



Odhad vlhkostní mapy z termálních snímků

Uživatelská příručka

Jan Devátý, Václav David, Josef Krása

Uživatelská příručka balíčku nástrojů MoistureMap

Jan Devátý, Václav David, Josef Krása

Nástroj MoistureMap byl vyvinut v rámci řešení výzkumného projektu NAKI II DG16P02M036 „Údržba, opravy a monitoring hrází historických rybníků jako našeho kulturního dědictví“.

Úvod

Balíček nástrojů slouží k vytvoření rastrového datasetu plošné distribuce vlhkosti na základě termálního snímku a bodových měření vlhkosti půdy. Sada nástrojů je naprogramována v jazyce Python pro použití v prostředí ArcGIS (verze 10.3 a novější). Během výpočtu je hledán polynomiální regresní vztah mezi vstupními datasety. Jako kalibrační dataset jsou použita bodová měření vlhkosti, jako referenční dataset pro distribuci vlhkostního pole je využít termosnímek.

Snímek použitý pro kalibraci může být před použitím vyhlazen. Po úspěšném výpočtu polynomiální regrese je vstupní snímek podle tohoto vztahu přepočten na výstupní rastr odhadu vlhkostního pole.

Ze vstupního snímku je možné odstranit hodnoty nad zvolenou mez a odstranit plochy, o kterých je známo, že mohou negativně ovlivnit výsledek analýzy.

Balíček obsahuje následující nástroje:

- **Nová úloha – kalibrace, výpočet** – nástroj, který založí novou úlohu, vypočte regresní model a aplikuje ho na kalibrační snímek
- **Transformovat termální snímek dle kalibrace** – nástroj, který použije regresní vztah odvozený prvním nástrojem pro transformaci libovolného termálního snímku

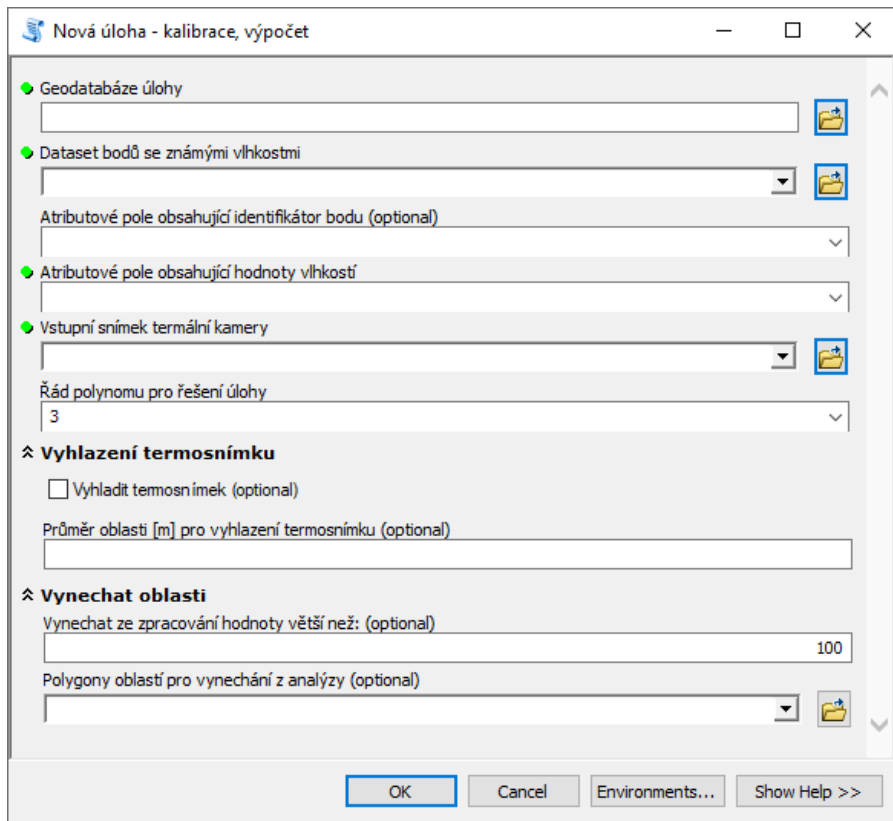
Popis uživatelského rozhraní a spuštění úloh

Uživatelské rozhraní je popsáno v následujících kapitolách pro každý nástroj samostatně.

Nástroj **Nová úloha – kalibrace, výpočet**

Uživatelské rozhraní a vstupní data

Na Obr. 1 je znázorněn vzhled uživatelského rozhraní nástroje, v dalším textu jsou pak popsány jednotlivé vstupy.



Obr. 1: Uživatelské rozhraní nástroje *Nová úloha – kalibrace, výpočet*

- **Geodatabáze úlohy** – pracovní geodatabáze úlohy, bude použita pro celé další řešení úlohy, slouží k ukládání výsledků, mezivýsledků a souborů s nastavením parametrů úlohy
- **Dataset bodů se známými vlhkostmi** – ESRI shapefile, geodatabázová třída prvků, nebo vrstva mapového projektu s bodovou geometrií, atributová tabulka datasetu musí obsahovat alespoň jeden sloupec s hodnotami vlhkosti potřebnými pro kalibraci
- **Atributové pole obsahující identifikátor bodu** – atributové pole s unikátním identifikátorem bodu, je vhodné použít vlastní atributový

sloupec a vyvarovat se použití identifikátorů vytvářených automaticky programem ArcMap (OID, FID, OBJECTID), u kterých není jistota stálosti číslování prvků. Pokud není zvolen žádný sloupec, je automaticky vytvořen a v úloze použit sloupec „MID“

- **Atributové pole obsahující hodnoty vlhkosti** – atributové pole obsahující měřené hodnoty vlhkosti půdy, které budou využity pro kalibraci jako hodnoty nezávislé proměnné
- **Vstupní snímek termální kamery** – vstupní termosnímek pro odhad plošné distribuce vlhkostí. Hodnoty termálního snímku budou využity pro kalibraci jako hodnoty závislé proměnné.
- **Řád polynomu pro řešení úlohy** – řád polynomu hledaného regresního vztahu mezi kalibračními daty. Je možné zvolit hodnoty od 1 (lineární regrese) do 5. Vyšší řád polynomu vede na menší chyby mezi odhadovanými hodnotami a měřenými hodnotami v místě měřených bodů, ale obecně polynomy vyšších stupňů mohou být velmi „divoké“ ve svém průběhu a **uživatel by měl být opatrný při interpretaci výsledků vzešlých z modelování polynomiálního odhadu vyššího řádu než 2.**

Vyhazení termosnímku

V této sekci se nalézají nastavení týkající se vyhlazení termosnímku před jeho použitím pro další výpočty. Pokud je aktivována volba „Vyhladit termosnímek“ je vytvořen nový dataset, který má v každé buňce hodnotu průměru hodnot z kruhové oblasti se zvoleným průměrem a středem v dané buňce.

- **Vyhladit termosnímek** – má být snímek vyhlazen?
- **Průměr oblasti [m] pro vyhlazení termosnímku** – vyhlazení proběhne klouzavým průměrem na kruhové oblasti zadaného průměru

Vynechat oblasti

Zde lze pomocí dvou podmínek vyjmout z řešení úlohy oblasti termosnímku, které by mohly negativně ovlivnit výsledek.

- **Vynechat ze zpracování hodnoty větší než:** – nastavení horního limitu teploty, která bude využita při analýze. Buňky s hodnotami vyššími než zadaný limit jsou převedeny na hodnotu NoData a neovlivňují tak výpočty úlohy. Typicky slouží k odstranění „bíých“ oblastí snímku, které vznikají při preprocessingu snímků v prostředí GIS.
- **Polygony oblastí pro vynechání z analýzy** – ESRI shapefile, geodatabázová třída prvků, nebo vrstva mapového projektu s polygonovou geometrií, které slouží k vymaskování oblastí, o kterých uživatel ví, že obsahují zavádějící hodnoty teploty. Typicky se jedná o vílcovací body, osoby nebo výkopy.

Výstupy nástroje

Do pracovní geodatabáze úlohy jsou v průběhu zpracování úlohy ukládány mezivýsledky a konečné výsledky:

- „_settings“ – tabulka, do které jsou zapsány cesty ke vstupním datasetům, zvolená nastavení a následně vypočtené hodnoty koeficientů regresního polynomu.
- „points“ – kopie vstupního datasetu bodů s hodnotami vlhkosti, který je během výpočtu doplňován o další atributové sloupce. Po dokončení výpočtu jsou všem bodům zapsány hodnoty chyby mezi měřenou hodnotou a hodnotou odvozenou na základě získaného regresního vztahu.
- „cropped_image_0“ – vstupní termální snímek bez hodnot nad nastavený limit
- „masked_image_0“ – cropped_image_0 bez polygonů určených k vynechání z výpočtu (viz Obr. 3)
- „source_image_0“ - cropped_image_0 vyhlazený klouzavým průměrem na kruhové oblasti zadané ve vstupním dialogu
- „result image_0“ – rastrový dataset odhadu vlhkostního pole vypočtený na základě vypočteného regresního vztahu

Postup analýzy

Nejprve je vytvořena tabulka nastavení a jsou do ní zapsány cesty ke vstupním datasetům a zvolená nastavení. Do geodatabáze úlohy je vytvořena pracovní kopie datasetu bodů se známými vlhkostmi. V závislosti na zvolených nastaveních je vytvořena kopie vstupního termálního snímku s odstraněnými oblastmi nevhodnými pro zpracování a je provedeno vyhlazení snímku.

Pro vstupní body jsou interpolovány hodnoty z vyhlazeného termosnímku a jsou použity jako hodnoty závislé proměnné (Y) do regresní analýzy. Pokud se bod nalézá mimo vstupní rastr termosnímku, je tento bod z analýzy vynechán a uživatel je tom informován ve stavovém okně úlohy. Tento bod také není přepsán do datasetu „points“. Hodnoty měřených vlhkostí jsou použity jako hodnoty nezávislé proměnné (X).

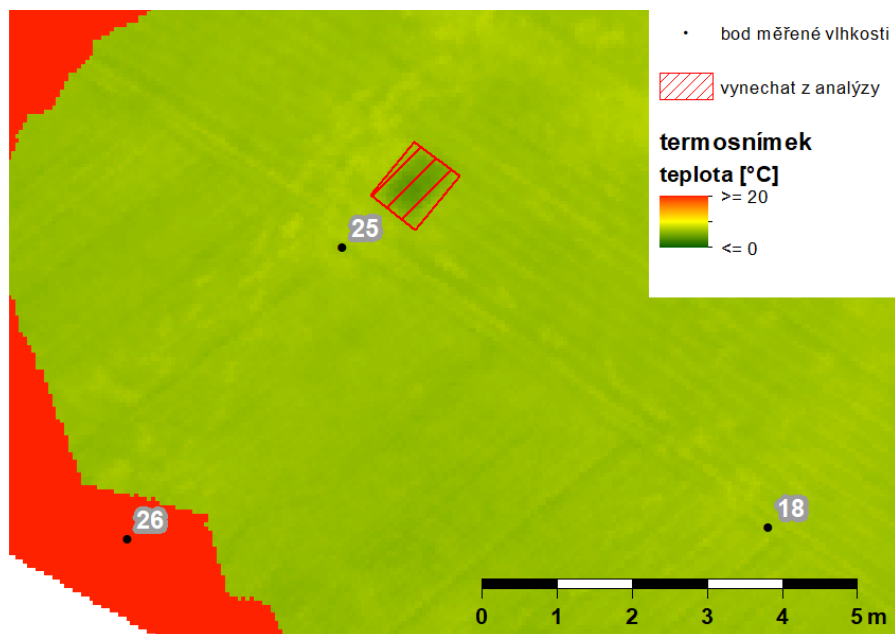
Na takto odvozených dvojicích hodnot je provedena a regresní analýza – iteračně jsou hledány koeficienty a_i polynomu

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 \dots$$

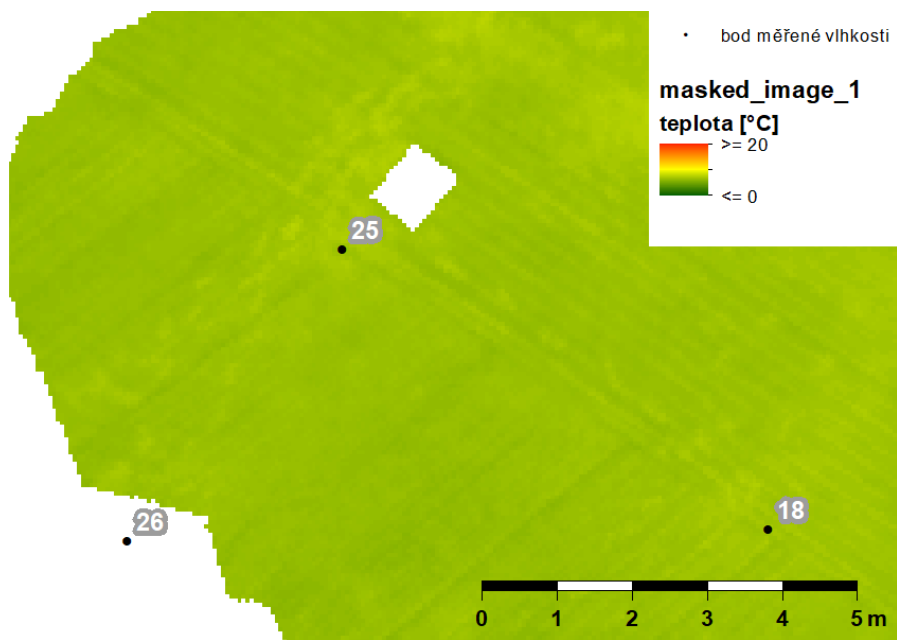
pro něž je dosaženo nejmenší sumy čtverců chyb mezi nezávislou a závislou proměnnou.

Po nalezení regresního vztahu je tímto vztahem transformován upravený vstupní termální snímek („source_image_0“) do odhadu vlhkostního pole, který je uložen jako „result_image_0“. Následně jsou interpolovány hodnoty výstupního rastru v bodech použitých pro kalibraci a jsou vypočteny chyby vůči měřeným hodnotám (odhadnutá mínus měřená hodnota) a tyto jsou zapsány do sloupce „fit_error“ v datasetu „points“.

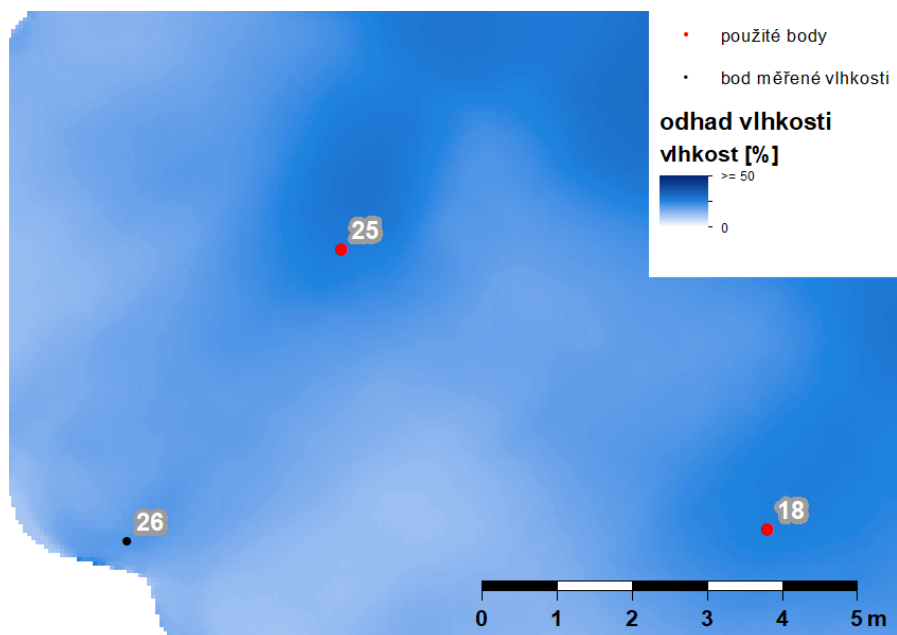
Po úspěšném dokončení úlohy jsou výstupní datasety „result_image_0“ a „points“ vloženy do aktuálního projektu jako vrstvy „odhad vlhkosti“, respektive „použité body“. Použitá symbologie je přednastavená pro optimální zobrazení vrstvy, ale v případě potřeby je možné ji změnit přepsáním souboru „moistureLayer.lyr“, respektive „points.lyr“, které se nacházejí v adresáři balíčku nástrojů.



Obr. 2: Zdrojový termální snímek s vyznačenými oblastmi, které je potřeba z řešení vyjmout



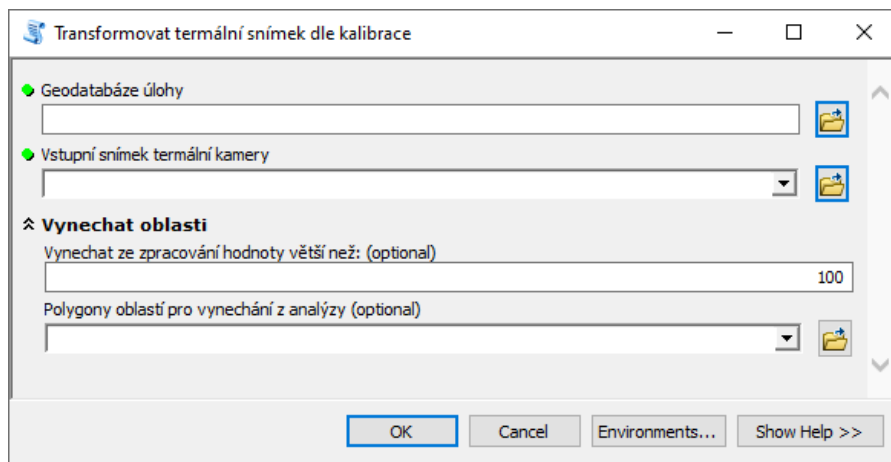
Obr. 3: Vstupní termosnímek s odstraněnými oblastmi nevhodnými ke zpracování



Obr. 4: Výsledná vrstva distribuce půdní vlhkosti

Nástroj 2. Transformovat termální snímek dle kalibrace

Tento nástroj slouží pro transformaci dalšího termálního snímku na základě regresního vztahu vypočteného prvním nástrojem. Dialogové okno nástroje je znázorněno na Obr. 5.



Obr. 5: Uživatelské rozhraní nástroje *Transformovat termální snímek dle kalibrace*

Vstupní data

- **Geodatabáze úlohy** – geodatabáze využitá pro založení úlohy prvním nástrojem. Musí obsahovat tabulku nastavení úlohy „_settings“ a v ní uložené hodnoty vstupních parametrů, které byly pro kalibraci použity a hodnoty koeficientů regresního polynomu. Pokud nejsou tyto podmínky splněny, je uživatel upozorněn a nástroj je ukončen.
- **Vstupní snímek termální kamery** – vstupní termosnímek pro odhad plošné distribuce vlhkostí. Hodnoty termálního snímku budou využity jako hodnoty nezávislé proměnné pro transformaci do odhadovaného vlhkostního pole.

Vynechat oblasti

Zde lze vyjmout z přepočtu oblasti termosnímku, které by mohly negativně ovlivnit výsledek.

- **Vynechat ze zpracování hodnoty větší než:** – nastavení horního limitu teploty, která bude využita při analýze. Buňky s hodnotami vyššími než zadaný limit jsou převedeny na hodnotu NoData a neprojeví se tak ve výsledném datasetu. Typicky slouží k odstranění „bíých“ oblastí snímku, které vznikají při processingu snímků v prostředí GIS.

- **Polygony oblastí pro vynechání z analýzy** – ESRI shapefile, geodatabázová třída prvků, nebo vrstva mapového projektu s polygonovou geometrií, které slouží k vymaskování oblastí, o kterých uživatel ví, že obsahující zavádějící hodnoty teploty. Typicky se jedná o vřícovací body, osoby nebo výkopy.

Výstupy

Do tabulky nastavení úlohy „_settings“ v geodatabázi úlohy je přidán řádek, ve kterém je zapsána pouze cesta ke vstupnímu termosnímků, polygonovému datasetu k vynechání z analýzy a teplotní limit. Ostatní sloupce nejsou vyplněny, protože buď nejsou relevantní (vstupní body s měřenými hodnotami, stupeň polynomu), nebo jsou hodnoty převzaty z kalibrace prvním nástrojem (způsob a rozsah vyhlazení snímku)

Do pracovní geodatabáze úlohy jsou v průběhu zpracování úlohy ukládány mezivýsledky a konečné výsledky (N je pořadové číslo transformovaného snímku a pro každý další použitý snímek/spuštění nástroje, je o jedna zvýšeno):

- „cropped_image_N“ – vstupní termální snímek bez hodnot nad nastavený limit
- „masked_image_N“ – cropped_image_N bez polygonů určených k vynechání z výpočtu
- „source_image_N“ - cropped_image_N vyhlazený klouzavým průměrem na kruhové oblasti zadané ve vstupním dialogu
- „result image_N“ – rastrový dataset odhadu vlhkostního pole vypočtený na základě regresního vztahu získaného prvním nástrojem

Postup analýzy

Nástroj provede transformaci vstupního termosnímků regresním vztahem získaným při spuštění prvního nástroje. Výsledný rastr odhadu vlhkostního pole je opět vložen do aktuálního mapového projektu.

Závěr

Softwarový nástroj MoistureMap je určen pro uživatele, kteří mají znalosti o datech DPZ a jejich interpretaci, mimo to je žádoucí i znalost půdní fyziky. Nástroj má sloužit především jako pomůcka pro využití termálních snímků pro identifikaci převlhčených míst na hrázích malých vodních nádrží, v širším smyslu jej lze použít k odhadu distribuce vlhkosti povrchu půdy. Nelze jej však použít s cílem zjištění přesných hodnot vlhkostí ve snímané ploše. Uživatel si též musí být vědom toho, že teplota povrchu se může měnit i v průběhu jednoho náletu a že radiometrická odezva se liší pro různé typy a stavy vegetace i v případě, že vlhkost půdního povrchu je stejná.