

# VYUŽITIE WEBOVEJ SLUŽBY PRI MODELOVANÍ OHREVVU V PROSTREDÍ MATLAB

TERPÁK J., HOROVČÁK P., CIRBES P., KUKURUGYA J.

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav riadenia a informatizácie výrobných procesov, Košice, jan.terpak@tuke.sk

*Service orientovaná architektúra (Service-oriented architecture – SOA) je nový prístup, ktorý pomáha spájať rôzne informačné technológie takým spôsobom, ktorý zaručuje každej technológii nezávislú funkcionálnu [1]. Prísľubom SOA je bezprecedentná flexibilita a úspora nákladov pri rozvíjaní nových aplikácií a kapacít. Podľa definície Gartnera je SOA „aplikačná topológia, v ktorej je obchodná logika aplikácie organizovaná v moduloch (službách) s jasnou identitou, účelom a programovo prístupným interfejsom. Služby sa chovajú ako „čierne skrinky“: Ich vnútorný dizajn je nezávislý od druhu a účelu žiadateľa. V SOA sú údaje a obchodná logika uzatvorené v modulárnych obchodných komponentoch s dokumentovanými interfejsami. To sprehľadňuje návrh a umožňuje inkrementálny vývoj a budúce rozširovania. SOA aplikácia tiež môže byť integrovaná s heterogénnym externým dedičstvom a zakúpenými aplikáciami oveľa jednoduchšie ako monolitická, nie-SOA aplikácia.“ [2]. Iná definícia hovorí, že „SOA je architektúra pre dizajn aplikácie, ktorá má tri hlavné časti: interfejs webovej služby, na službe založené komponenty aplikácie a inštrumentácia procesu“ [3]. Interfejs webovej služby zabezpečuje mechanizmus komunikácie medzi aplikáciami a je štandardizovaný vo forme WSDL (Web Services Description Language). Na službe založené komponenty aplikácie predstavujú vlastnú funkcionálnu webovej služby, v našom prípade vybrané termochemické dáta, výpočty vlastností či príslušné koeficienty. Inštrumentácia procesu (process orchestration) slúži na dosiahnutie cieľov aplikácie adekvátnym prepojením interných a externých udalostí počas činnosti aplikácie. Táto časť sa označuje aj ako orchestrácia služieb (service orchestration) [4, 5] a je štandardizovaná vo forme BPEL (Business Process Execution Language).*

Interakcie služieb sú definované pomocou popisného jazyka, typicky XML (extended markup language). Každá interakcia služby je nezávislá a voľne viazaná, takže každá interakcia môže fungovať nezávisle na iných.

Tvorcovia aplikácií, implementátori aj IT tímy vďaka SOA získavajú veľkú flexibilitu pri adaptovaní existujúcich systémov a softvérov ku vzájomnej spolupráci. V skutočnosti existujú ďalšie softvérové vrstvy medzi poskytovateľmi informácií a ich konzumentami, ktoré podporujú napríklad zjednodušenie implementácie, zakrytie nepotrebných komplexností pred používateľom či automatizáciu komplikovaných procesov prekladania.

Service orientovaná architektúra (SOA) predstavuje v mnohých smeroch evolúciu klient – server architektúry. Prínosy a výhody SOA patria do jednej z nasledujúcich troch kategórií: štandardizované rozhrania a dátové modely, opakovaná použiteľnosť a schopnosť skladania komponentov. Základnými charakteristikami SOA sú voľná viazanosť služieb, asynchrónna komunikácia medzi službami, ich znovu-použiteľnosť, hrubozrnné API služieb, využívanie odborových štandardov a ukladanie metadát v úložisku.

V súčasnosti existuje značné množstvo webových služieb. Medzi najznámejších poskytovateľov patrí spoločnosť seekda GmbH [6], ktorá pomocou svojho portálu umožňuje vyhľadávať, poskytovať a pridávať jednotlivé webové služby. Aktuálne poskytuje 28451 (september 2009) webových služieb rôzneho zamerania avšak z oblasti termochemických dát neposkytuje žiadnu webovú službu. Takýto stav konštatujú aj iné publikované analýzy [7]. Predkladaný článok predstavuje príspevok práve v oblasti poskytovania termochemických dát pomocou webovej služby a ich použitie v oblasti modelovania procesov.

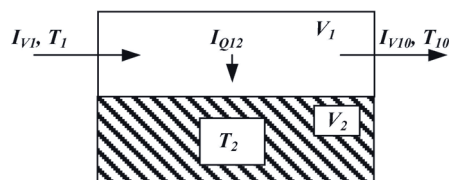
## Model ohrevu

Ohrev materiálu plynným médiom je typický prípad procesu, ktorý sa často vyskytuje v oblasti získavania a spracovania surovín. Popis modelu procesu ohrevu vychádza zo všeobecnej energetickej bilančnej rovnice:

$$\text{Akumulácia} = \text{Prenos} + \text{Premena} \quad (1)$$

Na obrázku obr. 1 je schematicky znázornený proces ohrevu. Zobrazený je vstupný ( $I_{V1}$ ) a výstupný objemový prietok ( $I_{V10}$ ) a teploty plynného média ( $T_1$ ,  $T_{10}$ ), objem pre plynné médium, objem ( $V_1$ ) a teplota ( $T_2$ ) ohrievaného materiálu a tepelný tok z plynného média do materiálu ( $I_{Q12}$ ).

Obr. 1 – Schéma modelu



Energetická bilancia plynného média má tvar podľa nasledujúcej rovnice:

$$\rho_1 c_{p1} V_1 \frac{dT_{10}}{d\tau} = I_{Q1} - I_{Q10} - I_{Q12} \quad (2)$$

pričom na ľavej strane rovnice je vyjadrená akumulácia tepelnej energie a na strane pravej je prenos tepelnej energie, ktorý pozostáva z tepelného toku vstupného a výstupného plynného média a prenosu tepla prúdením z plynného média na materiál. Po rozpísaní uvedených položiek dostávame rovnicu v tvare

$$\rho_1 c_{p1} V_1 \frac{dT_{10}}{d\tau} = \rho_1 c_{p1} T_1 I_{V1} - \rho_1 c_{p1} T_{10} I_{V10} - \alpha S (T_{10} - T_{20}) \quad (3)$$

kde  $I_{Q1}$  je tepelný tok vstupného plynného média, W,  $I_{Q10}$  – tepelný tok výstupného plynného média, W,  $I_{V1}$  – objemový prietok plynného média na vstupe,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $I_{V10}$  – objemový prietok plynného média na výstupe,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $T_1$  – teplota vstupného plynného média, K,  $T_{10}$  – teplota výstupného plynného média, K,  $\rho_1$  – hustota plynného média,  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $c_{p1}$  – merná tepelná kapacita plynu,  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $V_1$  – objem priestoru pre plyn,  $\text{m}^3$ ,  $I_{Q12}$  – tepelný tok medzi plynom a materiálom, W,  $T_2$  – teplota materiálu na začiatku simulácie ohrevu, K,  $T_{20}$  – teplota materiálu na konci simulácie ohrevu, K,  $\alpha$  – súčiniteľ prestupu tepla prúdením,  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , S – povrch materiálu,  $\text{m}^2$ ,  $\tau$  – čas simulácie ohrevu, s.

V prípade ohrievaného materiálu je energetická bilancia daná rovnicou:

$$\rho_2 c_{p2} V_2 \frac{dT_{20}}{d\tau} = \alpha S (T_{10} - T_{20}) \quad (4)$$

kde  $\rho_2$  – hustota materiálu,  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $c_{p2}$  – merná tepelná kapacita materiálu,  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $V_2$  – objem materiálu,  $\text{m}^3$ .

Dokončení na ďalšej strane

Po úprave rovnice (3) a (4) dostávame sústavu dvoch diferenciálnych rovníc

$$\frac{dT_{10}}{d\tau} = \frac{I_{V1}}{V_1} T_1 - \frac{I_{V10}}{V_1} T_{10} - \frac{\alpha S}{\rho_1 c_{p1} V_1} (T_{10} - T_{20}) \quad (5)$$

$$\frac{dT_{20}}{d\tau} = \frac{\alpha S}{\rho_2 c_{p2} V_2} (T_{10} - T_{20}) \quad (6)$$

Popísaný model ohrevu bol implementovaný v MATLABe ako funkcia `heating function [TAU,OUT]= heating (IN,-Tin,ALFA,SURFACE,TIME)`, ktorá umožňuje simuláciu modelu ohrevu pre rôzne parametre a vstupy. Vstupom funkcie sú:

– IN – pole štruktúr (IN (1) – plyn, IN (2) – materiál) obsahujúce položky ( $\rho$  – hustota,  $c_p$  – merná tepelná kapacita,  $V$  – objem,  $I_V$  – objemový prietok,  $T$  – teplota),

– Tin – počiatočná teplota Tin (1) – plynného média, Tin (2) – materiálu,

– ALFA – súčiniteľ prestupu tepla prúdením,

– SURFACE – povrch materiálu,

– TIME – čas simulácie ohrevu.

Výstupy z funkcie `heating` sú:

– TAU – pole času,

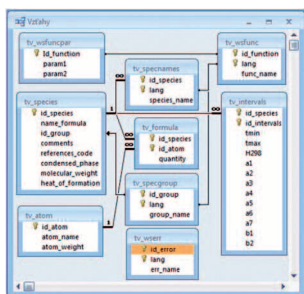
– OUT – pole teplôt `out (1).T` – plynného média, `out (2).T` – materiálu.

Na riešenie sústavy diferenciálnych rovníc (6) a (7) bola použitá explicitná metóda Runge-Kutta, ktorá je v prostredí MATLABu realizovaná funkciou `ode45`.

## Webová služba

Tvorba matematických modelov procesov získavania a spracovania surovín je úlohou kolektívnou a aj preto je nevyhnutná potreba jednotného zdroja termochemických vlastností. Dôležitosť jednotného zdroja má okrem toho veľký význam aj v administrácii, aktualizácii, centralizácii dát alebo služieb a tiež v zabezpečení možnosti sieťového prístupu. Tieto dôvody nás viedli k návrhu webovej služby pre poskytovanie termochemických vlastností látok podľa [8]. Databázová infraštruktúra webovej služby je realizovaná vo forme 9 tabuliek, štruktúra a vzájomné väzby ktorých sú znázornené na obr. 2. Služba je zostavená v prostredí PHP a využíva databázový systém MySQL.

Obr. 2 – Dátový model webovej služby



Pre aktuálnu verziu webovej služby (s názvom triedy `SluzbaTermProp`, názov metódy `getTermProp` s 3 parametrami, špecifikované v súbore `termprop.wsdl`) bolo doteraz navrhnutých 15 čiastkových funkcií, ktoré poskytujú informácie o samotnej službe, názvy a identifikáciu všetkých látok, rozsah intervalu teplôt, molekulovú hmotnosť a zlučovacie teploty pre danú látku, hodnoty merného tepla  $C_p$ , entalpie  $H$ , entropie  $S$ , súčasne  $C_p$ ,  $H$ ,  $S$ , hodnoty koeficientov pre výpočet uvedených vlastností látky pre zadanú hodnotu teploty, všetky intervaly teplôt a hodnoty koeficientov pre danú látku, súhrn všetkých hodnôt danej látky, zoznam chybových kódov webovej služby a význam konkrétneho chybového kódu. Súhrn uvedených funkcií a ich parametrov ilustruje obr. 3. Parameter *Režim* (*Regi-*

*me*) určuje príslušnú metódu (funkciu) webovej služby. Parameter *Param1* určuje špecifikáciu danej látky (*id*) alebo jazyk a parameter *Param2* udáva hodnotu teploty ( $v$  °K), resp. čísla chyby. U funkcií, kde nie je potrebná hodnota niektorého parametra (na obrázku indikované symbolom x) sa zadáva na príslušnej pozícii ľubovoľná hodnota (napr. 0). Výstupom webovej služby je XML štruktúra, obsahujúca požadované údaje, koeficienty, hodnoty či výsledky výpočtu. Uvedenú webovú službu je možné využívať v rôznych webových aj desktopových klientskych prostrediach, pričom je potrebné zo vstupnej XML štruktúry „vydolať“ jednotlivé hodnoty do premenných príslušného prostredia.

Obr. 3 – Zoznam funkcií webovej služby

WS call name	Interval	Parameter	Parameter
Info about WS	1(x)/2(x)	x	x
Elements names	2	id	x
Temperatures interval absolute	3	id	x
Molecular mass	4	id	x
Heat of formation	5	id	x
Specific heat Cp	6	id	x
Enthalpy H	7	id	x
Entropy S	8	id	x
Together Cp,H,S	9	id	x
Coefficients a1, b1,2	10	id	x
Temperatures intervals in detail	11	id	x
Coefficients a1, b1,2 in detail	12	id	x
All elements data	13	id	x
Error handling on WS call	14	lang	err
List of errors on WS call	15	lang	x

## Aplikácia SOA na modelovanie ohrevu

Využitie zostavenej webovej služby na modelovanie ohrevu v prostredí MATLABu bolo zrealizované vo forme na tento účel vytvorenej funkcie `SOA_service`

```
function [OUT]= SOA_service (REZ, ID, T);
```

ktorá umožňuje na základe požadovaného režimu `REZ`, špecifikovanej látky `ID` a teploty `T` získať výstup `OUT`. Štruktúra `OUT` je charakteristická pre daný režim `REZ`. Napríklad v prípade `REZ=6` obsahuje `OUT` hodnotu molovej tepelnej kapacity látky `ID` pri teplote `T`.

Algoritmus funkcie `SOA_service` vytvára triedu pre interfejs webovej služby, inštanciu reprezentujúcu webovú službu, volá príslušnú funkciu webovej služby so zadanými parametrami, vykonáva konverziu XML výstupu webovej služby do prostredia MATLAB a extrahuje potrebné hodnoty do premenných MATLABu. Algoritmus pozostáva z nasledujúcich krokov:

– vytvorenie triedy pre webovú službu na základe interfejsového súboru webovej služby `termprop.wsdl`

```
URL='http://omega.tuke.sk/pavel.horovcak/php_ws/wsdl/termprop.wsdl';
```

```
createClassFromWsdL(URL);
```

– vytvorenie inštancie objektu

```
SERVICE = SluzbaTermProp;
```

– volanie metódy webovej služby `TermProp` vracia hodnotu zásobníka

```
RES=strcat('<container>',getTermProp(SERVICE,REZ, ID, T), '</container>');
```

– konverzia XML štruktúry z webovej služby na štruktúru v MATLABe

```
XMLR = xml_parse(RES);
```

– výber hodnôt zo štruktúry v MATLABe podľa režimu funkcie, napr.

```
OUT(1) = str2double({XMLR(1,1).response.data.c});
```

## Inštrumentácia procesu výpočtu ohrevu

Prepojenie modelu ohrevu, resp. iného modelu a webovej služby umožňuje vytvárať simulačné modely daného procesu s využitím databázy termochemických vlastností, reprezentovaných webovou službou. V ukážke výpočtu ohrevu je zvolený materiál  $MgCO_3$  ( $id=14$ ) a plynné médium  $CO_2$  ( $id=12$ ). Pri inštrumentácii procesu výpočtu ohrevu, t.j. prepojenia modelu a webovej služby sme riešili tri rôzne varianty z hľadiska maximalizácie a minimalizácie času využívania webovej služby.

Prvý variant predstavuje použitie konštantných hodnôt mólovej tepelnej kapacity v každom časovom kroku, t.j. pred samotnou simuláciou ohrevu sa zistí hodnota mólovej tepelnej kapacity pomocou webovej služby a následne sa používa ako konštanta.

Druhý variant predstavuje využitie webovej služby pre zistenie koeficientov funkčnej závislosti mólovej tepelnej kapacity podľa [8] na začiatku simulácie ohrevu a následne výpočet v každom časovom kroku.

Tretí variant je volanie webovej služby pre príslušnú vlastnosť, napr. mólovú tepelnú kapacitu v každom časovom kroku simulácie ohrevu pre odpovedajúcu teplotu médií.

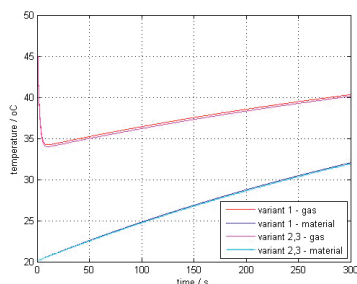
### Výsledky simulácií

Na základe vytvoreného modelu ohrevu a jednotlivých variantov prepojení modelu na webovú službu boli zrealizované simulácie ohrevu, ktoré vychádzajú z nasledujúcich vstupov a parametrov:

- plynné médium  $\text{CO}_2$  s počiatočnou teplotou  $50\text{ }^\circ\text{C}$ , hustotou  $1,98\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , objemom nad materiálom  $1\text{ m}^3$  a objemovým prietokom plynu  $0,25\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ;
- ohrievaný materiál  $\text{MgCO}_3$  s počiatočnou teplotou  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , hustotou  $3000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , objemom materiálu  $0,05\text{ m}^3$  a povrchom materiálu  $2\text{ m}^2$ ;
- súčiniteľ prestupu tepla prúdením  $250\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ;
- časový krok  $1\text{ s}$  a celkový čas simulácie ohrevu  $300\text{ s}$ .

Výsledky simulácií modelu ohrevu sú znázornené na obrázku obr. 4, a číselné hodnoty v tabuľke tab. 1. Priebehy teplôt a získané hodnoty poukazujú na rozdiely medzi jednotlivými variantmi. Z hľadiska dĺžky trvania simulácie je variant 1 a 2 časovo zhodný (tab. 1). Vyplýva to z rovnakého spôsobu použitia SOA funkcie, t.j. na začiatku simulácie ohrevu. Naproti tomu simulácia variantu 3 je zhruba 16 násobne dlhšia, čo vyplýva z opakovaného volania SOA funkcie. Z pohľadu výsledných teplôt plynného média a materiálu je zhoda medzi variantom 2 a 3 (tab. 1). Vyplýva to z rovnakého spôsobu výpočtu mólovej tepelnej kapacity s tým rozdielom, že v prípade variantu 2 je výpočet podľa koeficientov na strane aplikácie v MATLABe a v prípade variantu 3 na strane servera. Odlíšnosť hodnôt výsledných teplôt variantu 1 je zrejme, pretože v princípe ide o konštantnú hodnotu mólovej tepelnej kapacity.

Obr. 4 – Priebeh teplôt variant 1, 2 a 3



Tab. 1 – Výsledky simulácií ohrevu

Variant	Čas simulácie [s]	Výsledná teplota plynu, [°C]	Výsledná teplota materiálu, [°C]
1	12	40,1156	31,9140
2	12	40,3115	32,0310
3	195	40,3116	32,0308

### Záver

Predložený príspevok predstavuje možnosti využitia SOA v oblasti modelovania procesov. Pre účely modelovania procesov ohrevu bola zostavená webová služba s komplexnou databázovou infraštruktúrou, ktorá v súčasnosti ponúka 15 čiastkových funkcií. Výstupom webovej služby je XML štruktúra, ktorej tvar závisí od volanej čiastkovej funkcie. Pre účely využitia webovej služby v prostredí MATLABu bola zostavená funkcia `SOA_service`, ktorá prináša do prostredia MATLABu výsledky volania webovej

služby. S využitím tejto funkcie boli riešené a porovnané rôzne varianty využívania webovej služby v procese modelovania ohrevu. Ukazuje sa, že riešenie problémov modelovania s využitím SOA je významným prínosom pre zjednodušenie algoritmov a postupov pri modelovaní procesov. Výhodou je možnosť preniesenia mnohých aj komplikovaných výpočtov na stranu servera, čím dochádza k odbremeneniu používateľa od tejto záťaže. Nevýhodou (cenou, ktorú treba „zaplatiť“) je nárast trvania výpočtu, spôsobený zvýšenou komunikáciou po sieti.

Zo získaných skúseností vyplýva pre ďalší vývoj niekoľko poznatkov. Pre stranu webovej služby je to dopĺňovanie, resp. rozširovanie dátového modelu, dopĺňovanie ďalších funkcií, riešenie vhodných tvarov XML štruktúr z hľadiska ich spracovania v klientskych prostrediach, dopĺňovanie a ďalší vývoj ošetrovania chybových stavov na strane webovej služby a ich prezentácia na klientskej strane. Pre stranu konzumenta služby v prostredí MATLABu je to dopĺňovanie možností funkcie `SOA_service` v závislosti na vývoji webovej služby, špecifikácia a vyhodnocovanie ďalších variantov inštrumentácie, teda spôsobov prepájania a využívania webovej služby.

### Literatúra

- [1] SENOR, J. Service-Oriented Architecture – *A New Alternative to Traditional Technology Integration*. [online] s.l. : iWay Software, 18.6.2008. [cit. 22.5.2009]. Dostupné z: <<http://go.techtarget.com/r/6991691/5911780/1?kaid=1226647359355>>.
- [2] Gartner Group, Inc. *The Gartner Glossary of IT Acronyms and Terms*. [online] [cit. 18.9.2009]. Dostupné z: <[http://www.gartner.com/6\\_help/glossary/Gartner\\_IT\\_Glossary.pdf](http://www.gartner.com/6_help/glossary/Gartner_IT_Glossary.pdf)>.
- [3] VENEMA, T. *The Oracle IT Modernization Series: Modernization – The Path to SOA*. [online] s.l. : Oracle Corporation, August 2008. [cit. 22.5.2009]. Dostupné z: <<http://go.techtarget.com/r/8592420/5911780/1?kaid=1226647359355>>.
- [4] SHEINA, M. *Realising the promise of SOA and BPM*. [online] s.l.: © Ovum, October 2008. [cit. 18.9.2009]. Dostupné z: <[http://www.informatica.com/downloads/6889\\_Ovum\\_wp\\_web.pdf](http://www.informatica.com/downloads/6889_Ovum_wp_web.pdf)>.
- [5] BROWN, A. W., et al. *SOA Development Using the IBM Rational Software Development Platform: A Practical Guide*. [online] s.l. : © Copyright 2005 IBM Corporation, September 16, 2005. [cit. 18.9.2009]. Dostupné z: <<ftp://ftp.software.ibm.com/software/rational/web/whitepapers/G507-0956-00.pdf>>.
- [6] seekda, GmbH. *Web Services Search Engine*. [online] Innsbruck: s.n., 2009. [cit. 9.9.2009]. Dostupné z: <<http://webservices.seekda.com>>.
- [7] BHATTACHARJEE, S. *An Object Oriented Approach to Computational Thermodynamics*. *MME Symposium Series*. [online] October 2, 2008. [cit. 9.9.2009]. Dostupné z: <[http://www.mme.wsu.edu/symposia/symposia\\_08-09/bhattacharjee.pdf](http://www.mme.wsu.edu/symposia/symposia_08-09/bhattacharjee.pdf)>.
- [8] McBRIDE, B. J. – ZEHE, M. J. A – GORDON, S. *NASA Glenn Coefficients for Calculating Thermodynamic Properties of Individual Species*. [online] 2002. NASA TP-2002-211556. [cit. 18.9.2009]. Dostupné z: <<http://gltrs.grc.nasa.gov/reports/2002/TP-2002-211556.pdf>>

Pod'akovanie: Príspevok bol riešený v rámci projektov VEGA 1/4194/07, 1/0194/08, 1/0365/08, 1/0404/08 a APVV-0040-07.

### Abstract:

USING WEB SERVICE IN MODELLING OF HEATING IN MATLAB ENVIRONMENT

**Summary:** Contribution deals with simplified model of heating process designed for purpose of web services usage in process modelling creation. There is characterized and described model of heating process with it's particularly models of heat accumulation and convective heat transfer from the modelling point of view. Next part of contribution specifies applied function dependency, data structure design and implementation of web service created for this purpose. Further contribution gives attention to web service realisation. Last part of contribution deals with web service implementation for purposes of heating model in typical developing desktop environments e.g. MATLAB and presents achieved results.

**Keywords:** model of heating process, web service, MATLAB, PHP, MySQL