



NOVÉ TECHNOLOGIE
VÝZKUMNÉ CENTRUM
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

ODBOR TERMOMECHANIKA TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ

AUTORIZOVANÝ SOFTWARE

EMISCALC
(Emissivity Calculator)

***SOFTWARE PRO AUTOMATICKÝ VÝPOČET EMISIVITY ZE
ZNÁMÉ TEPLoty VZORKU***

Autor: *Ing. Jiří Tesař*
Ing. Petra Vacíková

Číslo projektu: *FR-TII/273*

Číslo výsledku: *NTC-SW-10-10*

Odpovědný pracovník: *doc. Ing. Milan Honner, Ph.D.*

Vedoucí odboru: *doc. Ing. Milan Honner, Ph.D.*

Ředitel centra: *doc. Dr. RNDr. Miroslav Holeček*

PLZEŇ, PROSINEC 2010

Jazyk výsledku: *ENG*

Hlavní obor: *JB*

Uplatněn: *ANO*

Název výsledku česky:

EMISCALC (Emissivity Calculator) – software pro automatický výpočet emisivity ze známé teploty vzorku.

Název výsledku anglicky:

EMISCALC (Emissivity Calculator) – software for automatic emissivity evaluation from known temperature of the sample.

Abstrakt k výsledku česky:

Popisuje se software, který byl vytvořen pro automatické zjišťování emisivity vzorku o známé teplotě z infračerveného obrazu - termogramu pořízeného termokamerou. Software komunikuje s programem ThermaCAM Researcher (software pro zpracování termografických snímků od firmy FLIR), kde se na vzorku vybere analyzovaná oblast. Program umožňuje vyhodnocení emisivity jak z jednoho snímku, tak i ze sekvence snímků, lze nastavit známou teplotu vzorku, krok, s jakým bude emisivita počítána a zobrazené výsledky uložit do textového souboru. Software je vhodný pro automatické vyhodnocování úhlové nebo teplotní závislosti emisivity.

Abstrakt k výsledku anglicky:

The software is intended for automatic emissivity evaluation of the sample with known temperature from the infrared image – a thermogram made by infrared camera. Software communicates with ThermaCAM Researcher software (a software made by FLIR company for processing of thermographic images), where the analyzed area is selected. The software makes possible emissivity evaluation from one image or from image sequence. It is possible to set known temperature of the sample and step of emissivity calculation, and save shown results into text file. The software is suited for automatic evaluation of angular and temperature dependence of emissivity.

Klíčová slova česky:

emisivita, termogram

Klíčová slova anglicky:

emissivity, thermogram

Vlastník výsledku: *Západočeská univerzita v Plzni*

IČ vlastníka výsledku: *49777513*

Stát: *Česká republika*

Lokalizace: <http://www.zcu.cz/ntc/vysledky/sw/NTC-SW-10-10.html>

Licence: *ANO*

Licenční poplatek: *NE*

Ekonomické parametry: *Ekonomické přínosy vyplývající z časové úspory automatického vyhodnocení emisivit.*

Technické parametry: *Luděk Hynčík, Západočeská univerzita v Plzni, Nové technologie - Výzkumné centrum v západočeském regionu, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, 377634709, hyncik@ntc.zcu.cz*

Autorizovaný software

Software pro automatický výpočet
emisivity ze známé teploty vzorku

EmisCalc

Ing. Jiří Tesař

Ing. Petra Vacíková

Anotace

Popisuje se software, který byl vytvořen pro automatické zjišťování emisivity vzorku o známé teplotě z termogramu pořízeného termovizní kamerou. Software prostřednictvím OLE (Object Linking and Embedding) komunikuje s programem ThermaCAM Researcher (software pro zpracování termografických snímků od firmy FLIR). Výpočet lze provádět jak z celého termogramu, tak z vložené analýzy (bodové, čárové a plošné); jak z jednoho snímku, tak i ze sekvence snímků. Nastavuje se známá teplota vzorku, krok s jakým bude emisivita počítána a zobrazené výsledky lze uložit do textového souboru. Software je vhodný pro automatické vyhodnocování úhlové nebo teplotní závislosti emisivity.

Programové vybavení EmisCalc navazuje a rozšiřuje původní software na výpočet pole emisivit vytvořený na pracovišti NTC-TTP. Prostředí je účelné a jednoduché z hlediska ovládání.

Obsah

1. Účel použití softwaru

2. Vývojové prostředí

2.1 Programovací prostředí

2.2 ThermaCAM Researcher

3. Schéma funkce programu

3.1 Běh programu

3.2 Algoritmus výpočtu emisivity

4. Popis programu

4.1 Výpočet emisivity z jednoho termogramu

4.2 Výpočet emisivity ze sekvence termogramů

4.3 Struktura – hlavní program

4.4 Struktura – vstupně výstupní část programu

4.5 Struktura – monitorovací a informativní okna

4.6 Instalace a spuštění

1. Účel použití softwaru

Výpočet emisivity pomocí programu EmisCalc

Emisivita ε je základní parametr při termovizním měření teplot povrchu těles. Určuje poměr vyzářené energie daného povrchu k energii vyzářené černým tělesem o stejné teplotě a dosahuje tudíž hodnot od 0 do 1. Pro termovizní měření jsou vhodné materiály s vysokou emisivitou. Emisivita je optická vlastnost povrchu obecně závislá na vlnové délce, úhlu vyzařování a teplotě povrchu. Závislost na vlnové délce lze často aproximovat pomocí tzv. šedého tělesa, tj. jednou hodnotou emisivity pro všechny vlnové délky. Pomocí termovizní kamery lze emisivitu určit v pracovní oblasti jejího detektoru. Kamery od firmy FLIR na našem pracovišti obsahují nechlazené mikrobolometrické detektory s pracovní oblastí od $7.5 \mu\text{m}$ do $13 \mu\text{m}$. V této oblasti vlnových délek lze tedy ze známé teploty na malém vzorku zjistit emisivitu a s tou pak provádět termovizní měření velkých objektů se stejným povrchem. Zjištění emisivity malého vzorku se provádí na tepelném plošném zdroji s regulovatelnou teplotou, teplota vzorku se měří termočládky. Změnou teploty povrchu plotýnky lze určit teplotní závislost emisivity, při uchycení termovizní kamery na otočném robotickém rameni lze pak zjistit úhlovou závislost emisivity.

- **Software *EmisCalc* představuje vyhodnocovací software s grafickým uživatelským rozhraním.**
- **Umožňuje provést výběr termogramu (snímku pořízeného termovizní kamerou), kde lze nastavit libovolné analyzované oblasti (obdélníkové, kruhové, nepravidelné tvary), ve kterých se má určit emisivita ze známé teploty.**
- **Umožňuje provést výběr sekvence termogramů, kde lze nastavit libovolné analyzované oblasti, ve kterých se má určit emisivita z jedné známé teploty (měření úhlové závislosti emisivity) nebo z více známých teplot (teplotní závislost emisivity).**
- **Software dává uživateli možnost nastavení základních parametrů výpočtu (nastavení známé teploty nebo známých teplot, krok inkrementace při výpočtu emisivity a rozsah emisivit).**
- **Software zobrazuje výsledky a dává uživateli možnost jejich uložení do textového souboru.**
- **Uživatelské rozhraní je jednoduché na ovládání, spuštění nevyžaduje dodatečnou instalaci žádných dalších knihoven, podmínkou funkčnosti je instalace termovizního softwaru ThermaCAM Researcher od firmy FLIR.**
- **Využití softwaru *EmisCalc* je výhodné zejména v oblastech zjišťování emisivity velkého počtu vzorků.**

2. Vývojové prostředí

2.1 Programovací prostředí

Program je napsán v programovacím prostředí Borland Delphi

Delphi je integrované grafické prostředí pro tvorbu aplikací pro MS Windows. Delphi jsou založeny na objektově orientovaném programování v jazyce Object Pascal. Umožňují vizuální návrh grafického prostředí, na jehož základě je tvořena kostra programového kódu. Programování je z velké části založeno na využití komponent, které jsou buď součástí instalace nebo jsou dodávány třetími stranami.

Hlavní charakteristiky systému Delphi:

- "High-level" programovací jazyk pro obecné programování
- Založen na programovacím jazyku Pascal
- Použití a tvorba komponent, možnost importu komponent třetích stran
- Kompilace do jednoduchého spustitelného programu (EXE) s eliminací funkcí dynamických knihoven

```

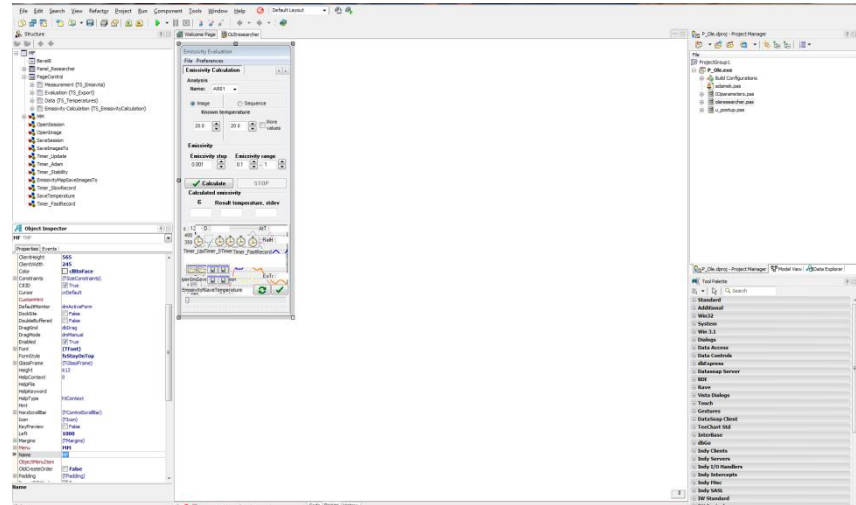
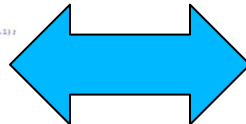
// tlačítko nahoru v nastavení endek teploty
procedure TNF_28_KnownTemperatureOnClick(Sender: TObject);
begin
  Edt_KnownTemperature.Text := FormatFloat('0.0', StrToFloat(Edt_KnownTemperature.Text)+0.1);
  Application.ProcessMessages;
end;

// tlačítko dolů v nastavení endek teploty sekvence
procedure TNF_28_KnownTemperatureSeqOnClick(Sender: TObject);
begin
  Edt_KnownTemperatureSeq.Text := FormatFloat('0.0', StrToFloat(Edt_KnownTemperatureSeq.Text)-0.1);
  Application.ProcessMessages;
end;

// tlačítko nahoru v nastavení endek teploty sekvence
procedure TNF_28_KnownTemperatureSeqOnClick(Sender: TObject);
begin
  Edt_KnownTemperatureSeq.Text := FormatFloat('0.0', StrToFloat(Edt_KnownTemperatureSeq.Text)+0.1);
  Application.ProcessMessages;
end;

// tlačítko dolů v nastavení emisivivity
procedure TNF_28_Emissivity2StepOnClick(Sender: TObject);
begin
  if Emissivity2Step > 0.001 then
  begin
    Emissivity2Step := Emissivity2Step - 0.001;
    if Emissivity2Step < 0.001 then Emissivity2Step := 0.001;
    if Emissivity2Step.Text := FormatFloat('0.000', Emissivity2Step);
  end;
  Application.ProcessMessages;
end;

// tlačítko nahoru v nastavení emisivivity
procedure TNF_28_Emissivity2StepOnClick(Sender: TObject);
begin
  if Emissivity2Step < 0.50 then
  begin
    Emissivity2Step := Emissivity2Step + 0.001;
    if Emissivity2Step > 0.50 then Emissivity2Step := 0.50;
    if Emissivity2Step.Text := FormatFloat('0.000', Emissivity2Step);
  end;
  Application.ProcessMessages;
end;
    
```



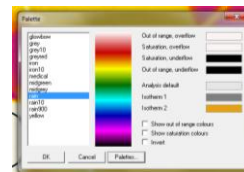
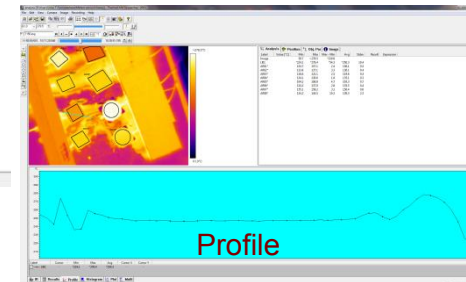
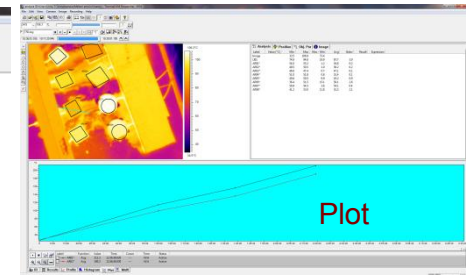
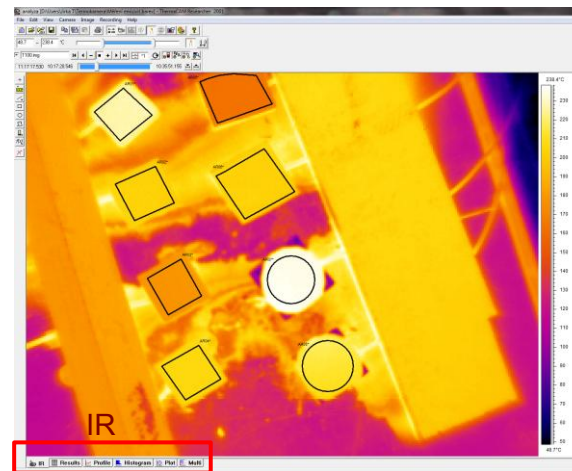
2. Vývojové prostředí

2.2 ThermaCAM Researcher

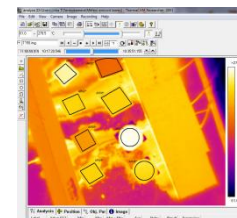
Program ThermaCAM Researcher od firmy FLIR představuje software pro měření termovizní kamerou a zpracování nasnímaných termogramů. Ukládat lze jak jednotlivé snímky tak i celé sekvence s vzorkovací frekvencí závislou na způsobu propojení kamery s počítačem. Při pořizování snímků uživatel nastavuje následující parametry: emisivita povrchu, teplota okolní atmosféry a okolních předmětů (odraz tep. záření), propustnost přídavné optiky, vzdálenost předmětu a vlhkost vzduchu. Všechny tyto parametry je možné změnit i po pořízení snímku. Nejdůležitějšími funkcemi softwaru je provádění teplotních analýz na vybraných oblastech – bod, čára, kruhové, obdélníkové nebo nepravidelné oblasti. Jednou z analýz je i zjišťování emisivity ze známé teploty.

Základní obrazovkou programu je **záložka IR** - zobrazení termogramu v maximální velikosti, která slouží k přesnému výběru analyzované oblasti. Dále je ve spodní liště **záložka Results**, která kromě termogramu zobrazuje i hodnoty minimální, maximální, rozdíl maximální a minimální teploty, průměrné teploty a směrodatné odchylky od průměrné teploty všech zadaných analyzovaných oblastí. **Záložka Profile** zobrazuje profil čárových oblastí s možností pohyblivého kurzoru po čáře. **Záložka Histogram** zobrazuje histogram četnosti teplot v určitém rozsahu. **Záložka Plot** zobrazuje časový průběh analýzy podle zvoleného požadavku – minimální, maximální nebo průměrnou teplotu. **Záložka Multi** obsahuje všechna okna předchozích záložek ve zmenšené velikosti.

Program umožňuje měnit barevnou škálu obrazu – paletu, tj. zobrazení, které každé teplotě v rozsahu přiřazuje určitou barvu ze zvolené škály. Pro děje s malou teplotní změnou nebo velkým rušením od okolí je vhodné použít funkci odečtení termogramů, kde jsou teplotní změny lépe rozeznatelné. Dále software umí ukládat pořízené termogramy do bmp obrázků, sekvence do video souborů (avi).



Barevná škála
- paleta



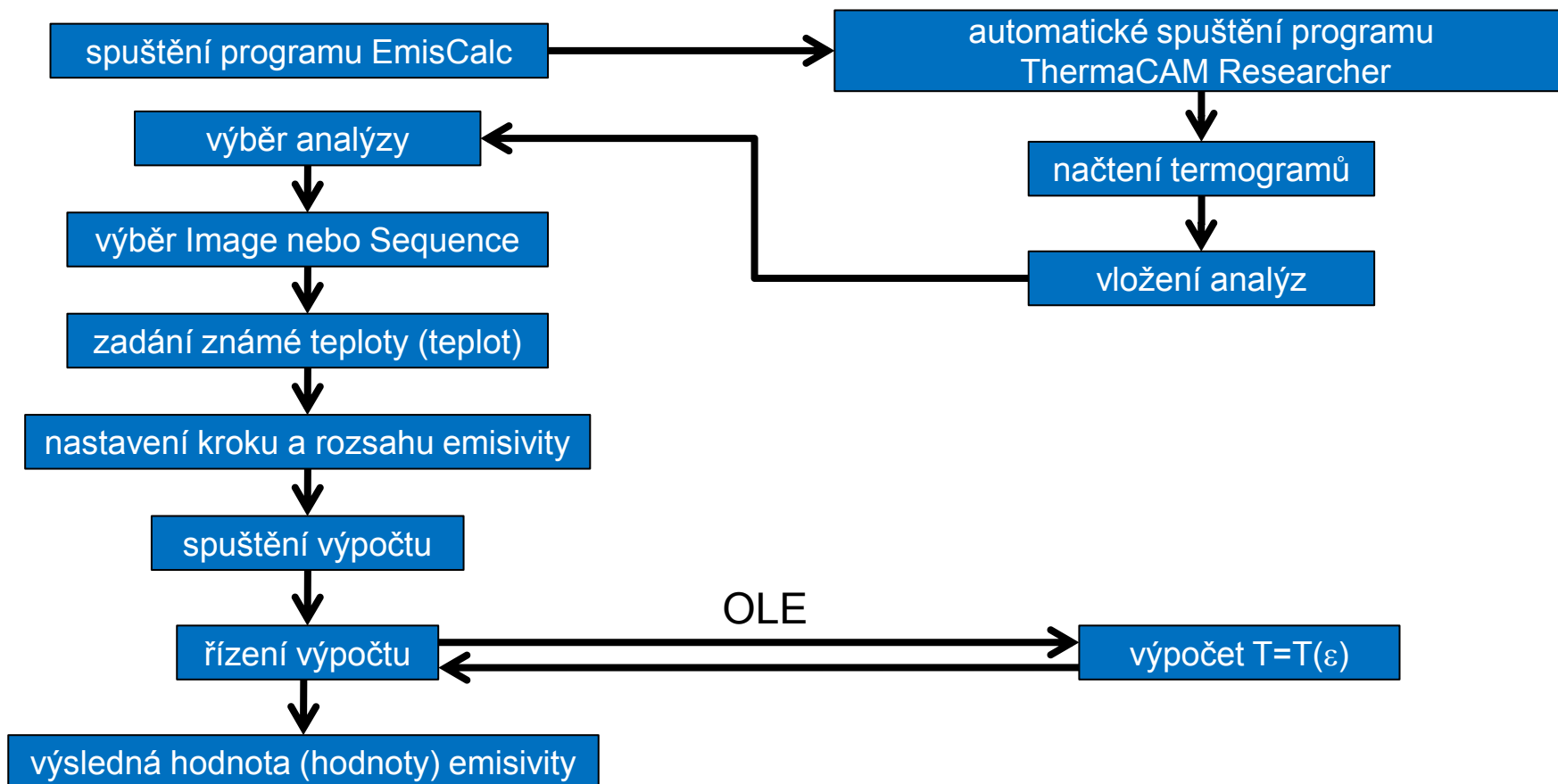
Results

3. Schéma funkce programu

3.1 Běh programu

- Program EmisCalc (Delphi)**

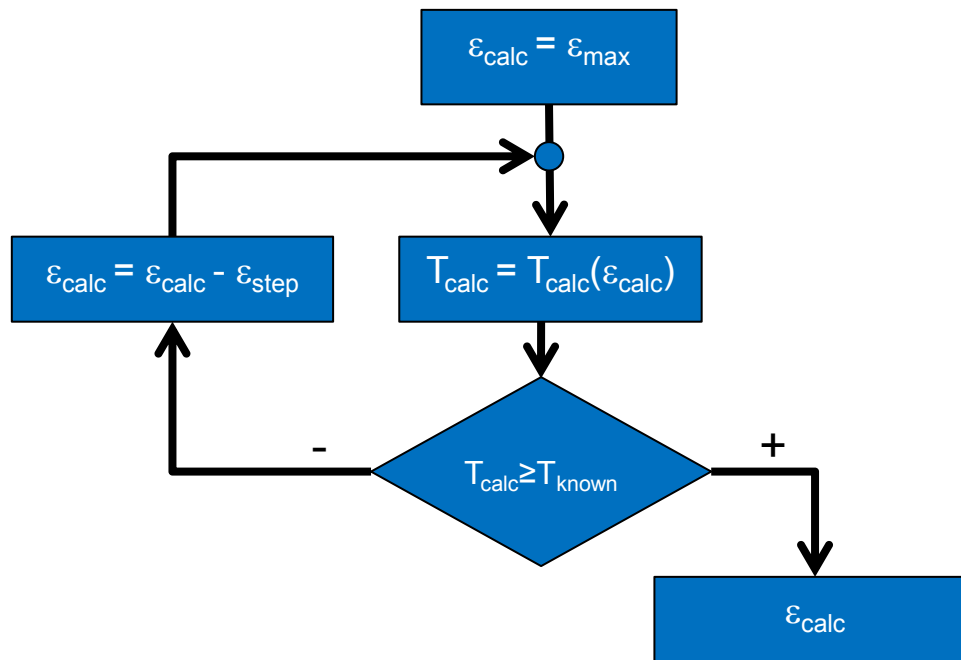
- Program ThermaCAM Researcher**



3. Schéma funkce programu

3.2 Algoritmus výpočtu emisivity

- Vývojový diagram algoritmu**



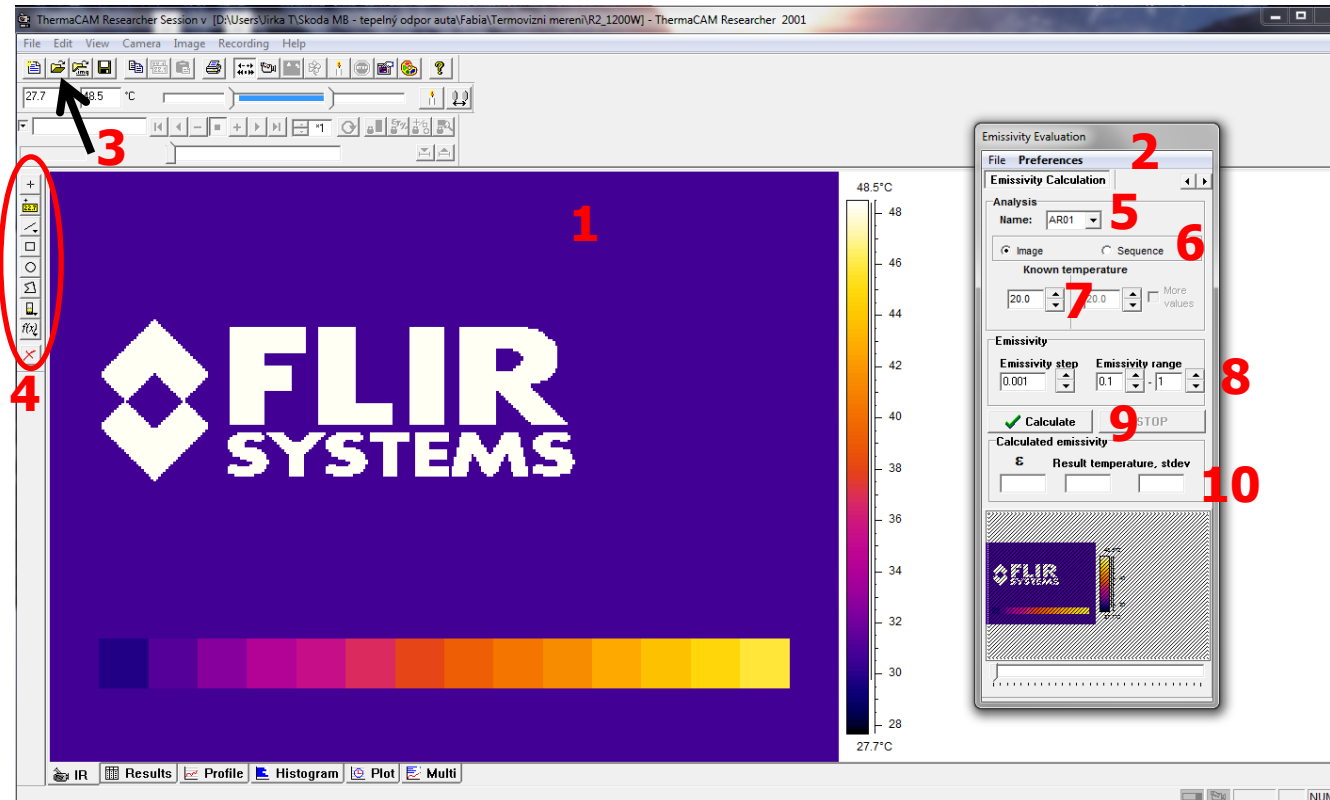
- Na začátku výpočtu se proměnné představující počítanou emisivitu ϵ_{calc} přiřadí maximum nastaveného rozmezí emisivit ϵ_{max} (horní mez z **Emissivity range**)
- Komunikací s programem ThermoCAM Research pomocí OLE se zjistí, jaká teplota T_{calc} odpovídá zadané emisivitě ϵ_{calc}
- Pokud je vypočtená teplota T_{calc} větší nebo se rovná známé teplotě T_{known} , potom byla nalezena hledaná emisivita ϵ_{calc}
- Pokud je vypočtená teplota T_{calc} menší než známá teplota T_{known} , potom se hledaná emisivita ϵ_{calc} zmenší o inkrementační krok ϵ_{step}
- Cyklus se opakuje až do dosažení shody mezi vypočtenou teplotou T_{calc} a známou teplotou T_{known}

- Výpočet využívá toho, že při softwarovém snižování hodnoty emisivity se zvyšuje teplota analyzované oblasti
- Snižování emisivity probíhá tak dlouho, než dojde ke shodě mezi známou a vypočtenou teplotou

4. Popis softwaru

4.1 EmisCalc – výpočet emisivity z jednoho termogramu

Po spuštění programu **EmisCalc** se objeví úvodní obrazovka **ThermaCAM Researcher** (1) a panel programu **EmisCalc** (2). Vložení termogramu se provede pomocí tlačítka **Open images** (3), vybraný termogram se zobrazí v poli (1). Teplotní analýzy (bodové, čárové, obdélníkové, kruhové a nepravidelného tvaru) se vkládají pomocí tlačítek na levé liště (4).



Výpočet emisivity z jednoho termogramu: Po vložení analýz (viz výše) zvolí uživatel na panelu **EmisCalc** (2) vybranou analýzu z nabídky **Analysis** (5). Analýzy jsou pojmenovány zkratkami **AR** – plošná oblast, **LI** – čárová oblast a **SP** – bod. Přepínací tlačítko (6) se ponechá v poloze, kdy bude emisivita zjišťována jen pro jeden obraz (Image). V poli **Known temperature** (7) se v levé části zadává známá teplota. V poli **Emissivity** (8) se pomocí šipek nastaví inkrementační krok a rozsah emisivity, ve kterém bude program hledat shodu mezi známou teplotou a teplotou vypočtenou pomocí hledané emisivity. Výpočet se spustí tlačítkem **Calculate** (9) a výsledky (emisivita, teplota vypočtená pomocí hledané emisivity a směrodatná odchylka) se zobrazí v poli (10).

4. Popis softwaru

4.2 EmisCalc – výpočet emisivity ze sekvence termogramů

Do ThermoCAM Researcher (1) se načte pomocí tlačítka **Open images** (2) více než jeden termogram a teplotní analýzy se vloží pomocí tlačítek na levé liště (3) jako v případě výpočtu emisivity z jednoho termogramu.

počet známých teplot

Sequence frame	Known temperature	Result emissivity	Result temperature	Result stdev
1	113.2	0.900	113.2	0.4
2	154.1	0.921	154.1	0.5
3	205.5	0.944	205.5	0.7
4	53.2	0.952	53.2	0.2
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

vložené teplotní analýzy

Výpočet emisivity ze sekvence termogramů: Vložení analýz a jejich výběr se provádí stejně jako u výpočtu emisivity z jednoho termogramu. Přepínacím tlačítkem (6) se přepne do polohy, kdy bude emisivita zjišťována pro sekvenci termogramů (Sequence). V případě, že se bude zjišťovat emisivita za stálé teploty (např. zjišťování úhlové závislosti), se nastaví pouze tato jedna známá teplota. V případě, že se bude zjišťovat teplotní závislost emisivity, se zaškrtně políčko **More values** (7). Tím se zobrazí panel (8), kde se zadávají známé teploty jednotlivých termogramů (9). Počet termogramů sekvence (a tedy i zadávaných známých teplot) je zobrazen nad zadávacím sloupcem. V poli **Emissivity** (10) se pomocí šipek nastaví inkrementační krok a rozsah emisivity, ve kterém bude program hledat shodu mezi známou teplotou a teplotou vypočtenou pomocí hledané emisivity. Výpočet se spustí tlačítkem **Calculate** (11) a výsledky se zobrazí v poli (12). Takto vypočtené hodnoty emisivity lze uložit pomocí tlačítka (13) do textového souboru, kde budou výsledné hodnoty oddělené středníkem. Pomocí tlačítek (14) a (15) lze před dalším výpočtem smazat zadávané známé teploty a vypočtené emisivity.

4. Popis softwaru

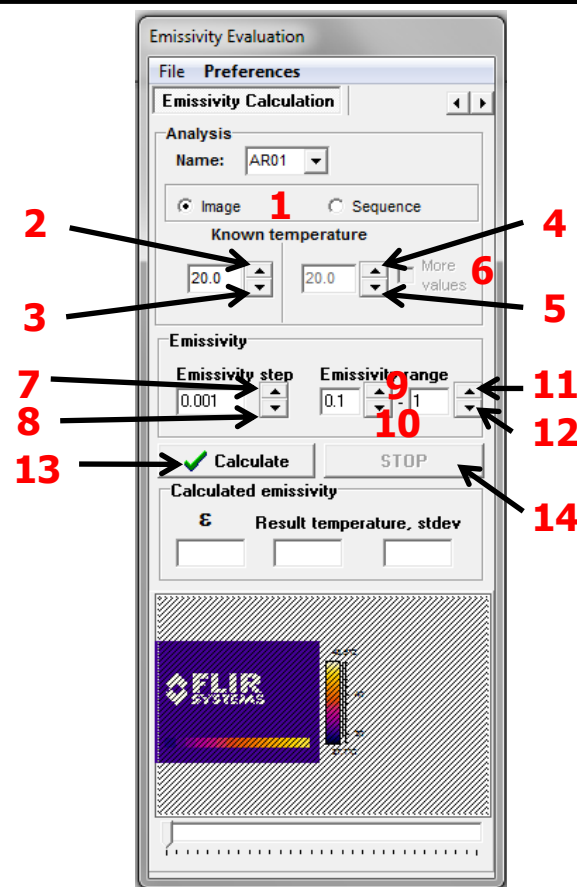
4.3 Struktura – hlavní program

Moduly: IOparameters.pas, oleresearcher.pas, u_postup.pas

Modul oleresearcher.pas - hlavní program

Procedury hlavního panelu proběhnou po stisknutí příslušného tlačítka

1. RG_ImageSequenceClick(Sender: TObject)
2. SB_KnownTemperatureUpClick(Sender: TObject)
3. SB_KnownTemperatureDownClick(Sender: TObject)
4. SB_KnownTemperatureSeqUpClick(Sender: TObject)
5. SB_KnownTemperatureSeqDownClick(Sender: TObject)
6. CB_MoreValuesClick(Sender: TObject)
7. SB_Emissivity2StepUpClick(Sender: TObject)
8. SB_Emissivity2StepDownClick(Sender: TObject)
9. SB_Emissivity2RangeMinUpClick(Sender: TObject)
10. SB_Emissivity2RangeMinDownClick(Sender: TObject)
11. SB_Emissivity2RangeMaxUpClick(Sender: TObject)
12. SB_Emissivity2RangeMaxDownClick(Sender: TObject)
13. BBtn_CalculateClick(Sender: TObject)
14. BBtnSTOPClick(Sender: TObject)



4. Popis softwaru

4.4 Struktura – vstupně výstupní část programu

Moduly: IOparameters.pas, oleresearcher.pas, u_postup.pas

Modul IOparameters.pas – vstupně výstupní část programu

Procedury vstupně výstupního panelu

1. BtnDeleteTemperaturesClick(Sender: TObject)
2. BtnDeleteResultsClick(Sender: TObject)
3. BBtn_SaveClick(Sender: TObject)
4. FormClick(Sender: TObject);
5. FormCreate(Sender: TObject)

Procedury 1, 2 a 3 proběhnou po stisknutí příslušného tlačítka, procedura 4 při kliknutí kamkoli na panel F_Results a procedura 5 při vytváření panelu F_Results

The screenshot shows the 'F_Results' application window. It contains two tables: 'Known temperatures: 4' and 'Result values:'. The 'Known temperatures' table has 4 rows with sequence frames 1-4 and temperatures 113.2, 154.1, 205.5, and 53.2. The 'Result values' table has 4 rows with sequence frames 1-4, emissivity values (0.920, 0.921, 0.944, 0.952), and corresponding temperatures and standard deviations. At the bottom of the window, there are three buttons: 'Delete known temperatures', 'Delete result values', and 'Save to txt file'. Red arrows labeled 1, 2, and 3 point to these buttons respectively.

Sequence frame	Known temperature
1	113.2
2	154.1
3	205.5
4	53.2

Sequence frame	Result emissivity	Result temperature	Result stdev
1	0.920	113.2	0.4
2	0.921	154.1	0.5
3	0.944	205.5	0.7
4	0.952	53.2	0.2

4. Popis softwaru

4.5 Struktura – monitorující a informativní okna

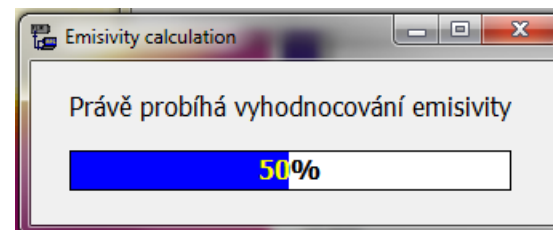
Moduly: IOparameters.pas, oleresearcher.pas, u_postup.pas

Modul u_postup.pas – zobrazení probíhajícího výpočtu

Procedury modulu monitorujícího výpočet

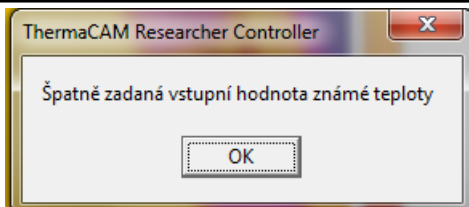
1. FormCreate(Sender: TObject)
2. FormShow(Sender: TObject)

Procedura 1 proběhne při vytváření panelu a procedura 2 při jeho zobrazení

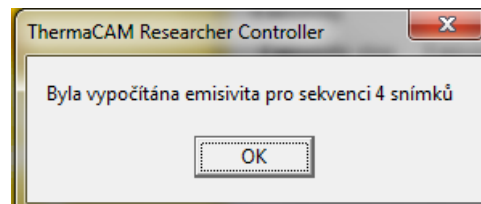


Informativní okna

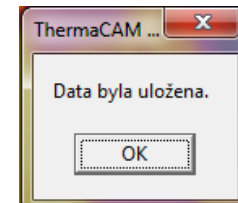
Chybová hláška:



Po dokončení výpočtu:



Po uložení dat do textového souboru:



4. Popis softwaru

4.6 Instalace a spuštění

- **Software je přeložen do formy spustitelného souboru (exe) pro platformu Windows**
- **Program se spouští standardním způsobem přímo, není potřeba instalovat**
- **Pro vlastní běh programu není potřeba instalovat žádné dodatečné ovladače nebo knihovny, podmínkou běhu programu je instalace programu ThermaCAM Researcher**