

Vladimír HOMOLA *

POUŽITÍ TABULKOVÉHO PROCESORU PRO DYNAMICKÉ MODELOVÁNÍ V GEOVĚDÁCH

APPLICATION OF TABELLAR PROCESSOR FOR DYNAMIC MODELLING
IN GEOSCIENCES

Abstrakt

Jak při výuce, tak také v odborné praxi je často zapotřebí zkoumat chování nějaké veličiny v závislosti na chování veličin jiných. Většinou je chování zkoumané veličiny popsáno funkčními vztahy a stav oněch jiných veličin parametry těchto funkčních vztahů. Největší názornost vnese do procesu modelování dynamická změna parametrů doprovázená grafickou informací. Článek popisuje použití tabulkového procesoru, konkrétně Excelu, právě k takovým účelům. Vysvětluje jednak méně známé vlastnosti často používaných konstrukcí, jednak méně známé objekty a vlastnosti, to vše v netradičním kontextu dynamického modelování. Jako modelový příklad používá geofyzikální metodu zjišťování složek magnetického pole mocné desky známou jako přímá úloha magnetometrie.

Abstract

During the teaching and in the professional practice, it is necessary to study the performance of some quantity (dependent variable) in relation to other quantities. Usually the performance of that quantity is given by the set of equations. The others quantities are then independent variables, and the parameters of the equations. The most comprehensible tool in modelling is the dynamic gradation followed by graphical information. This article shows how to use Excel just in this way. It explains the frequently used constructions but in features not known in general. The article presents also some objects and properties used sporadic only. All of this leads up to nonformal context of dynamic modelling. The test case solves the geophysical problem - magnetic potential of the thick plate; this task is known as the direct problem of magnetometry. The article is designed for the non-specialist in computer sciences but interested reader who needs the dynamic look on his own professional data.

Key words: dynamic modelling, spreadsheet, Excel, scroll bar, XY graph, named range, variables, parameters, functions.

Úvod

Poměrně zdařilý tabulkový procesor Excel dodávaný firmou Microsoft v rámci MS Office obsahuje některé možnosti, které nejsou obecně známy, a přitom jsou velmi silným nástrojem pro specifické aplikace. Tento článek z nich diskutuje XY graf, použití ovládacích prvků, a některé aspekty pojmenovaných oblastí.

Článek je určen těm, kteří svá data zpracovávají v prostředí tabulkových procesorů, protože zpracování v prostředí jiných - např. databázových - systémů jim z nějakých důvodů nevyhovuje. Mnozí takoví uživatelé, odborníci z oblasti geověd zvláště (možná s výjimkou geoinformatiky) však mají vrozenou - nebo snad vypěstovanou? - nechuť k tomu, čemu se říká *programování*. Proto se tento článek zaměřuje na takové postupy, které programování nevyžadují, přestože nějakých pár příkazů by mnohdy řešení zjednodušilo, zjasnilo.

Jako modelový příklad je pro dané téma zvoleno vyšetřování magnetického pole geologického tělesa tvaru mocné svislé desky, tedy příklad z oblasti užité geofyziky. Aplikace z jiných oblastí jsou pak analogií poznatků a postupů uvedených v článku.

* doc. Dr., Ph.D., Institut geologického inženýrství, VŠB-TU Ostrava, e-mail: vladimir.homola@vsb.cz

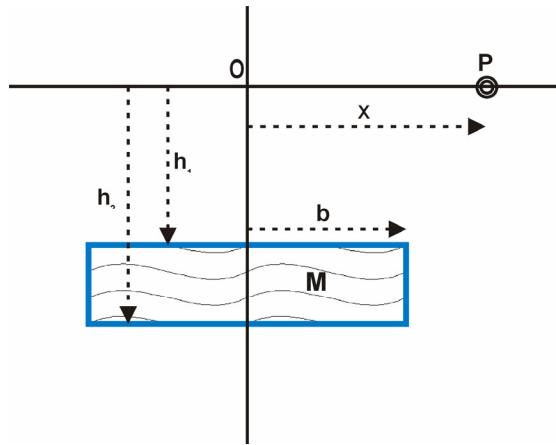
Teorie k modelovému příkladu

K modelovému příkladu je zapotřebí uvést nezbytnou teorii. Jde sice o specializované téma, bylo však vybráno pro jednoduchou abstrahovatelnost od problému magnetického pole a jednoduché povýšení na obecnou úroveň.

Přímá úloha magnetometrie

Přímou úlohou magnetometrie se podle [1] rozumí nalezení magnetického potenciálu dle daného tvaru, rozměru a magnetizace horninového tělesa. Ačkoliv jsou tvary právě horninových těles složité a různorodé, mohou být mnohé z nich v prvním přiblížení aproximovány pravidelným geometrickým tvarem. Za druhé: skutečné horninové těleso bývá začasť magneticky značně nehomogenní. Ale stejně tak často bývá střední hodnota magnetizace ve větších dílčích objemech tělesa blízká a proto - měřeno v dostatečných vzdálenostech - se těleso bude jevit jako přibližně magneticky homogenní.

Zkoumejme tedy horninové těleso idealizované do mocné desky - tak je označován velmi dlouhý pravoúhlý hranol o mocnosti m . Tak také mohou být zjednodušeny mnohé vrstvy. Označme h_1 vzdálenost svrchní a h_2 vzdálenost spodní vrstevní plochy od povrchu a zkoumejme vertikální (Z) a horizontální (H) složku magnetického pole takového tělesa v nějakém bodě P srovnávací roviny, zde tedy povrchu Země. Vlastní magnetizace tělesa nechť je M . Situaci znázorňuje obrázek 1 - svislý řez, v němž pro zjednodušení pozdějších vzorců je použito označení $m = 2b$.



Obr. 1: Označení v úloze magnetometrie

Vynechme detaily matematického odvození. Plyne z něj, že při označení

$$\begin{aligned} p_1 &= (x + b) / h_1 & p_2 &= (x - b) / h_1 \\ p_3 &= (x + b) / h_2 & p_4 &= (x - b) / h_2 \end{aligned}$$

a dále

$$s_1 = 1 + p_1^2 \quad s_2 = 1 + p_2^2 \quad s_3 = 1 + p_3^2 \quad s_4 = 1 + p_4^2$$

je

$$\begin{aligned} Z &= 2 \cdot c \cdot M \cdot (\arctg p_1 - \arctg p_2 - \arctg p_3 + \arctg p_4) \\ H &= c \cdot M \cdot (\ln (s_3 / s_4) - \ln (s_1 / s_2)) \end{aligned}$$

kde $c = 10^{-7}$ [H.m⁻¹], jsou-li hodnoty uváděny v příslušných jednotkách: x [m], b [m], M [A.m⁻¹], h_i [m].

Parametry a proměnné úlohy

Ze shora uvedených vztahů je zřejmé, že parametry úlohy jsou:

- h_1 a h_2 vymežující polohu svrchní a spodní vrstevní plochy vzhledem k povrchu
- mocnost resp. její polovina b
- vlastní magnetizace M tělesa

Proměnnou v úloze je poloha x bodu P srovnávací roviny.

Zkoumané vztahy a abstrakce od modelového tématu

Úloha magnetometrie tedy vyšetřuje vztahy tvaru

$$Z = Z(x; \{h_1, h_2, b, M\})$$

$$H = H(x; \{h_1, h_2, b, M\})$$

Je zřejmé, že - abstrahujeme-li od konkrétní problematiky magnetometrie - jde o vyšetřování obecného funkčního vztahu

$$y = f(x; \{p_i\})$$

kde p_i jsou parametry funkčního vztahu, x je nezávisle proměnná a y závisle proměnná.

Parametry a proměnné v tabulkovém procesoru

Proměnné ve funkčním vztahu

Závisle a nezávisle proměnná tvoří klasickou dvojici hodnot, pro kterou byl vlastně tabulkový procesor původně stvořen. Konkrétní hodnota x na jedné straně vstupuje adresou buňky, ve které je umístěna, do výrazu vypočítávajícího hodnotu závisle proměnné y na straně druhé. Nejčastěji pak tyto dvojice tvoří tabulku analogické obr. 2.

	A	B	D	E
1	x	y = 3 * x ²		
2	1	3		
3	2	12		
4	3	27		
5	4	48		
6	5	75		
7				
8				
9				

Obr. 2: x a y ve funkčním vztahu

V tabulce i samotné hodnoty nezávisle proměnné x mohou být vypočítávány. Pro modelování je však nevýhodné, že tabulkové procesory sice velmi dynamicky pracují se vzorci, ale neumožňují stejně dynamicky pracovat s množstvím dat - např. počet hodnot x v předchozím obrázku (tedy 5) nelze měnit jen změnou obsahu nějaké jiné buňky; musí se použít buď "ruční" změna nebo programování.

Parametry ve funkčním vztahu

Hodnota **3** ve vztahu $y = 3 \cdot x^2$ je parametrem. Na jeho hodnotě záleží, jak bude funkce "vypadat". Parametr konkrétní funkce má při řešení konkrétního problému konkrétní význam - např. parametr **a** ve funkčním vztahu $y = a \cdot x^2$ může být polovina tíhového zrychlení, je-li konkrétním problémem volný pád a konkrétní funkcí dráha v závislosti na čase. Je zřejmé, že hodnoty parametrů funkcí popisujících nějaký jev jsou častým cílem vědeckého bádání.

Parametrizovat funkční vztah v tabulkovém procesoru (přesněji ve vzorcích v něm) je jednoduché a logické: do vzorce se zadá nikoliv hodnota parametru, ale adresa buňky, ve které se tato hodnota nachází. Je-li však vzorec použit pro výpočet funkční hodnoty opakovaně (což při tabelaci funkce je samozřejmé), je zapotřebí při kopírování vzorce zabránit případné automatické úpravě adresy buňky s parametrem. K tomu slouží absolutní adresování (Excel k němu používá znak dolar - \$).

Pro mnohé uživatele je však absolutní adresace něčím naprosto tajuplným, nehledě k tomu, že vzorce složené jen z adres jsou nepřehledné. Proto lze jen doporučit používání mechanismu pojmenování buněk. Nejjednodušeji přes pole názvů se vybrané buňce přidělí jméno, název, kterým je identifikátor a který vhodně volnou mnemonikou nebo shodou s matematickým zápisem funkce jistě lépe informuje o tvaru funkce a zpřehledňuje její zápis. Jméno, název buňky pak navíc reprezentuje právě absolutní adresu.

Použití (navíc pojmenovaného) parametru v parametrizovaném funkčním vztahu ukazuje obrázek 3.

	A	B	C	D	E
1	x	y = a · x ²		a	
2	1	3		3	
3	2	12			
4	3	27			
5	4	48			
6	5	75			
7					
8					
9					

Obr. 3: x a y v parametrizovaném funkčním vztahu

Dynamický model v Excelu

Už zavedením samostatného parametru podle předchozího odstavce bylo docíleno jistého stadia dynamického modelu. Změnou hodnoty jediné buňky dojde k dynamické změně hodnot v mnoha dalších, modeluje se tedy chování funkce pro různé hodnoty parametru. Je-li navíc vytvořen graf, který zobrazuje funkční hodnoty, pak změnou jediné hodnoty parametru se změní tabulka funkčních hodnot a změnou tabulky funkčních hodnot se změní i graf. Úžasné!

Má to však jednu vadu: hodnotu parametru musí uživatel vždy znovu "ručně" vepsat do příslušné buňky. Teprve po zadání nové hodnoty se graf překreslí, aktualizuje. A takové "poskakování" grafu má daleko k tomu, co si lze pod pojmem *dynamický model* představit. Otázka tedy zní: nelze pro účely dynamického modelování použít nějaký nástroj, který plynule mění hodnoty konkrétní buňky? Odpověď zní - jak jinak - existuje! Alespoň v Excelu lze totiž použít všechny registrované ovládací prvky ve Windowsech.

Zřejmě nejjednodušší je použití prvku známého jako *scroll bar* (česky překládáno nejčastěji jako *posuvník*). Jeho jezdcem uživatel pohybuje od jedné krajní polohy do druhé. Krajním hodnotám odpovídají číselná datová pole *min* a *max*. Datové pole *value* posuvníku je nositelem číselné hodnoty odvozené z relativní polohy jezdce mezi oběma krajními polohami. A právě datové pole *value* lze svázat s některou buňkou sešitu Excelu: změnou polohy jezdce se změní hodnota buňky a naopak změnou hodnoty buňky se změní poloha jezdce.

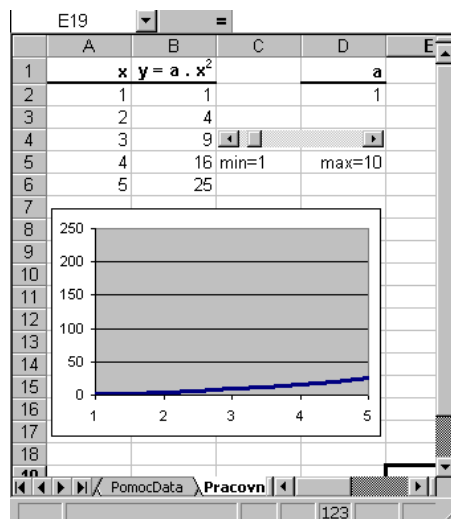
Na obrázcích 4 až 6 je uvedený mechanismus demonstrován. Datové pole posuvníku je svázáno s buňkou D2, která je pojmenována a a je parametrem funkce tabelované vzorci ve sloupci y (viz obr. 3). Datové pole *Min* posuvníku je nastaveno na 1, tedy při dotažení jezdce do levé krajní polohy nabude datové pole *Value* hodnoty 1 a tedy i buňka D2= a nabude hodnoty 1. Datové pole *Max* posuvníku je nastaveno na 10, tedy při dotažení jezdce do pravé krajní polohy nabude datové pole *Value* hodnoty 10 a tedy i buňka D2= a nabude hodnoty 10. Protože však při tažení jezdce z jedné do druhé krajní polohy dochází průběžně k události *Scroll* a při ní posuvník mění hodnotu datového pole *Value* svázaného s buňkou D2= a , mění se průběžně při tažení jezdce i tabulka funkčních hodnot a následně i graf, jak to předvádí obrázek 6. Zde statický obr. 6 lze shlédnout v [2] jako animaci.

	A	B	C	D	E
1	x	y = a · x ²		a	
2	1	1		1	
3	2	4			
4	3	9			
5	4	16	min=1	max=10	
6	5	25			
7					
8					
9					

Obr. 4: Parametr svázaný s posuvníkem v poloze Min

	A	B	C	D	E
1	x	y = a · x ²		a	
2	1	10		10	
3	2	40			
4	3	90			
5	4	160	min=1	max=10	
6	5	250			
7					
8					
9					

Obr. 5: Parametr svázaný s posuvníkem v poloze Max



Obr. 6: Dynamické modelování průběhu funkce

Modelování magnetického pole

Postup nastiněný v předchozí kapitole nyní uveďme detailně na přímé úloze magnetometrie, jejíž teoretická část je uvedena v úvodu.

Parametry úlohy

Metodicky je vhodné umístit parametry úlohy s doprovodným textem do záhlaví listu. Prakticky je vhodné pojmenovat je ještě předtím, než se запиše první vzorec, který je používá - pak totiž při konstrukci vzorce "ukazováním" se do vzorce vloží už jméno buňky, nikoliv její adresa. Postup pojmenování buňky je asi nejjednodušší provádět podle Přílohy 1 v [2].

Tabulka 1: Pojmenování parametrů

Id.parametru	...	Význam	Umístění
hloubka1	...	hloubka svrchní plochy	F7
hloubka2	...	hloubka spodní plochy	F9
mocnost2	...	polovina mocnosti	F11
magnetizace	...	vlastní magnetizace desky	F13

Jak plyne z teoretické části, parametry jsou především hodnoty určující geometrii úlohy, tedy hloubky svrchní a spodní plochy a mocnost desky. Dále je parametrem vlastní magnetizace desky. Pro pohodlný zápis vzorců parametry pojmenujme identifikátory podle tabulky 1.

Fragment listu s parametry může po příslušném formátování vypadat např. podle obrázku 7.

	A	C	D	E	F
1					
2					
3					Přím
4					
5					
6					
7		Hloubka svrchní plochy	h_1	hloubka1 [m]	6
9		Hloubka spodní plochy	h_2	hloubka2 [m]	49
11		Polovina mocnosti	b	mocnost2 [m]	6
13		Magnetizace	M	magnetizace [A.m ⁻¹]	0,10

Obr. 7: Parametry úlohy

Dynamická změna parametrů

Pro dynamickou změnu parametrů použijme shora popsaného posuvníku (přesněji: pro čtyři parametry čtyři posuvníky). V kontextu modelové úlohy a jí podobných je metodicky vhodné umístit posuvník poblíž buňky, jejíž obsah má měnit (s níž má být svázán) - viz však diskusi níže. Podle grafického uspořádání údajů na listu je možno zvolit posuvník svislý nebo vodorovný; v našem případě čtyř pod sebou umístěných údajů zvolíme čtyři vodorovné posuvníky.

Hloubka svrchní plochy	h_1	[m]	6	
Hloubka spodní plochy	h_2	[m]	49	
Polovina mocnosti	b	[m]	6	
Magnetizace	M	[A.m ⁻¹]	0,10	

Obr. 8: Parametry nastavované posuvníky

Vložení a nastavení posuvníku je podrobně popsáno v Příloze 2 v [2]. Na tomto místě především ukažeme možnou grafickou úpravu části listu s posuvníky:

Dále však diskutujeme situaci, která nastala u magnetizace a která plyne v případě použití tabulkového procesoru Excel z tohoto faktu (mírná nedomyšlenost na straně fy. Microsoft):

Datové pole, ve kterém posuvník uchovává hodnotu z intervalu $\langle \text{Min}, \text{Max} \rangle$ odpovídající poloze jezdce, je typu "Celé číslo **se** znaménkem na 2 bytech". Při konverzi do svázané buňky však někdo něco opomenul a výsledek konverze je typu "Celé číslo **bez** znaménka na 2 bytech". Důsledek je toto: Nastavením Min na zápornou hodnotu se poloha jezdce odpovídající hodnotě -1 převede do svázané buňky jako 65535, -2 jako 65534 atd.

Posuvník je tedy v Excelu schopen do svázané buňky dodávat reálně použitelné **celočíslné** hodnoty nanejvýš z intervalu $\langle 0, 32\,767 \rangle$. Obecně rozpětí $\langle \text{Min}, \text{Max} \rangle$ řídí počet hodnot ($= \text{Max} - \text{Min} + 1$), které je posuvník schopen dodat - jak "hrubě" nebo "jemně" lze použít.

Je však zřejmé, že ve vědeckých aplikacích je zapotřebí získávat neceločíslné hodnoty z libovolného intervalu $\langle A, B \rangle$. Označme Min a Max mezní hodnoty ve stejně pojmenovaných datových polích posuvníku, označme A a B meze intervalu, který je požadován, označme V hodnotu dodanou posuvníkem. Je

$$V \in \langle \text{Min}, \text{Max} \rangle$$

$$V - \text{Min} \in \langle 0, \text{Max} - \text{Min} \rangle$$

$$(V - \text{Min}) / (\text{Max} - \text{Min}) \in \langle 0, 1 \rangle$$

$$(V - \text{Min}) / (\text{Max} - \text{Min}) * (B - A) \in \langle 0, B - A \rangle$$

$$A + (V - \text{Min}) / (\text{Max} - \text{Min}) * (B - A) \in \langle A, B \rangle$$

Označíme-li P výraz

$$P = A + (V - \text{Min}) / (\text{Max} - \text{Min}) * (B - A)$$

je pak pro V z intervalu $\langle \text{Min}, \text{Max} \rangle$ P právě z intervalu $\langle A, B \rangle$.

Tedy zpět k magnetizaci. Tu modelujme např. z intervalu $\langle 10^{-2}, 1 \rangle$. Nelze to posuvníkem přímo, proto použijeme předchozího vztahu. Zvolme modelování magnetizace např. 101 různými hodnotami. Tomu odpovídá interval posuvníku např. $\langle \text{Min}=0, \text{Max}=100 \rangle$. Požadovaný interval magnetizace je $\langle A=10^{-2}, B=1 \rangle$. Je tedy podle předchozího vztahu

$$P = 10^{-2} + (V - 0) / (100 - 0) * (1 - 10^{-2})$$

$$P = 0.01 + 0.0099 * V$$

Umístíme-li tedy magnetizaci do buňky F13 (viz shora), musí v ní být vzorec

$$= 0.01 + 0.0099 * X_i$$

kde teprve X_i je adresa buňky svázané přímo s posuvníkem. Ta může být kdekoli, slouží jako mezičlánek pro nastavení parametru magnetizace. Pro řešení vlastního problému je irelevantní a vůbec není zapotřebí, aby ji uživatel viděl. Nejjednodušší tedy je, umístí-li se **pod** posuvník - např. $X_i = G13$ nebo $H13 \dots$ až $L13$ (viz obr. 8).

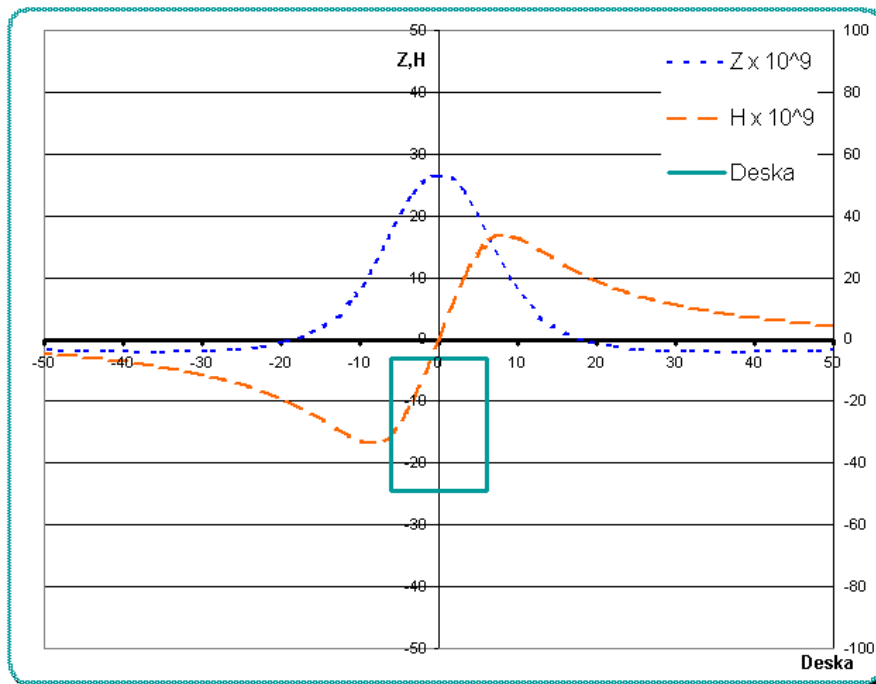
Proměnné v úloze

Nezávisle proměnnou (x) je vzdálenost místa P od svislé osy desky. Závisle proměnnou je vodorovná (H) resp. svislá (Z) složka magnetického pole desky v místě P (viz obr. 1). Zkoumáme-li závislost $Z=Z(x)$ resp. $H=H(x)$, volíme x z nějakého vhodného intervalu - a protože jde o počítačové modelování, s nějakým vhodným krokem resp. vhodným počtem rozdělení intervalu. V tom případě jde o běžnou tabulaci, která je jedním ze základních nástrojů tabulkových procesorů. Příklad na obr. 9 ukazuje tabulaci v intervalu $\langle -80, 80 \rangle$ s dělením na 51 kroků (po 3.2 metru).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Čís.	x	p1	p2	p3	p4	s1	s2	s3	s4	Z	H
2	1	-80,000	-12,333	-14,333	-1,510	-1,755	153,111	206,444	3,281	4,080	-1,115	-0,807
3	2	-76,800	-11,800	-13,800	-1,445	-1,690	140,240	191,440	3,088	3,855	-1,177	-0,892
4	3	-73,600	-11,267	-13,267	-1,380	-1,624	127,938	177,004	2,903	3,639	-1,243	-0,988
5	4	-70,400	-10,733	-12,733	-1,314	-1,559	116,204	163,138	2,727	3,431	-1,312	-1,097
6	5	-67,200	-10,200	-12,200	-1,249	-1,494	105,040	149,840	2,560	3,232	-1,386	-1,222
7	6	-64,000	-9,667	-11,667	-1,184	-1,429	94,444	137,111	2,401	3,041	-1,464	-1,366

Obr. 9: Tabulace funkcí $Z=Z(x)$ a $H=H(x)$ s pomocnými mezivýpočty

Parametry úlohy se vyskytují jednak ve vzorcích pro výpočet p_i a s_i , jednak v samotných Z a H . Parametry jsou dynamicky měněny posuvníky (viz shora), tedy i funkční hodnoty Z a H se dynamicky mění při změně vyvolané posuvníkem. Jsou-li navíc Z a H řadami v XY grafu, mění se dynamicky i čára grafu. Obrázek 10 ukazuje možný graf včetně znázornění průřezu desky (i ten lze dynamicky měnit).



Obr. 10: Graf modelu magnetického pole desky

Praktická realizace

Zájemci mohou v [2] získat sešit Excelu s praktickou realizací dynamického modelu magnetického pole. Sešit lze z tohoto místa buď přímo otevřít nebo stáhnout na lokální počítač zájemce.

Závěr

Článek se pokusil ukázat jednoduché vytvoření dynamického modelu běžnými prostředky tabulkového procesoru (zde Excelu). Nebylo použito programování ani vlastní funkce. Výsledný model je pro výuku i pro vlastní odbornou práci názorný, efektivní, variabilní. Obdobného principu lze použít i pro jiné úlohy obdobného charakteru.

Použití vlastních funkcí by výsledné řešení velmi zobecnilo. Tvorba analogických úloh by pak byla daleko jednodušší. Použití programování by pak mohlo úlohu např. více "zefektnit": graf by se mohl "hýbat sám" apod.

V obou případech by však takový sešit podléhal nastavení zabezpečení tabulkového procesoru uživatele. Z nich vysoké zabezpečení vůbec nepovoluje používání programových jednotek, a to bez upozornění. Běžný uživatel by pak mohl být zmaten, protože deklarovaná dynamika by se nekonala. I při středním zabezpečení (tj. povolení použití programových jednotek uživatelem na základě dotazu) je zde vysoká pravděpodobnost, že na výhrůžný dotaz na povolení tzv. maker se běžný uživatel zalekne, odpoví *Nepoužívat* a výsledek je stejný jako v předchozím případě.

Literatura

- [1] Mareš, S. a kol.: Úvod do užití geofyziky. Praha, *SNTL Alfa*, 1979.
- [2] Homola, V.: Použití tabulkového procesoru pro dynamické modelování v geovědách. Dostupné na: homel.vsb.cz/~hom50. Jde o kopii tohoto článku, ovšem s online přílohami a animacemi.

Summary

Excel, the successful spreadsheet from Microsoft, has available some features - not in common known - usable in particular applications. Dynamic modelling can be found as one of them. The mentioned features are: series in XY graph, controls usage, and named range.

Let's present all of the next properties by the test case known as the direct task of magnetometry, the geophysical problem of magnetic potential of the thick plate. This task searches the magnetic potential given by the shape, dimension, and magnetisation of the rock body. The magnetic potential problem was selected due to easy generalization of its equations utilization. It's really the simple way to replace the magnetic field formula by the users equation and, in the next step, to apply the piece of knowledge described.

In function relationship, two different types of "input" value could be seen: (independent) variables on the one side, and parameters on the other side. As independent variable runs through some interval, the function gives the values of the dependent quantity for given value of parameters. The table of tabular values is the usual first step when study the relationship. In addition, the XY graph is the next step for the reason of better visual preview of function behaviour.

The spreadsheet re-calculates all the formulas and re-creates all the graphs when changing the value occurs in the dependency chain. Such a single value potentially going to be changed is just a parameter of the function. In practice, stand-alone cell is reserved for the parameter - setting parameter value directly into the formula is the way to hell. But non-specialist tears his hair when copying formulas with separate parameter because the relative addressing and absolute are the nasty words for him. That's why to use the cell (or range) names in spreadsheets. Manual parameter cell change gives new values immediately but: doing the tenth change, the retro-spection of the first set-up state is lost. The reason is that many actions were done between the first and the tenth change, and a lot of time expired. The speed of present PC's is sufficient to provide event subroutines in "real time". The events "scroll" and "change" of the scroll bar control can be used to change the parameter value. This change re-calculates the table and re-calculation of the table implies to redraw the graph - all the chain of operations is done so fast that the perception in user's mind is the unbroken move.

In XY graph, not only the equal-numbers series are necessary. The minimal series consist from one two-dimensional value only. The image of that series is one stand-alone point. The image of the rectangle is given by the series of five two-dimensional values. Scroll bar movement can alter the source data of this series and consecutively the image of the series is altered, all in "real time".

The technique described is used in complete workbook solving the magnetometry problem like dynamic model. The parameters in given equations are altered by scroll bars that implies the successive change of tabular values and the graphical image of three series: two functions and one rectangle.

Recenzenti: Prof. Ing. Gejza Timčák, PhD., FBERG, Košice,
Prof. Ing. Vladimír Židek, CSc., Ústav geoinformačních technologií, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.