

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Základní údaje o projektu

Projekt	Amper, SŠ PTA Jihlava - Pracoviště Legionářů 3
Číslo projektu	CZ .1.07/1.1.36/02.0066
Číslo sady	05
Číslo vzdělávacího materiálu	01/5
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření	15 září 2013
Předmět	Automatické řízení
Téma	Paralelní struktura PID regulátoru
Anotace	<i>Pracovní list je zaměřený hlavně na praktické použití blokové algebry při analýze chování lineárního regulačního obvodu</i>
Metodický pokyn	<i>Pracovní list s úkoly, vhodný i pro individuální práci, časová náročnost 90 minut</i>
Inovace	<i>ICT podpora teoretické výuky automatického řízení simulací, vyšší názornost a originalita, podpora interakce mezi učitelem a žákem</i>

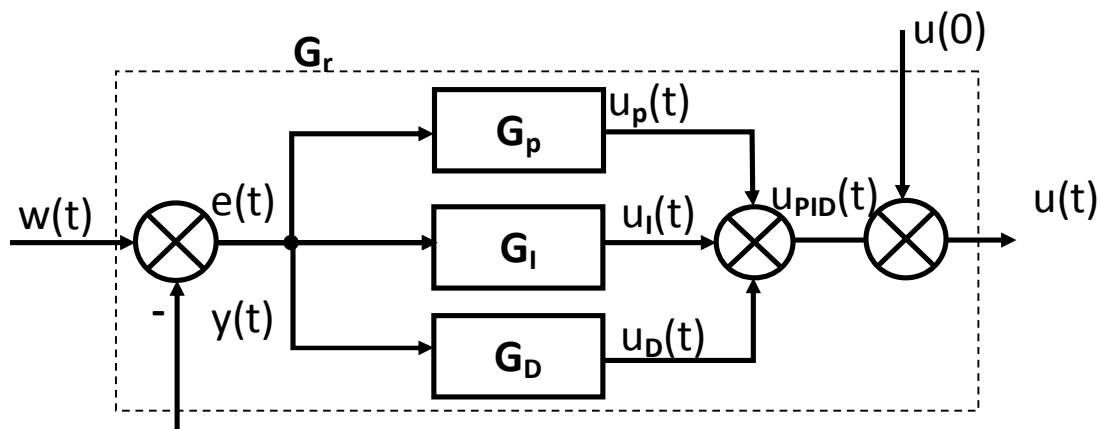
Paralelní struktura PID regulátoru

Klíčová aktivita: blokové schéma regulátoru, funkční model, obrazový přenos celku Cíl: ➤ Vytvořit blokové schéma elektronické paralelní struktury PID regulátoru. ➤ Vytvořit pro tuto strukturu funkční model v prostředí Wolfram-Mathematica .	
Vstupní znalosti	Základy spojitého lineárního řízení, blokové algebry a sw Wolfram-Mathematica
	Pomocné prostředky: - Wolfram-Mathematica, CDFplayer - Kurz automatického řízení
	Činnost: počítačové cvičení, doba řešení: 1,5H

I-Zadání

Soustava vyššího řádu je vytvořena z několika bloků nižšího řádu, jak je patrné z obrázku. Odvoďte výsledný přenos soustavy vyššího řádu popisující dané systémy, jestliže přenosy jednotlivých bloků jsou:

$$G_p = K_p, \quad G_I = \frac{K_I}{T_I \cdot s}, \quad G_D = T_D \cdot s$$



Kde:

$w(t)$ je žádaná veličina, $y(t)$ je regulovaná veličina, $e(t)$ je vstup regulátoru, $u(t)$ je akční veličina, $u(0)$ je počáteční hodnota akční veličiny, $u_p(t)$ je akční veličina proporcionální složky, $u_i(t)$ je akční veličina integrační složky, $u_d(t)$ je akční veličina derivační složky, $u(t)$ je výstup regulátoru PID, G_p je přenos proporcionální složky, G_i je přenos integrační složky a G_d je přenos derivační složky. K_p je zesílení proporcionální složky, T_i je integrační konstanta a T_d je derivační konstanta.

II-Úkoly

- I. Připravte referát.

2. Odvoďte jednotlivé obrazové přenosy G_p , G_i , G_d a vytvořte výsledný přenos G_r PID regulátoru dle obrázku:
 - a. uveďte obecnou definici obrazového a frekvenčního přenosu,
 - b. určete vstupy a výstupy rozdílového členu a bloků G_p , G_i , G_d a G_r
 - c. napište vztah mezi vstupy a výstupy rozdílových členů,
 - d. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro každý blok G_p , G_i , G_d a G_r ,

spočítejte výsledný obrazový výstup regulátoru Gr.

3. Ověřte výsledky elektronické paralelní struktury PID regulátoru z bodu 2) v prostředí softwaru Wolfram-

Mathematica, **podle potřeby si vyžádejte pomoc od učitele**

- v prostředí softwaru Wolfram-Mathematica otevřete soubor typu .nb (notebook) a nazvěte jej **ParStrPIDreg_jmeno_trida_datum**
- seznamte s příkazovými řádky `TransferFunctionModel`, `TransferFunctionExpand` a `SystemsModelFeedbackConnect` a jejich použití,
- Vytvořte funkční model pomocí příkazových řádků : “ `TransferFunctionModel` “, “`TransferFunctionExpand` “ a “`SystemsModelFeedbackConnect`”.

4. Na základě funkčního modelu z bodu 3) určete řád bloků G_p , G_I , G_D a řád výsledného přenosu PID regulátoru

Gr.

III-Závěr

do závěru uveďte shrnutí poznatků o paralelní struktuře PID regulátoru a její využití v regulační technice.

Vypracování úkolů

I-Příprava referátu

řádně vyplňte hlavičku referátu (viz formulář)

2-Odvození obrazového přenosu soustavy vyššího řádu Gr

a-obecná definice přenosové funkce

Přenosová funkce G je matematické vyjádření relace mezi vstupem lineárního systému $u(t)$ a jeho výstupem $y(t)$. Může být jednorozměrný systém (1 vstup a 1 výstup) nebo vícerozměrný (několik vstupů a výstupů). Jsou známy dva druhy přenosových funkcí obrazový a frekvenční přenos

- **obrazový přenos** : podíl Laplaceova obrazu $Y(s)$ výstupního signálu $y(t)$ k L-obrazu vstupního $U(s)$ signálu $u(t)$ při nulových počátečních podmínkách. L-obrazy získáme z originálů Laplaceovou transformací.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)},$$

$$\text{kde } s \equiv \frac{d}{dt} \quad \text{je operátor}$$

derivace

- **frekvenční přenos** : podíl Fourierova obrazu $Y(j\omega)$ výstupního signálu $y(t)$ k F-obrazu $U(j\omega)$ vstupního signálu $u(t)$ při nulových počátečních podmínkách. Frekvenční přenos lze formálně určit z obrazového přenosu dosazením $s \equiv j\omega$

$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{U(j\omega)},$$

kde j komplexní

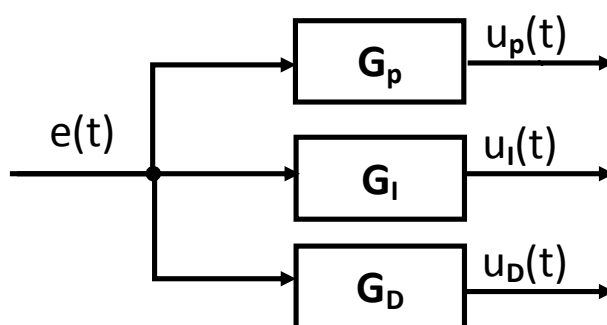
operátor a ω kruhová frekvence

b,c,d,e -vstupy a výstupy bloků G_p , G_I , G_D , a sumátorů

- Bloky G_p , G_I , G_D

jeden vstup, ten je označen v časové oblasti $e(t)$.

3 výstupy, které jsou označeny v časové oblasti $u_p(t)$, $u_I(t)$ a $u_D(t)$.



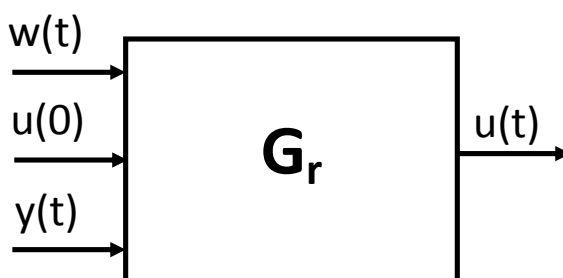
Relace mezi vstupem a výstupem každého bloku budou:

$$u_p(t) = G_p * e(t), \quad u_I(t) = G_I * e(t), \quad u_D(t) = G_D * e(t)$$

- Výsledný blok G_r má

3 vstupy, $w(t)$, $u(0)$ a $y(t)$ respektive žádaná veličina, počátečná hodnota akční veličiny a regulovaná veličiny

1 výstup, $u(t)$ akční veličina tj. výstup regulátoru



Relace mezi vstupem a výstupem bude vektorová:

$$u = \begin{pmatrix} G_{wu} & G_{u_0 u} & G_{yu} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w \\ u_0 \\ y \end{pmatrix}$$

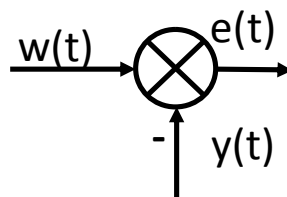
kde:

u je výstup

$\begin{pmatrix} w \\ u_0 \\ y \end{pmatrix}$ je vektor vstupů

$\begin{pmatrix} G_{wu} & G_{u_0 u} & G_{yu} \end{pmatrix}$ je přenosová matice

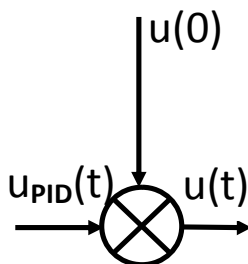
- Sumátor $e(t)$ má
dva vstupy $w(t)$ a $y(t)$
jeden výstup $e(t)$



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$$e(t) = w(t) - y(t), \quad \text{přenos sumátoru je vždycky 1}$$

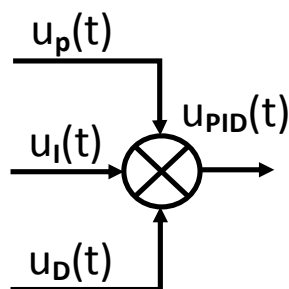
- Sumátor $u(t)$ má
dva vstupy $u_{PID}(t)$ a $u(0)$ repektive výstup regulované soustavy a počáteční honota
jeden výstup $u(t)$ tj. úpravený výstup regulované soustavy



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$$u(t) = u_{PID}(t) + u(0), \quad \text{přenos sumátoru je vždycky 1}$$

- Sumátor $u_{PID}(t)$ má
3 vstupy $u_P(t)$, $u_I(t)$ a $u_D(t)$ repektive výstup regulované soustavy a počáteční honota
jeden výstup $u_{PID}(t)$ tj. výstup regulátoru bez počáteční podmínky $u(0)$



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$$u_{PID}(t) = u_P(t) + u_I(t) + u_D(t), \quad \text{přenos sumátoru je vždycky 1}$$

3-Ověření výsledků

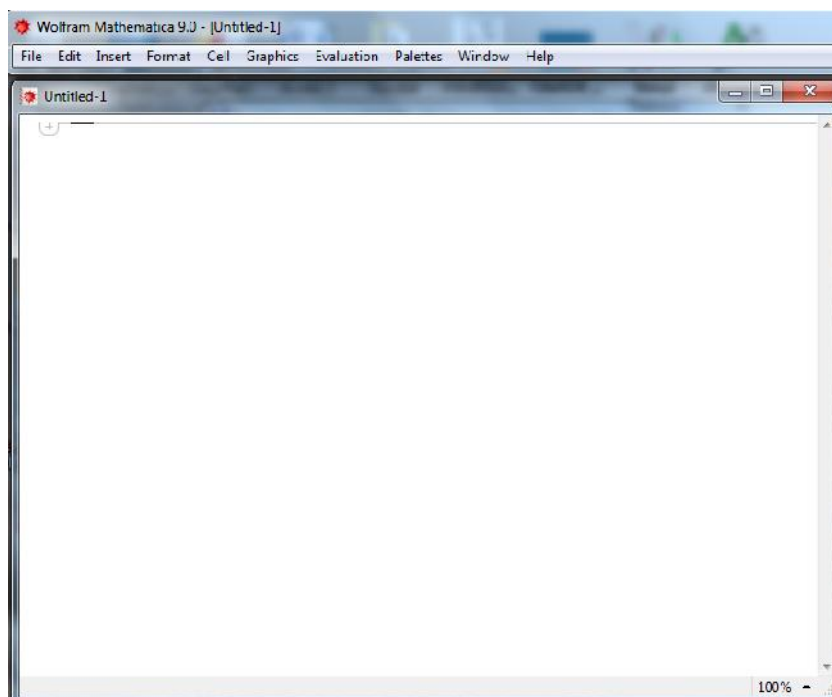
a- Tvorba souboru typu notebook

Toto je ukázkový text ukázkové podkapitoly ukázkové kapitoly ukázkového dokumentu.

v prostředí Wolfram-mathematica- hlavní menu postupně klepněte levým tlačítkem myši na:

File → New → Notebook (.nb) nebo ctrl+N

objeví se prázdný soubor s názvem “untitled-číslo”



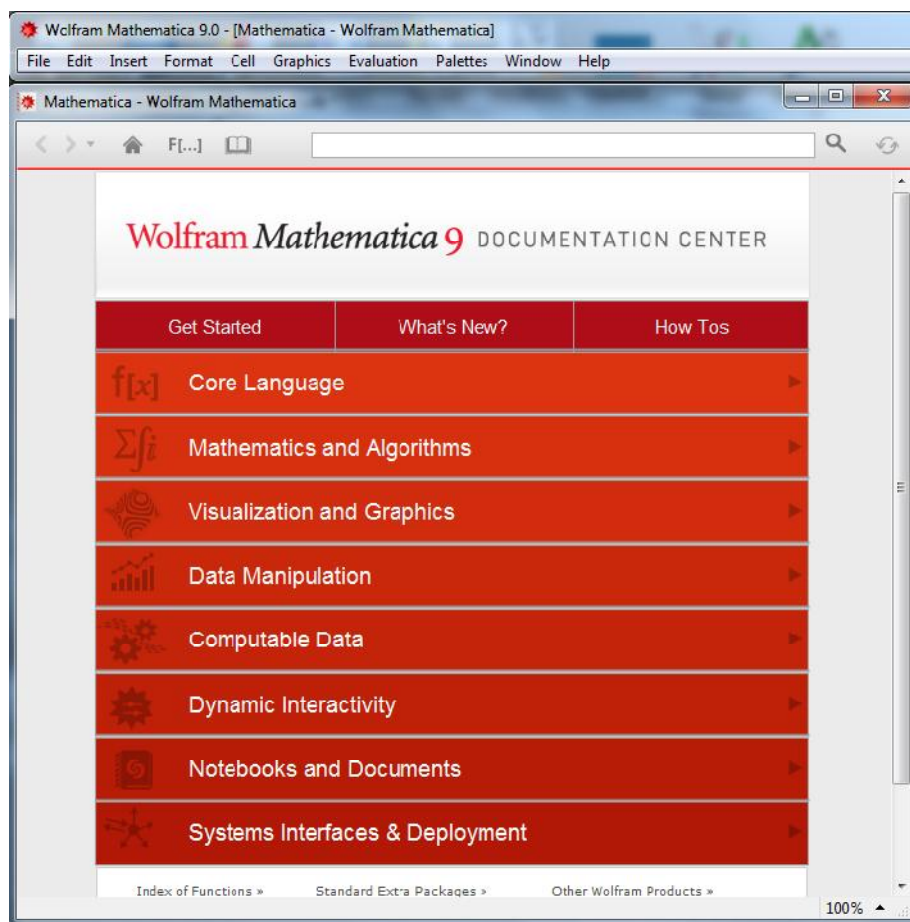
uložte jej pod názvem “ParStrPIDreg_jmeno_trida_datum”

b- Seznámení se s jednotlivými příkazovými řádky

v prostředí Wolfram-mathematica- hlavní menu postupně klepněte levým tlačítkem myši na:

Help → Documentation Centre

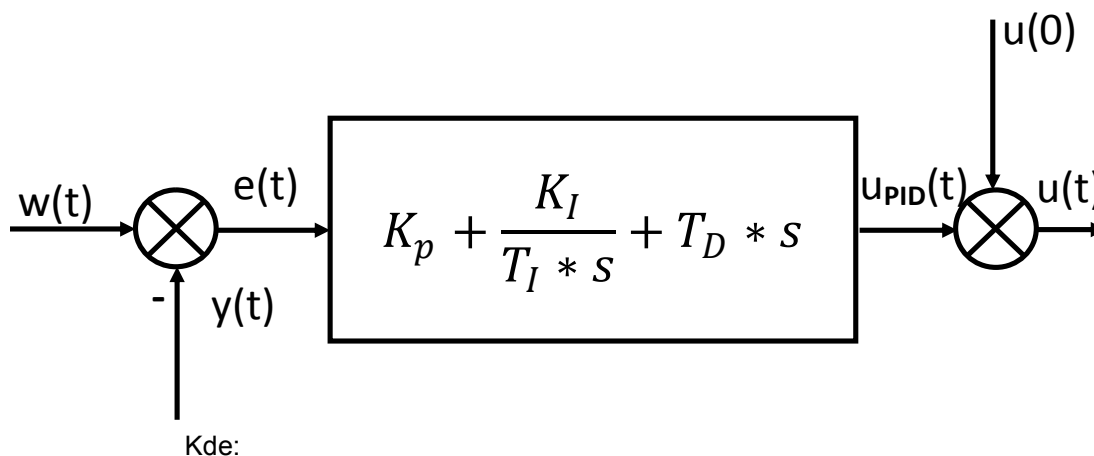
objeví se podmenu



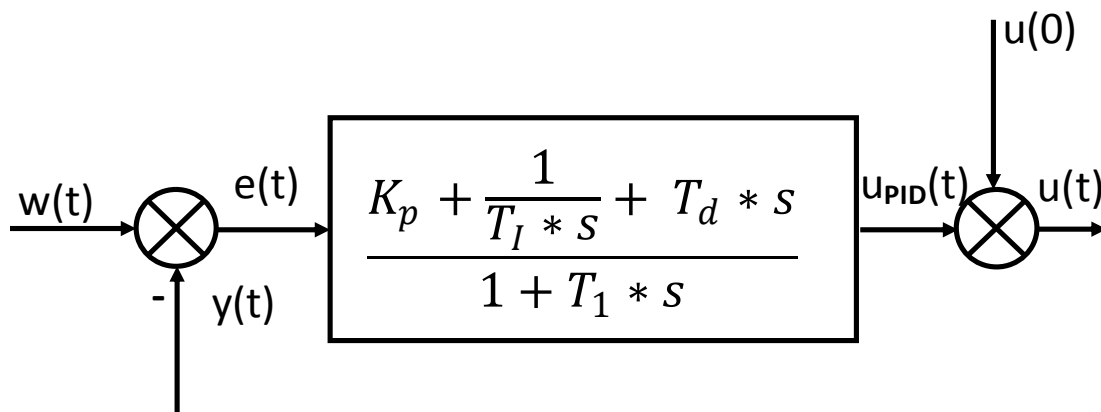
Do prázdného pole napište jednotlivé příkazové řádky a postupně prostudujte způsob jejich použití

c-Tvorba funkčního modelu pomocí příkazových řádků

K výpočtu dílčích přenosů využijeme princip superpozice. Blokové schéma výsledného přenosové matice Gr bude



K_p, T_i, T_d jsou respektive zesílení proporcionální složky a derivační časová konstanta a blokové schéma výsledné přenosové matice G_r reálného PID regulátoru bude



Funkční model přenosové matice G_r dostaneme následujícím příkazovým řádkem

$$G_r = \text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \frac{K_p + \frac{1}{T_i * s} + T_d * s}{1 + T_i * s}, 1, - \frac{K_p + \frac{1}{T_i * s} + T_d * s}{1 + T_i * s} \right\}, s \right]$$

$$\left(\frac{1 + K_p T_i s + T_d T_i s^2}{T_i s (1 + T_i s)} \quad 1 \quad \frac{-1 - K_p T_i s - T_d T_i s^2}{T_i s (1 + T_i s)} \right) \tau$$

Funkční model výsledné přenosové funkce vytvoříme také jako funkci parametrů k_1, k_2 , a T_2

`PrenosGr[Kp_, Ki_, Ti_, Td_] :=`

$$\text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \frac{K_p + \frac{1}{T_i * s} + T_d * s}{1 + T_i * s}, 1, - \frac{K_p + \frac{1}{T_i * s} + T_d * s}{1 + T_i * s} \right\}, s \right]$$

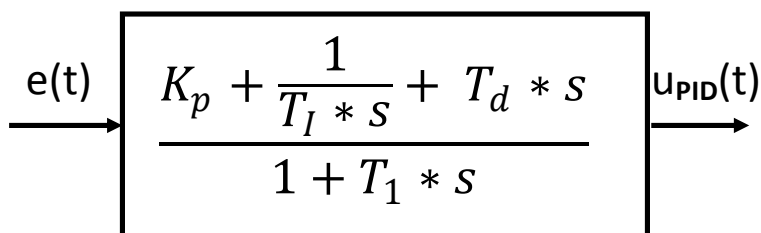
Pro dané hodnoty $K_p=0.2, K_i=0.5, T_i=20, T_d=10$ můžeme vyjádřit přenosovou matici jako běžnou funkci s názvem "PrenosGGr".

Výsledek je následující parametrizovaný funkční model.

`GGr = PrenosGr[0.2, 0.5, 20, 10]`

$$\left(\frac{10 \cdot (0.005 + 0.02 s + s^2)}{s (1 + 20 s)} \quad 1 \quad \frac{-10 \cdot (0.005 + 0.02 s + s^2)}{s (1 + 20 s)} \right) \tau$$

Blokové schéma korekčního členu reálného PID regulátoru je



a přenos korekčního členu G_{kc} bude

$$G_{kc} = \frac{K_p + \frac{1}{T_i * s} + T_d * s}{1 + T_i * s}$$

Jeho funkční model dostaneme následujícím příkazovým řádkem

$$\text{Gkc} = \text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \frac{K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s}{1 + T_i s} \right\}, s \right]$$

$$\left(\frac{1 + K_p T_i s + T_d T_i s^2}{T_i s (1 + T_i s)} \right) \tau$$

Pro dané hodnoty $K_p=0.2$, $K_i=0.5$, $T_i=20$, $T_d=10$ můžeme vyjádřit přenos korekčního členu jako běžnou funkci s názvem "PrenosGGkc".

Výsledek je následující parametrizovaný funkční model.

$$\text{PrenosGkc}[Kp_, Ki_, Ti_, Td_] := \text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \frac{Kp + \frac{1}{Ti s} + Td s}{1 + Ti s} \right\}, s \right]$$

$$\text{GGkc} = \text{PrenosGkc}[0.2, 0.5, 20, 10]$$

$$\left(\frac{10 \cdot (0.005 + 0.02 s + s^2)}{s (1 + 20 s)} \right) \tau$$

4-Řád soustavy Gp, Gi, Gd a jejich rozměry

Řád složky Gp, Gi a Gd, v případě reálného PID regulátoru, určuje stupeň polynomu ve jmenovateli přenosové funkce, tedy je 1, 2 a 1.

Řád korekčního členu reálného PID regulátoru je 2. Řád výsledné vícerozměrné soustavy reálného PID regulátoru se určuje řadem dílčích přenosů.

Řád výsledné soustavy se určuje řadem dílčích přenosů. Řád korekčního členu je 2.

Výsledná soustava je vícerozměrná a má rozměr 3x1 tj. 3 vstupy a 1 výstup.

`SystemsModelDimensions [Gr]`

`{3, 1}`

Korekční člen je jednorozměrná soustava

`SystemsModelDimensions [Gkc]`

`{1, 1}`

Závěr

Zdroje

- Interní studijní materiál školy a firemní dokumentace software Wolfram-Mathematica.

Materiál je určen pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.

Všechna neocitovaná autorská díla jsou dílem autora.

Všechny neocitované obrázky jsou součástí prostředků výukového software Microsoft office 2007.