

Bathy_supp

Nástroj pro tvorbu matematického modelu
říčního koryta.

Uživatelský manuál

Verze 1.0

Prosinec 2019

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování
Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchdol

Obsah

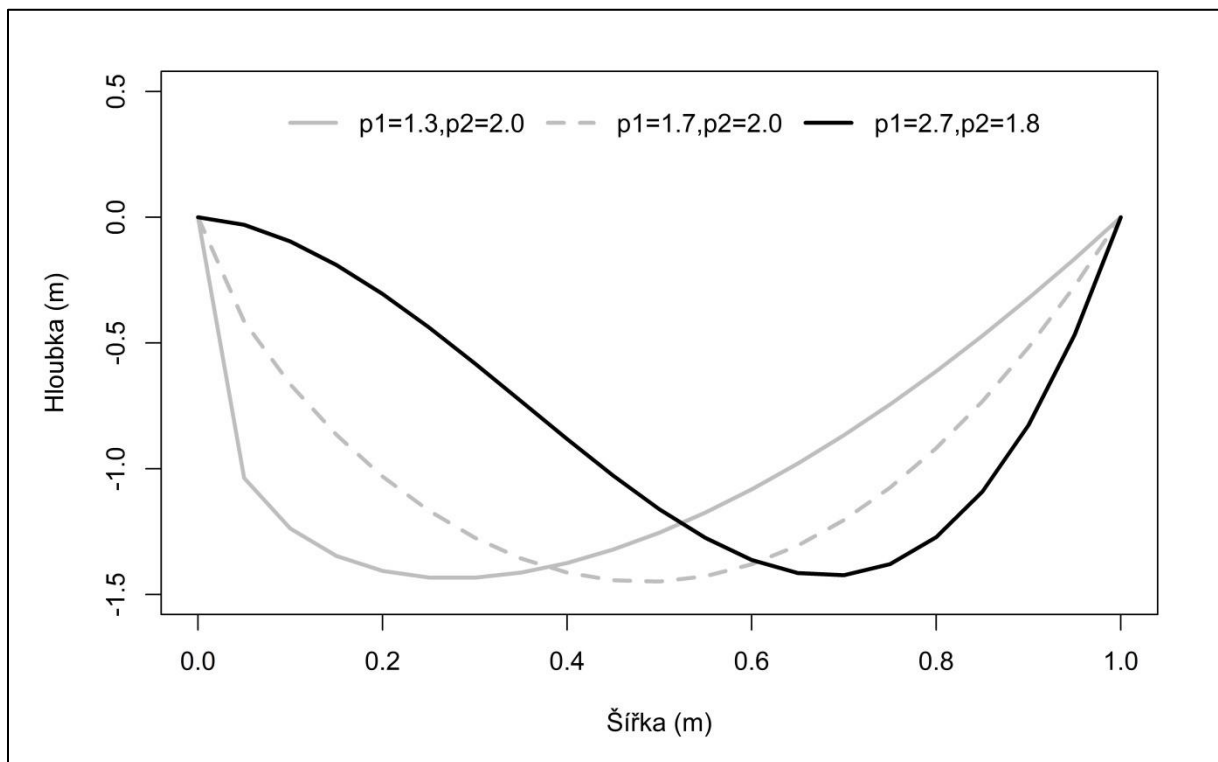
1	Úvod.....	3
2	Příprava pro použití nástroje Bathy_supp.....	3
3	Použití softwaru Bathy_supp.....	4
3.1	Vstupní data.....	4
3.1.1	Digitální model terénu.....	4
3.1.2	Průtok (v době snímání dat DMT).....	4
3.1.3	Manningův součinitel drsnosti.....	4
3.1.4	Poloha modelovaných příčných profilů.....	4
3.2	Nastavení výpočtu.....	5
3.2.1	Import DMT (Load DMT).....	5
3.2.2	Volba počtu modelovaných příčných profilů (Number of XS).....	6
3.2.3	Poloměr vyhledávání nejnižšího bodu (Lowest point search radius).....	6
3.2.4	Definování modelovaných příčných profilů.....	6
3.2.5	Zadání průtoku a Manningova součinitele drsnosti.....	6
3.2.6	Spuštění výpočtu (RUN).....	7
4	Doplňující nastavení.....	7
4.1	Nastavení regresní rovnice.....	8
4.2	Nastavení sítě.....	8
4.3	Porovnání se zaměřeným profilem.....	9
5	Závěr.....	10
6	Reference:.....	11

1 Úvod

Software Bathy_supp (Bathymetric supplementation) je nástroj pro matematickou schematizaci koryta vodního toku, založený na datech leteckého laserového skenování (LLS) a doplňujících hydrologických informací. Příčný tvar koryta je určen pomocí polynomiálních křivek (obr. 1). Podélný tvar určuje zvolený interpolační algoritmus.

Nově vytvořené koryto vodního toku je schematizováno formou diskrétních batymetrických bodů seskupených do výsledné batymetrické sítě.

Výstupem je textový soubor obsahující vypočtené souřadnice (XYZ) batymetrických bodů. Nástroj je ve formě samostatně spustitelného software (*.exe) vytvořeného pomocí programovacího jazyku C++.



Obr. 1 Příklad tvarové schematizace koryta vodního toku

2 Příprava pro použití nástroje Bathy_supp

Nástroj je volně ke stažení na odkazu <http://fzp.czu.cz/vyzkum/software.html>.

Ve stažených datech je uložen samostatně spustitelný program (koncovka *.exe), který není potřeba nijak dále instalovat. Program je určen pro platformu MS Windows. Dále je přiložen manuál k nástroji a šest vzorových datových sad. Každá datová sada obsahuje digitální model terénu (DMT), předdefinované rozmístění virtuálních příčných profilů a měřené srovnávací profily pro konkrétní vybranou lokalitu.

3 Použití softwaru Bathy_supp

Nástroj Bathy_supp je určen pro doplnění batymetrické informace u vodních toků do již existujícího DMT, který tuto informaci neobsahuje. Typickým příkladem je DMT pořizovaný metodou LLS, kdy bylo pro skenování použito infračerveného laserového paprsku. Tento paprsek je vodní hladinou pohlcován a DMT vytvořený z takovýchto dat neobsahuje žádnou výškovou informaci popisující koryto vodního toku. Program Bathy_supp je schopen na základě DMT, průtoku (v době snímání dat DMT) a Manningova součinitele drsnosti vytvořit model koryta vodního toku. Model vodního toku lze posléze se vstupním DMT spojit za vzniku zpřesněného DMT. Toto zpřesnění má vliv na následné použití DMT, zejména pak v jeho hydrologických nebo hydrodynamických aplikacích.

3.1 Vstupní data

Vstupními daty pro úspěšné spuštění programu Bathy_Supp jsou:

- Digitální model terénu
- Průtok (v době snímání dat DMT)
- Manningův součinitel drsnosti
- Poloha modelovaných příčných profilů

3.1.1 Digitální model terénu

Na základě tohoto DMT je určena poloha a rozsah nově vytvořeného modelu koryta vodního toku. Tato data se do programu importují ve formě seznamu diskrétních výškových bodů (XYZ) v textovém formátu. Souřadnice by měly být ve formátu pravoúhlé souřadnicové sítě (např. S-JTSK). Jako data DMT lze přímo použít například data DMR 5G v originálním formátu (*.xyz), která pro území ČR poskytuje Český úřad zeměměřický a katastrální.

3.1.2 Průtok (v době snímání dat DMT)

Použití hodnoty průtoku odpovídající době snímání DMT je důležité k správnému výpočtu průtočné plochy modelovaného koryta. Toto je důležité zejména proto, že výška hladiny zachycená v DMT odpovídá právě tomuto průtoku. Při použití nesprávného průtoku bude docházet k nesprávnému určení průtočné plochy koryta toku, které bude mít za následek chybné určení polohy dna nově tvořeného koryta.

3.1.3 Manningův součinitel drsnosti

Parametr Manningova součinitele drsnosti je využíván při převodu průtoku (viz. 3.1.2) na konkrétní hloubky. Tento převod je realizován na základě Chézyho rovnice. Hodnota tohoto součinitele je unikátní pro každý modelovaný úsek vodního toku. Standardně bývá odhadována na základě fyzického stavu koryta vodního toku, zejména pak dle jeho opevnění.

3.1.4 Poloha modelovaných příčných profilů

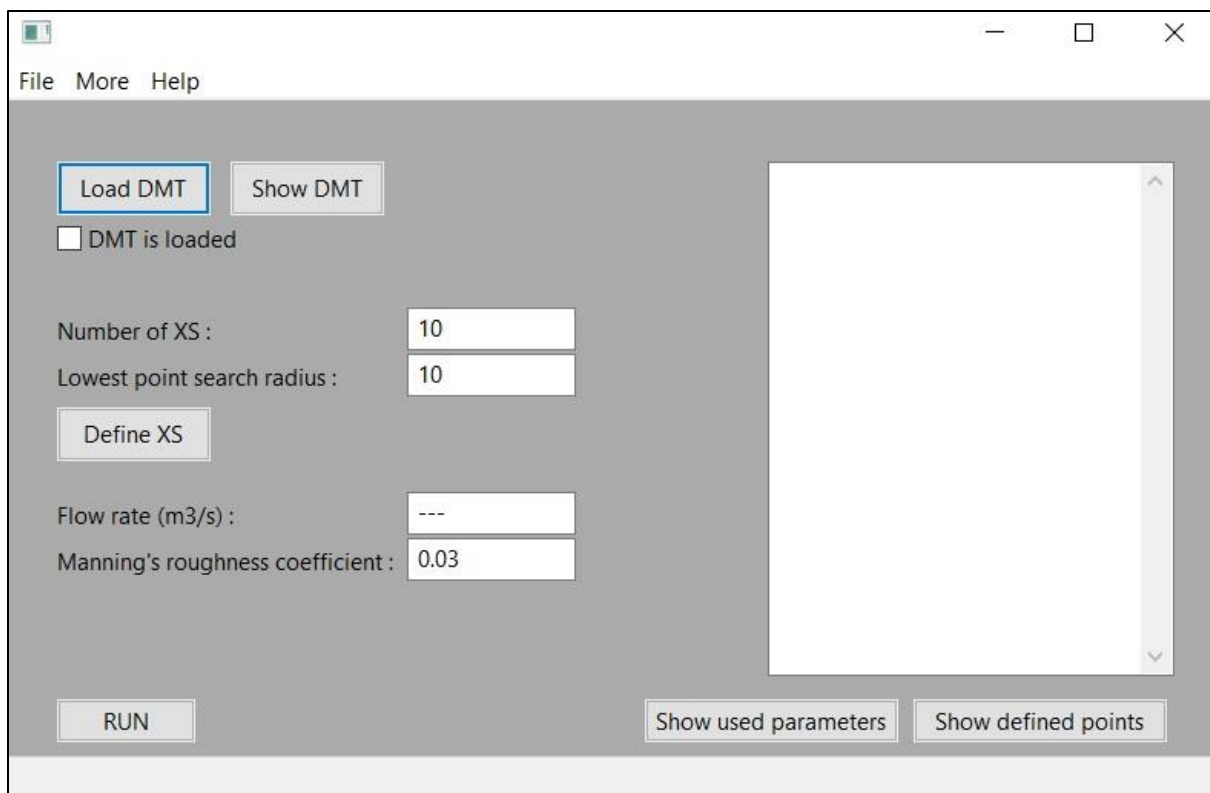
Pro určení polohy koryta vodního toku v rámci DMT je nutné definovat virtuální/modelované příčné profily. Vzájemná poloha těchto profilů pak definuje proměnné využívané při určení příčného tvaru nově modelovaného koryta. Polohu těchto profilů určuje

uživatel. Poloha může být zadána buď formou importu seznamu profilů, nebo jejich přímým zadáním v rámci softwaru Bathy_supp.

3.2 Nastavení výpočtu

Základní nastavení a spuštění výpočtu lze provést v úvodním okně programu (obr. 2). Základní spuštění výpočtu lze provést v následujících krocích:

- Import DMT (Load DMT)
- Volba počtu modelovaných příčných profilů (Number of XS)
- Poloměr vyhledávání nejnižšího bodu (Lowest point search radius)
- Definování modelovaných příčných profilů (Define XS)
- Zadání průtoku a Manningova součinitele drsnosti (Flow Rate; Manning's roughness coefficient)
- Spuštění výpočtu (RUN)



Obrázek 2 Úvodní okno programu Bathy_supp.

3.2.1 Import DMT (Load DMT)

Stisknutím tohoto tlačítka je vyvoláno standardní dialogové okno pro zadání cesty ke zdrojovému DMT. Po importu DMT je automaticky zaškrtnuto tlačítko **DMT is loaded**, které uživatele informuje o úspěšném importu DMT do programu. Při použití tlačítka **Show DMT** si lze importovaný DMT prohlédnout v grafickém okně. Příklady DMT jsou obsaženy ve vzorových datech ve složce **DMT**.

3.2.2 Volba počtu modelovaných příčných profilů (Number of XS)

Zadáva se počet (virtuálních) modelovaných příčných profilů, na nichž bude výsledný model koryta vodního toku založen. Standardně je této hodnota přednastavena na 10 profilů.

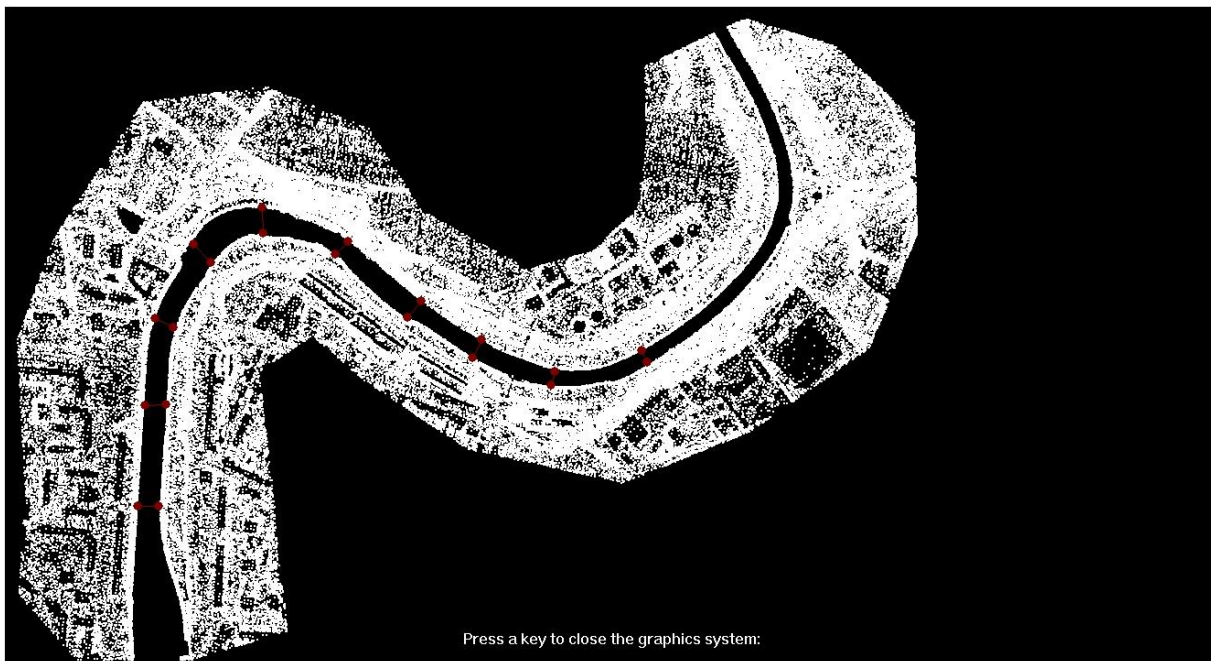
3.2.3 Poloměr vyhledávání nejnižšího bodu (Lowest point search radius)

Jedná se o poloměr kružnice, kolem každého koncového bodu v modelovaném příčném profilu, ve kterém dojde k vyhledání bodu DMT s nejnižší nadmořskou výškou. Předpokládá se, že takovýto bod byl v době pořízení dat DMT nejbližše skutečné hladině a jeho nadmořská výška je totožná s nadmořskou výškou hladiny.

3.2.4 Definování modelovaných příčných profilů

Polohu modelovaných příčných profilů lze definovat dvěma způsoby. Prvním způsobem je import seznamu bodů (XYZ) definujících koncové body příčných profilů. Tyto body mohou být zaměřeny přímo v terénu, případně získány jinou technologií. Příklad takového seznamu bodů je obsažen ve vzorových datech ve složce **XS_pro_Site**.

Druhým způsobem definování polohy modelovaných příčných profilů je možné prostřednictvím grafického okna. Grafické okno lze vyvolat pomocí tlačítka **Define XS** (obr. 3). Grafické okno lze zavřít klávesou mezerník. U každého profilu se zadávají pouze jeho krajní body, na levém a pravém břehu. Jako první bod se zadává levý břehový bod. Profily se zadávají ve směru toku.



Obrázek 3 Zadání polohy modelovaných profilů v grafickém okně programu.

3.2.5 Zadání průtoku a Manningova součinitele drsnosti

Průtok, na který bude koryto dimenzováno, se zadává do pole **Flow rate (m³/s)**. Jedná se o průtok, který odpovídá průtoku v době snímání dat DMT. Manningův součinitel drsnosti se zadává do pole **Manning's roughness coefficient** a jeho hodnota se zadává v s/m^{1/3}.

3.2.6 Spuštění výpočtu (RUN)

Po stisknutí tlačítka RUN dojde ke spuštění výpočtu. Pro uložení výsledku je nutné v menu **File** zvolit možnost **Save Site**. Po stisknutí tlačítka dojde k vyvolání dialogového okna pro volbu umístění výsledku. Výsledek je uložen ve formě seznamu diskrétních výškových bodů. Formátem výsledku je standardní textový formát (*.txt).

Poté, co proběhl výpočet, je možné opět zobrazit výsledek v grafickém okně stisknutím tlačítka **Show DMT** (obr. 4). V hlavním okně jsou následně k dispozici další dvě tlačítka (Show used parameters; Show defined points) a informační panel. Informační panel slouží k zobrazování požadovaných informací nebo průběhu sestavení výpočtu. Tlačítko **Show used parameters** zobrazí aktuálně použité parametry výpočtu. Tlačítko **Show defined points** vypíše seznam bodů, definujících modelované příčné profily.



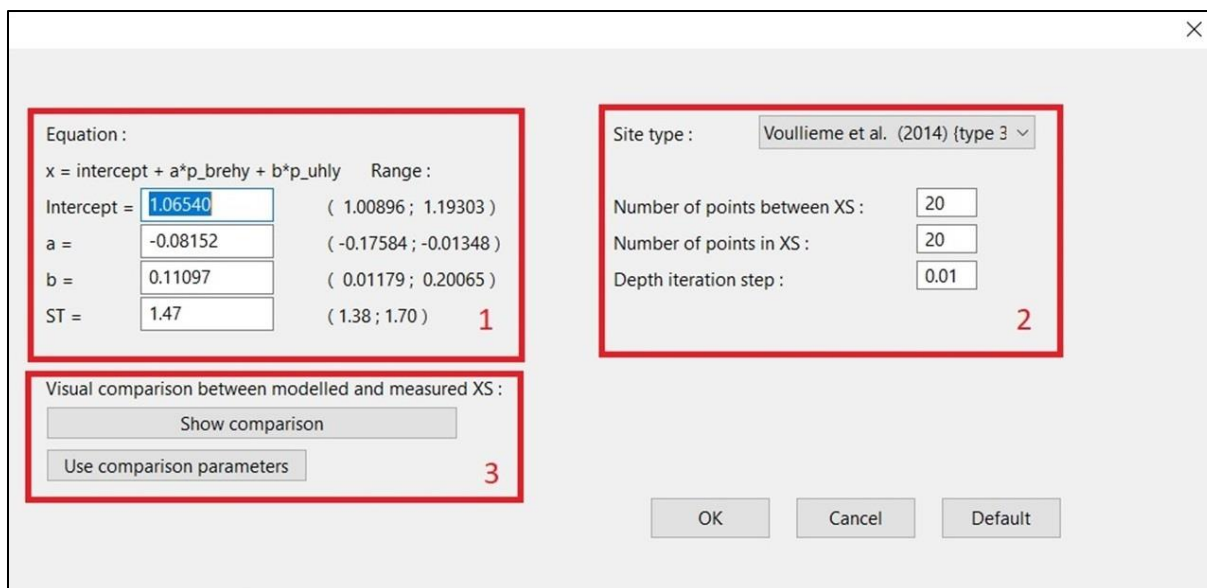
Obrázek 4 Zobrazení výsledku výpočtu.

4 Doplnující nastavení

Nástroj Bathy_supp dovoluje uživateli použít širší paletu možností pro nastavení výpočtu. Okno nastavení lze vyvolat stisknutím tlačítka **More** na liště hlavního okna a následnou volbou položky **Settings**. Přijmutí veškerých změn v tomto okně bude provedeno stisknutím tlačítka **OK**, odmítnutí všech změn bude provedeno stisknutím tlačítka **Cancel**. Pro návrat k přednastaveným hodnotám slouží tlačítko **Default**. Stisknutím tlačítek **OK**, nebo **Cancel** dojde také k zavření okna nastavení.

Okno nastavení (obr. 5) lze rozdělit na tři části:

- 1 Nastavení regresní rovnice (Equation)
- 2 Nastavení sítě (Site type)
- 3 Porovnání se zaměřeným profilem (Visual comparison between modelled and measured XS)



Obrázek 5 Okno nastavení.

4.1 Nastavení regresní rovnice

V této části okna je uveden tvar regresní rovnice, použité pro odhad parametrů analytických křivek. Parametry analytické křivky ovlivňují její tvar a tím i výslednou kvalitu batymetrické schematizace. Předdefinované hodnoty regresní rovnice jsou průměrné hodnoty zjištěné na základě analýzy 6 vybraných úseků říčních toků. Za každým parametrem je pak uveden rozsah hodnot (min - max), kterých daný parametr při analýzách dosahoval. Originální parametry zjištěné analýzou 6 vybraných říčních úseků jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 Originální parametry zjištěné při analýze na vybraných lokalitách.

Řeka	Lokalita	$Q_{n\acute{a}let}$ (m ³ /s)	n	ST	intercept	p_breh	p_uhel
Otava	Písek	36.8	0.028	1.41	1.0199	-0.0421	0.1046
Vltava	Hluboká n/Vlt	25.8	0.030	1.40	1.0462	-0.0786	0.0933
Vltava	Bavorovice	40.0	0.035	1.45	1.0453	-0.1332	0.1548
Skalice	Varvažov	3.0	0.030	1.52	1.0790	-0.0458	0.1007
Úhlava	Příchovice	13.5	0.031	1.38	1.1930	-0.0135	0.0118
Úhlavka	Stráž	2.3	0.025	1.70	1.0090	-0.1758	0.2007

4.2 Nastavení sítě

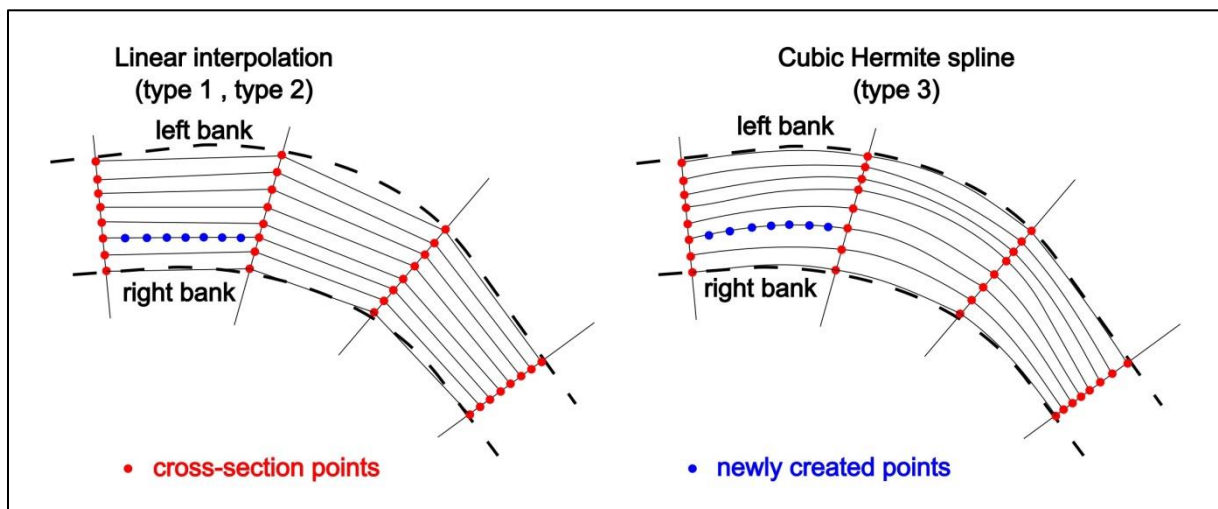
Pro vytvoření batymetrie vodního toku je nutné provést prostorovou interpolaci mezi modelovanými příčnými profily. Celková batymetrie vodního toku je v programu schematizována bodovou 3D sítí. Hustota této sítě závisí na počtu bodů v modelovaných příčných profilech (**Number of points in XS**) a počtu bodů mezi profily (**Number of points between XS**). Tyto parametry určuje uživatel. Pro vytvoření 3D sítě z 3D modelovaných profilů lze využít celkem 3 algoritmy pro tvorbu sítě (obr. 6).

První algoritmus (type 1) [Vetter et al., 2011] používá pro podélnou (prostorovou) interpolaci mezi profily lineární interpolační algoritmus. Ten provádí interpolaci mezi

odpovídajícími si body v po sobě jdoucích profilech. To znamená, že nově vzniklé body leží na přímce mezi výchozími body. Pro interpolaci nadmořských výšek je použita také lineární interpolace.

Druhý algoritmus (type 2) [Chen and Liu, 2017] modelovaný profil nejdříve převzorkuje. Touto úpravou dojde ke změně rozestupu bodů tak, aby na obě strany od nejhlubšího místa v profilu ležel stejný počet bodů. Původní tvar profilu však zůstává zachován. Díky převzorkování je respektována spojnice míst s nejnižší hloubkou v profilech. To má za následek reálnější schematizaci průběhu hloubek mezi profily. Poté je opět využito lineární interpolace pro dopočet bodů mezi profily a jejich nadmořských výšek.

Třetí algoritmus (type 3) [Voullieme et al., 2014] využívá také převzorkování modelovaného profilu a navíc pro prostorové rozmístění nových bodů mezi profily využívá kubické hermitovské interpolace (CHS). Nové body tak nevznikají na přímkové spojnici, ale jsou interpolovány po obloukové křivce. To zajišťuje věrohodnější popis koryta mezi modelovanými profily zejména v říčních obloucích. Pro interpolaci nadmořských výšek je opět použita lineární interpolace.

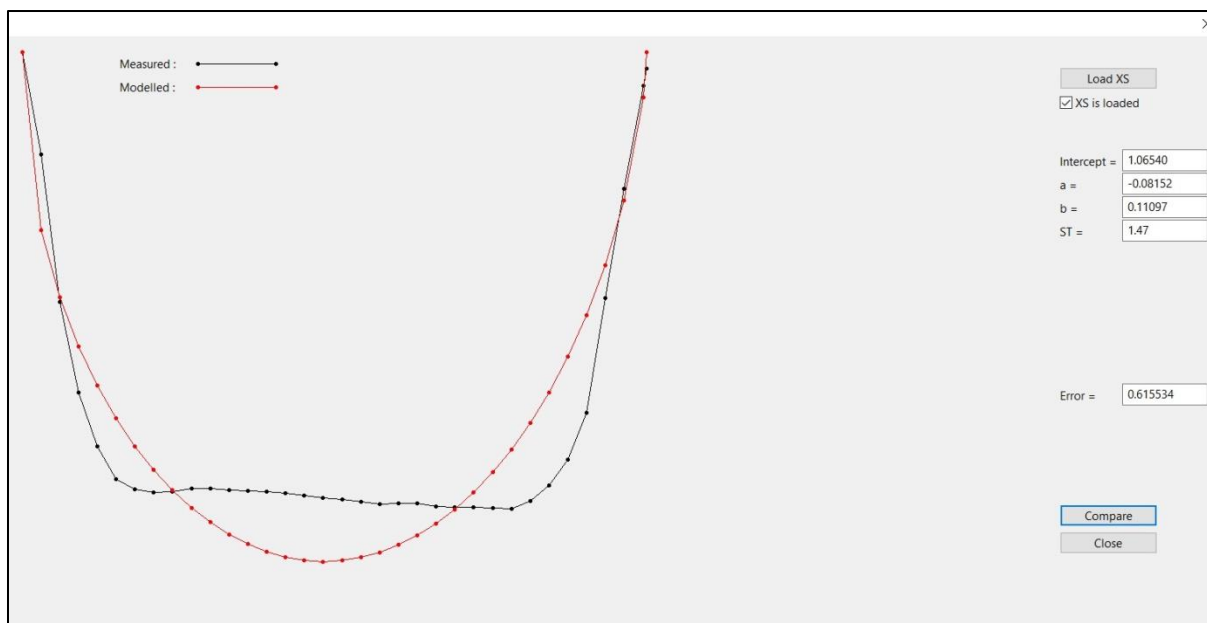


Obrázek 6 Typy síťových algoritmů.

Posledním parametrem v této části je hloubkový iterační parametr (**Depth iteration step**). Tento parametr je využíván při iteračním určení hloubek v Chézyho rovnici.

4.3 Porovnání se zaměřeným profilem

V případě, že uživatel programu modeluje neznámý říční úsek, pro který nezná hodnoty regresních parametrů (viz. 4.1), může hodnoty těchto parametrů přibližně určit na základě porovnání se zaměřeným příčným profilem. Toto porovnání lze provést v okně pro porovnání profilů (obr. 7), které se zobrazí po použití tlačítka **Show comparison**. Toto okno lze vyvolat přes lištu v hlavním okně programu.



Obrázek 7 Manuální volba regresních parametrů.

V tomto okně si může uživatel porovnat vizuální shodu mezi tvarem zaměřeného příčného profilu a profilu tvořeného analytickou křivkou. Jako měřítko shody může posloužit také **Error** hodnota, která znázorňuje sumu vertikálních rozdílů, mezi měřeným a modelovaným profilem.

Měřený profil lze importovat pomocí tlačítka **Load XS**, které vyvolá standardní dialogové okno pro zadání umístění profilu. Formát souboru s uloženým profilem by měl být v textovém (*.txt) formátu a měl by obsahovat dva sloupce, z nichž první je staničení a druhý je hloubka.

Uživatel může měnit parametry regresní rovnice. Změna se ukáže vždy po stisknutí tlačítka **Compare**. Pokud chce uživatel okno s porovnáním profilů opustit, může tak učinit stisknutím tlačítka **Close**.

Měřené příčné profily pro vzorové lokality jsou obsaženy ve vzorových datech ve složce **XS_pro_porovnaní**.

Po opuštění okna pro porovnání profilů, je uživatel vrácen do okna nastavení (obr. 5). Zde se může rozhodnout, zda jím vybrané parametry chce použít pro výpočet. Pokud ano, učiní tak stisknutím tlačítka **Use comparison parameters**. Tím dojde k vepsání jím zvolených parametrů do oken v nastavení regresní rovnice (4.1).

5 Závěr

Tento manuál stručně popisuje základní možnosti ovládání programu Bathy_supp. Cílem jednotlivých kapitol je usnadnění orientace v prostředí softwaru Bathy_supp, a to od importu vstupních dat až po finální výsledek, tedy schematizaci koryta vodního toku. Přejeme tedy plno zdařilých výpočtů s programem Bathy_supp!

6 Reference:

Bureš, L., Sychová, P., Pavlíčková, L., Marval, Š., Urban, F., Roub, R. Matematické stanovení batymetrie vodního toku-software Bathy_supp. Vodohospodářské technicko ekonomické informace, 2019, 61(3), 14-21.

Caviedes-Voullième, D.; Morales-Hernández, M.; López-Marijuan, I.; García-Navarro, P. Reconstruction of 2D river beds by appropriate interpolation of 1D cross-sectional information for flood simulation. Environ. Model. Softw., 2014, 61, 206–228.

Chen, W., Liu, W. Modeling the influence of river cross-section data on a river stage using a two-dimensional /three-dimensional hydrodynamic model. Water, 2017, 9.3: 203.

Vetter, M., Höfle, B., Mandelburger, G., Rutzinger, M. Estimating changes of riverine landscapes and riverbeds by using airborne LiDAR data and river cross-sections. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues, 2011, 55.2: 51-65.