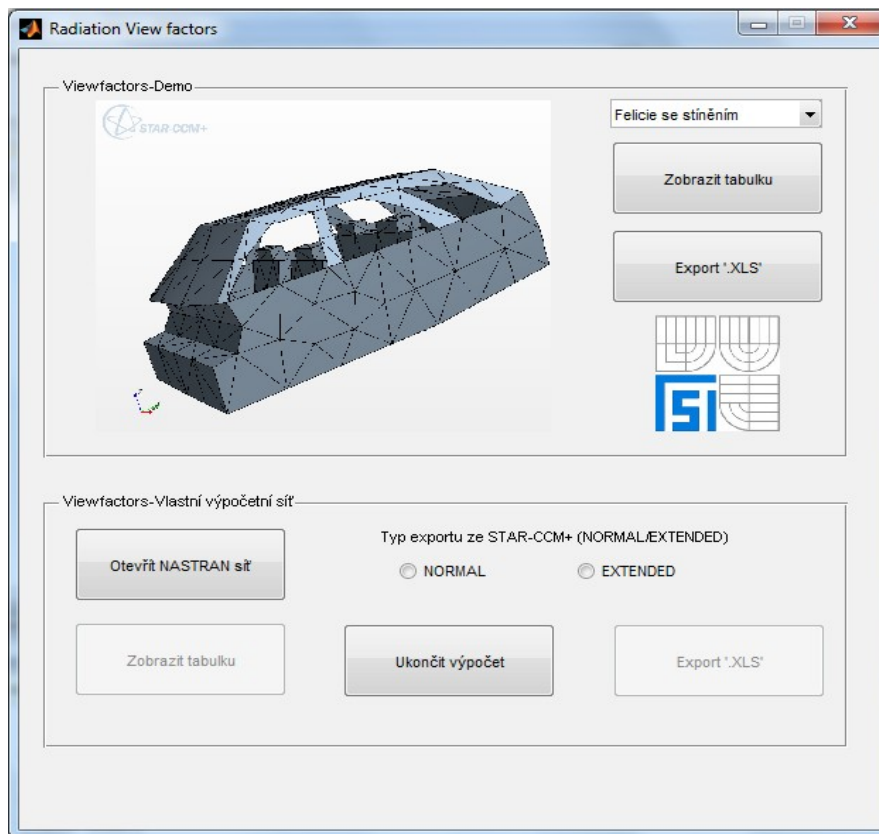


Radiation View Factors 1.0



obr. 1 Uživatelské rozhraní programu Radiation View Factors 1.0

Apollo ID: 26149

Datum: 25.10.2012

Typ projektu: R – software

Autor: Tomáš Bílek

Popis funkce

Program *Radiation View factors 1.0* slouží k výpočtu úhlových faktorů pro stanovení tepelného toku radiací [1, 3]. Hlavní předností tohoto programu je jeho vysoká přesnost při hledání matice úhlových faktorů v geometriích bez uvažování stínění. Program samotný se skládá ze dvou částí. První (View factors – Demo) umožňuje pouze zobrazení spočtených výsledků pomocí dále uvedeného algoritmu na předem definovaných geometriích i s uvažováním stínících komponent. Ve druhé části (View factors – Vlastní výpočetní síť) si uživatel může načíst vlastní vstupní geometrii. Po provedení výpočtu je zobrazena matice úhlových faktorů jednotlivých oblastí vstupní geometrie. Pro další využití napočítaných výsledků je přidána možnost exportu výsledků do MS Excel. Podrobný popis celého programu a problematiky výpočtu úhlových faktorů lze nalézt v [1].

Popis algoritmu

Výpočet úhlového faktoru pro dvě různé plochy vstupní geometrie probíhá přes její jednotlivé trojúhelníkové elementy. Úhlový faktor dvou obecných ploch lze vyjádřit podle (1). Tento vztah je možné transformovat na vztah (2) pomocí *Stokesovy věty* [2]. Diskretizaci výpočetního vztahu na trojúhelníkové síti lze provést následovně:

$$F_{12} = \frac{Q_{12}}{Q_c} = \frac{1}{|A_1|} \int_{A_1} \int_{A_2} \left(\frac{\cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2}{\pi \cdot R^2} \right) dA_2 dA_1 \quad (1)$$

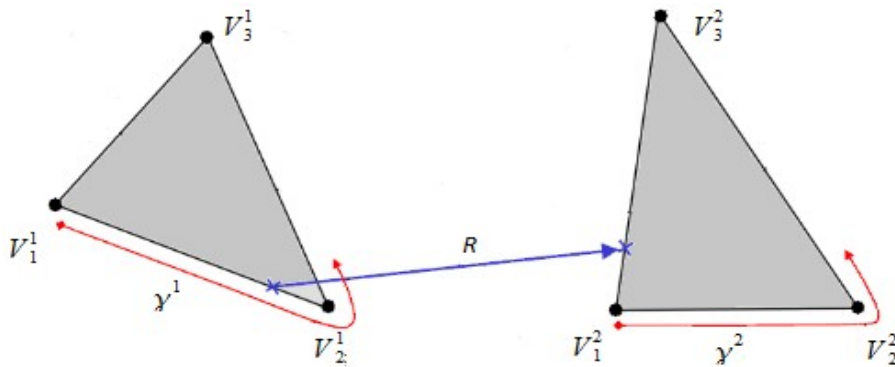
$$F_{12} = \frac{1}{2\pi |A_1|} \oint_{\gamma_2} \oint_{\gamma_1} \ln(R) ds_1 \cdot ds_2 = \frac{1}{2\pi |A_1|} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 s_i^1 \cdot s_j^2 \int_0^1 \int_0^1 \ln(R_{ij}(\zeta, \eta)) d\zeta d\eta \quad (2)$$

kde $R_{ij}(\zeta, \eta) = \|\boldsymbol{\gamma}_j^2(\eta) - \boldsymbol{\gamma}_i^1(\zeta)\|_2$ je vzdálenost dvou uvažovaných trojúhelníků. Z vlastnosti křivkového integrálu pak lze určit vektory \boldsymbol{s}_i^k následovně:

$$\boldsymbol{s}_i^k = \boldsymbol{V}_i^k - \boldsymbol{V}_m^k = (V_{lx}^k - V_{mx}^k, V_{ly}^k - V_{my}^k, V_{lz}^k - V_{mz}^k), \quad \text{kde } \boldsymbol{\gamma}_i^1(\zeta) = \boldsymbol{V}_i^1 + s_i^1 \zeta, \quad \boldsymbol{\gamma}_j^2(\eta) = \boldsymbol{V}_j^2 + s_j^2 \eta$$

odpovídají parametrizaci hraničních křivek s parametry $\zeta \in \langle 0, 1 \rangle$, $\eta \in \langle 0, 1 \rangle$. \boldsymbol{V}_j^k udává souřadnice vrcholů jednotlivých trojúhelníků na vytvořené síti viz. obr 2.

Numerický výpočet transformovaného dvojnásobného integrálu ve vztahu (2) na čtvercové ploše probíhá pomocí Gauss-Kronrodovy a Lobattovy integrační formule s adaptivní délkou kroku. Tento výpočetní model je aplikován na celou strukturu zadané geometrie, tj. přes trojúhelníkové elementy je rozšířen na plochy a následně na uživatelem definované oblasti ze STAR-CCM+.



obr. 2 K výpočtu úhlového faktoru pro dva trojúhelníky

Vstupní geometrie

Program *Radiation View factors* podporuje dva typy vstupní geometrie. Jedná se o povrchové geometrie, generované v prostředí STAR-CCM+. Podle přesnosti popisu uzlových bodů lze rozlišit dva typy generované geometrie a to NORMAL a EXTENDED. Oba dva typy geometrie jsou při exportu ze STAR-CCM+ uloženy ve formátu *.nas*. Ve STAR-CCM+ dále uživatel definuje jména jednotlivých oblastí, vůči kterým má být proveden výpočet úhlových faktorů. Jména těchto oblastí jsou přenesena v rámci vstupního souboru a zobrazena po provedení výpočtu spolu s příslušnou maticí úhlových faktorů. Pro správný běh programu je tedy nutné zaručit formát vstupního souboru se strukturou uvedenou níže.

a) Formát *.nas*, typ vstupní geometrie NORMAL

```
BEGIN BULK
GRID      2          0 -0.196  1.036 -3.000
.....
GRID    31888      0 -0.500  0.500  0.500
CTRIA3   1        4 24161   13 23296
.....
CTRIA3   7        15 10574 10367   2
$roof
PSHELL   1        1 1.000   1 1.000   1
$ANSA_NAME;6;PSHELL;~
.....
$seat_rear
PSHELL  14       14 1.000  14 1.000  14
$ANSA_NAME;15;PSHELL;~
obr. 3 Výstup ze STAR-CCM+, typ exportu NORMAL
```

a) Formát *.nas*, typ vstupní geometrie EXTENDED

```
BEGIN BULK
GRID*      1          0 -0.710000000  -1.535000000*G000001
*G000001  0.000000000
.....
GRID*      12          0 -0.710000000  1.535000000*G00000c
*G00000c  0.720000000
CTRIA3     1   11   1   2   3
.....
CTRIA3     20   4   12  10   5
$ANSA_NAME;2;PSHELL;~
$1 - Windshield
PSHELL     2   21.000000000  21.000000000  2
.....
$ANSA_NAME;11;PSHELL;~
$10 - Floor
PSHELL    11  111.000000000  111.000000000  11
ENDDATA
obr. 4 Výstup ze STAR-CCM+, typ exportu EXTENDED
```

Technické a programové požadavky

Hardwarové nároky jsou stanoveny náročností programů MATLAB a STAR-CCM+. Softwarové požadavky: MATLAB verze R2010a a vyšší, STAR-CCM+ (verze 6.04.14 a vyšší) pro export vlastní geometrie.

Popis použití

Program se spouští souborem *viewfactors.p*.

1. Po spuštění programu v prostředí MATLAB se zobrazí uživatelské rozhraní (obr. 1). Zde je možné zobrazit výsledky s uvažováním stínění nebo načíst vlastní geometrii bez stínění (pomocí tlačítka Otevřít NASTRAN síť), vybrat typ exportované geometrie (pomocí přepínače NORMAL / EXTENDED) a spustit výpočet (pomocí tlačítka Zorazit tabulku).
2. Průběh výpočtu je monitorován progress barem. V případě potřeby je možné výpočet

- kdykoli zastavit (pomocí tlačítka Ukončit výpočet) a zobrazit doposud spočtené výsledky.
3. Po dokončení výpočtu je možné exportovat spočtené výsledky do formátu .xls (pomocí tlačítka Export 'XLS'). Po stisknutí tlačítka je vytvořen soubor formátu .xls se stejným názvem, jako má soubor se vstupní geometrií.
 4. Celý program může uživatel vypnout po skončení výpočtu nebo jeho přerušení a to zavřením celého formuláře Radiation View Factors 1.0.

Vazba na projekty

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka TE01020020 a Výzkumné centrum Netme CZ.1.05/2.1.00/01.0002

Licenční podmínky

Využití výsledku jiným subjektem je možné bez nabytí licence.

Kontaktní osoba

prof. ing. Miroslav Jícha, CSc, jicha@fme.vutbr.cz
Tomáš Bílek, tombilek@hotmail.com

Stažení a používání software

Program Radiation View Factors 1.0 je možné stáhnout na:

<http://www.energetickeforum.cz/fsi-vut-v-brne/vysledky-vyzkumu>

Otevřený kód bez uživatelského rozhraní s možností uvažování stínění (po předchozím zadání stínících ploch) a verzi pro výpočet na serveru je možné nalézt na:

https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=50913

Literatura

- [1] BÍLEK, T. *Algoritmus výpočtu úhlových faktorů pro přenos tepla radiací*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 48 s. Vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Libor Čermák, CSc.
- [2] SPARROW, E. M. *A New and Simpler Formulation for Radiative Angle Factors*, *Journal of Heat Transfer: serie C*. 1963, vol. 85, n. 2. ISSN: 0022-1481.
- [3] SIEGEL, R., HOWELL, J. R. *Thermal radiation heat transfer*. 3rd edition. Washington, D.C.: Hemisphere Pub. Corp., 1992, ISBN: 08-911-6271-2.