsobené použitím rôznych náhodných čísel.

Tabuľku údajov možno použiť už pri samotnej konštrukcii simulačného modelu. Tento postup je viac všeobecný a je vhodný pre zložitejšie modely, v ktorých vzťahy modelovaného procesu nie je možné zachytiť v jednom riadku a následne kopírovať tento riadok. Postup s využitím Tabuľky údajov pri simulácii je demonštrovaný na tom istom príklade a simulačný model je zobrazený v tabuľke č. 3. Simulačný model je z väčšiny totožný s predchádzajúcim. Rozdiel je, že riadok 19 nie je tisíckrát kopírovaný. Namiesto toho je skonštruovaná tabuľka údajov v rozsahu A23:B1023. V časti A24:A1023 sú uvedené poradové čísla opakovaní, v bunke B23 je odkaz na bunku F19 (vzorec =F19) a po vysvetlení oblasti A23:B1023 v okne **Tabuľka údajov** zadáme adresu hocijakej prázdnej bunky do riadku pre **Vstupnú bunku stĺpca**. Následne sa vypočíta tisíc hodnôt pre bunky F19, ktoré sú zapísané v stĺpci B23:B1023.

Všeobecne pri výpočte hodnôt Tabuľky údajov Excel použije hodnotu zadanú v ľavom stĺpci tabuľky, dosadí túto hodnotu do bunky definovanej v časti Vstupná bunka stĺpca, prepočíta model a do pravého stĺpca tabuľky dosadí hodnotu výstupu definovaného v hornom riadku tabuľky.

Tabuľka č. 3: Simulačný model

	A	B	C	D	E	F
4	Strata vo výpredaji	1	€/ks			
5						
6	Pravdepodobnostné rozdelenie dopytu (dikrétné rozdelenie)					
7	Dolná hranica	Horná hranica	Veľkosť dopytu			
8	0	0,3	200			
9	0,3	0,5	250			
10	0,5	0,8	300			
11	0,8	0,95	350			
12	0,95	1	400			
13						
14	<b>Rozhodujúca premenná</b>					
15	Veľkosť objednávky	400				
16						
17	<b>Simulácia</b>					
18		Veľkosť dopytu	Tržby	Náklady nadhodnotenia dopytu	Náklady na obstaranie tovaru	Zisk/Strata
19		350	1 400,00 €	50,00 €	800,00 €	550,00 €
20						
21	Tabuľka údajov jednotlivých opakovaní					
22	Poradové číslo opakovania	Zisk/Strata				
23		550 €				
24	1	550 €				
25	2	550 €				
26	3	300 €				
1021	998	-200 €				
1022	999	50 €				
1023	1000	300 €				
1024						
1025	<b>Popisné štatistiky</b>					
1026	Priemerný zisk/strata		169,75 €		95% interval spoľahlivosti	
1027	Smerodajná odchýlka		298,43 €		Dolná hranica	151,25 €
1028	Minimalny zisk/strata		-200,00 €		Horná hranica	188,25 €
1029	Maximalny zisk/strata		800,00 €			
1030						

Simulačný model uvedený v tabuľke č. 3 možno rozšíriť a pomocou dvojstupňovej tabuľky údajov určiť veľkosť objednávky. Rozšírený model je prezentovaný v tabuľke č. 4. Tabuľka údajov sa nachádza v oblasti A23:J1023. V časti A24:A1023 sú uvedené poradové čísla opakovaní, v bunke A23 je odkaz na bunku F19 (vzorec =F19) a v časti B23:J23 hodnoty veľkosti objednávky. Tabuľku dopočítame tak, že v okne **Tabuľka údajov** zadáme adresu hocijakej prázdnej bunky do riadku pre **Vstupná bunka stĺpca** a do riadku pre **Vstupná bunka riadka** adresu B15.



Následne vypočítame popisné štatistiky a vyhodnotíme experiment. Veľkosť objednávky vo výške 250 kusov má znova maximálnu strednú hodnotu zisku. Na základe simulačného experimentu je odporúčané objednať 250 kalendárov.

Tabuľka č. 4: Simulačný model

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Vstupné údaje</b>									
2	Predajná cena	4	€/ks							
3	Nákupná cena	2	€/ks							
4	Strata vo výpredaji	1	€/ks							
5										
6	Pravdepodobnostné rozdelenie dopytu (dikrétné rozdelenie)						Distribúcia zisku/straty			
7	Dolná hranica	Horná hranica	Veľkosť dopytu				Hodnota	Početnosť		
8	0	0,3	200				800	0		
9	0,3	0,5	250				550	1		
10	0,5	0,8	300				300	1		
11	0,8	0,95	350				50	0		
12	0,95	1	400				-200	0		
13										
14	<b>Rozhodujúca premenná</b>									
15	Veľkosť objednávky	400								
16										
17	<b>Simulácia</b>									
18		Veľkosť dopytu	Tržby	Náklady nadhodnotenia dopytu	Náklady na obstaranie tovaru	Zisk/Strata				
19		350	1 400,00 €	50,00 €	800,00 €	550,00 €				
20										
21	Tabuľka údajov jednotlivých opakovaní, pre rôzne veľkosti objednávky									
22	Poradové číslo opakovania	Veľkosť objednávky								
23	550,00 €	200	225	250	275	300	325	350	375	400
24	1	400,00 €	450,00 €	500,00 €	550,00 €	100,00 €	650,00 €	-50,00 €	125,00 €	-200,00 €
25	2	400,00 €	450,00 €	500,00 €	175,00 €	600,00 €	275,00 €	700,00 €	375,00 €	-200,00 €
26	3	400,00 €	325,00 €	500,00 €	425,00 €	600,00 €	650,00 €	200,00 €	750,00 €	-200,00 €
1021	998	400,00 €	450,00 €	500,00 €	550,00 €	600,00 €	650,00 €	700,00 €	-125,00 €	-200,00 €
1022	999	400,00 €	450,00 €	250,00 €	425,00 €	350,00 €	275,00 €	700,00 €	125,00 €	300,00 €
1023	1000	400,00 €	325,00 €	250,00 €	550,00 €	600,00 €	525,00 €	-50,00 €	125,00 €	50,00 €
1024										
1025	<b>Popisné štatistiky</b>	200	225	250	275	300	325	350	375	400
1026	Priemerný zisk/strata	400,00 €	413,13 €	424,25 €	409,13 €	403,00 €	337,63 €	291,25 €	245,38 €	161,00 €
1027	Smerodajná odchýlka	0,00 €	57,03 €	114,95 €	163,58 €	217,06 €	250,81 €	284,50 €	291,31 €	300,45 €

## 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] Pomocník programu Microsoft Excel a internetové stránky programu Microsoft Excel
- [3] Softvérová podpora rozhodovania v prostredí Microsoft Excel / Juraj Pekár. - Bratislava : Vydavateľstvo EKONÓM, 2010. - 81 s. ISBN 978-80-225-2889-4