

CERIT-SC & CzechGlobe

aneb

Aplikace pozemního LiDARového skenování pro modely stromů

Tomáš Rebok

Centrum CERIT-SC

Ústav výpočetní techniky Masarykovy univerzity

(rebok@ics.muni.cz)

Centrum CERIT-SC

- **výzkumné centrum vybudované při ÚVT MU**
 - transformace Superpočítačového centra Brno (SCB, *1994) při Masarykově univerzitě do nové podoby
- **významný partner národní gridové infrastruktury (CESNET) – výpočetní a úložné služby pro českou akademickou obec**

I. poskytovatel HW a SW zdrojů

- výpočetní zdroje (cca 4500 jader)
 - SGI UV uzel (288 jader, 6 TB paměti)
- úložné kapacity (cca 3,5 PB)

II. služby nad rámec „běžného“ HW centra –

zázemí pro kolaborativní výzkum



CERIT-SC – cíle Centra

Hlavní cíle Centra:

I. Podpora experimentů s novými formami, architekturou a konfiguracemi e-Infrastruktury

- **vysoce flexibilní infrastruktura** (experimentům příznivé prostředí)
- **vlastní výzkum**, zaměřený na principy a technologie e-Infrastruktury a její optimalizaci

II. Studium a posun možností špičkové e-Infrastruktury úzkou výzkumnou spoluprací mezi informatiky a uživateli takovéto infrastruktury

- výpočetní a úložné kapacity jsou **pouze nástrojem**
- zaměření na **inteligentní a nové** použití těchto nástrojů
 - synergický posun **informatiky a spolupracujících věd (kolaborativní výzkum)**
 - **pro informatiku generování nových otázek**
 - **pro vědy generování nových příležitostí**

CERIT-SC – kolaborativní výzkum

Spolupráce a podpora výzkumu formou:

- vedení DP a PhD prací studentů FI MU
 - „doktorská škola“
- vedení/konzultace DP a PhD prací externích studentů
- participace na národních/evropských projektech
 - EGI, ELIXIR, CzeCOS//COS, BBMRI, Euro-BioImaging, THALAMOSS, SDI4Apps, KYPO, ...

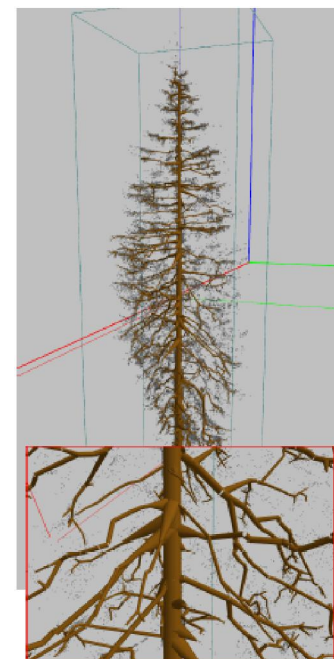
Silné odborné zázemí:

- organizačně **součást Ústavu výpočetní techniky MU**
- dlouholetá tradice **spolupráce s Fakultou informatiky MU**
- dlouholetá tradice **spolupráce se sdružením CESNET**

Spolupráce s CzechGlobe

Rekonstrukce individuálních stromů z laserových skenů

- **cíl projektu:** návrh algoritmu pro rekonstrukci 3D modelů stromů
 - z mraku nasnímaných 3D bodů
 - strom nasnímán laserovým snímačem LiDAR
 - výstupem jsou souřadnice XYZ + intenzita odrazu
 - *očekávaný výstup:* 3D struktura popisující strom
 - identifikovat **základní strukturální prvky** (kmen a hlavní větve)
 - *primární zaměření:* smrky
- **hlavní problémy:** překryvy (mezery v datech)



Rekonstrukce stromů I.

Vstupní data:

- množiny bodů [x ; y ; z ; intensity]
- naskenováno 15 „živých“ a 16 „mrtvých“ smrků
 - *terrestrial LiDAR* -- první a poslední odraz paprsku
- **živé stromy**
 - ruční prahování podle intenzity odrazů – větve/jehličí
 - průměrně ~100 000 bodů větví a ~400 000 bodů jehličí
- **mrtvé stromy**
 - žádné prahování
 - průměrně ~120 000 nerozdělených bodů



Rekonstrukce stromů II.

Vstupní data:

- **živé smrky mají mnoho jehličí**
 - málo paprsků projde
 - velké mezery na datech
- **strukturu nutno algoritmicky „domýšlet“**
 - často větší mezery mezi segmenty jedné větve než mezi odlišnými větvemi

Existující přístupy:

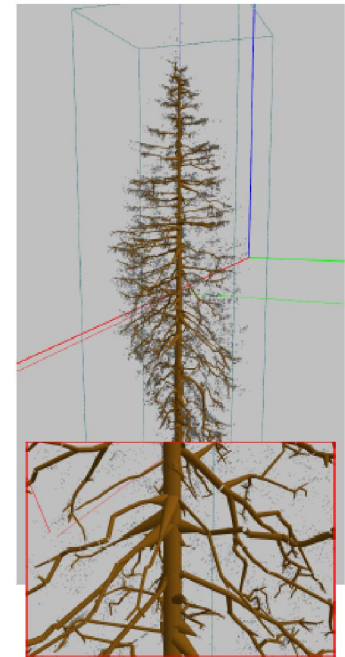
- **Coté et al., Livny et al., ...**
 - v případě mezer v datech vyžadují manuální předzpracování = neakceptovatelné



Rekonstrukce stromů III.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

- v rámci DP navržena *inovativní metoda* rekonstrukce 3D modelů smrkových stromů
- **základní myšlenka metody:**
 - (inspirováno přístupem člověka)
 - **identifikace zřetelných a souvislých oblastí**
 - **rekonstrukce kmene**
 - **propojování identifikovaných souvislých oblastí**
 - **odhady tloušťky větví**
 - **závěrečné čištění modelu**

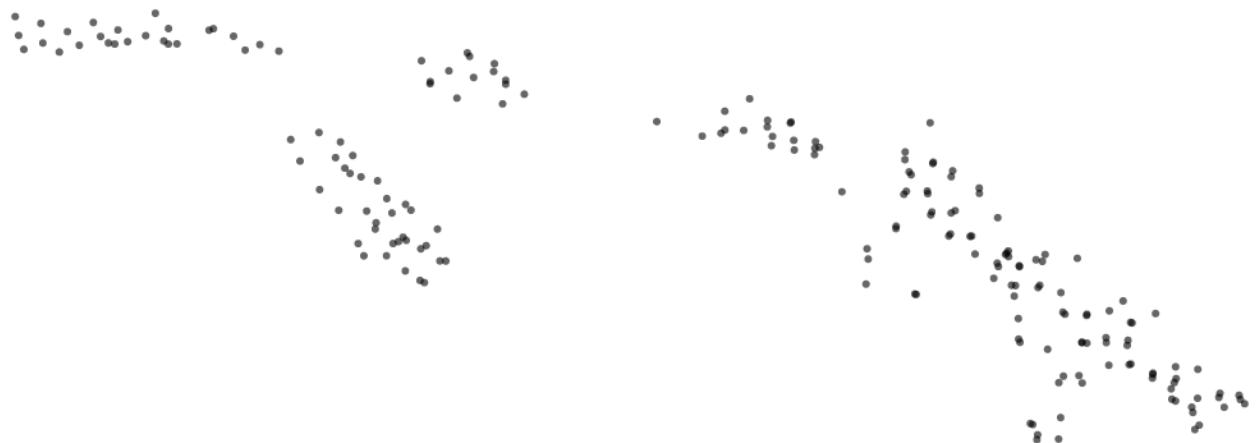


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

1. identifikace zřetelných souvislých oblastí

- segmenty větví představují hodnotnou informaci

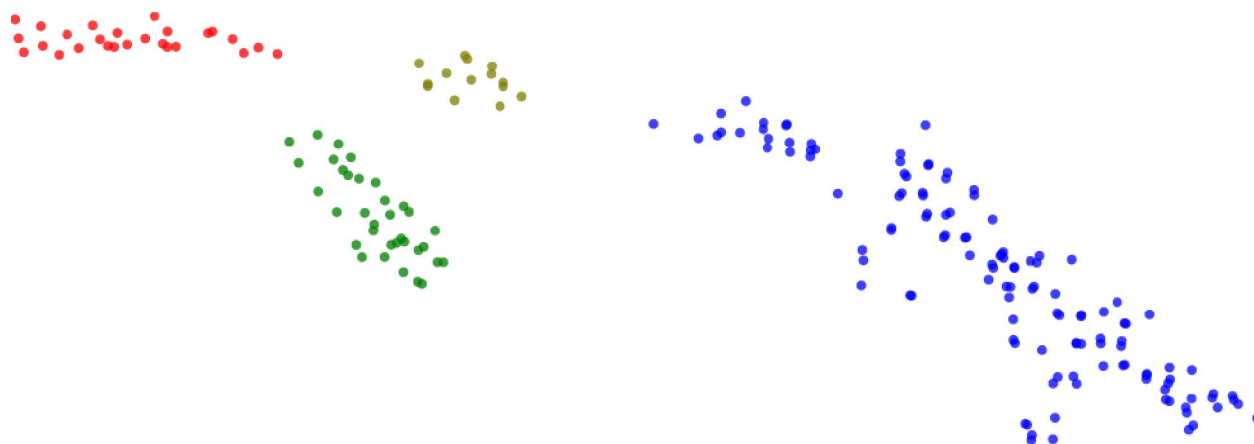


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

1. identifikace zřetelných souvislých oblastí

- segmenty větví představují hodnotnou informaci

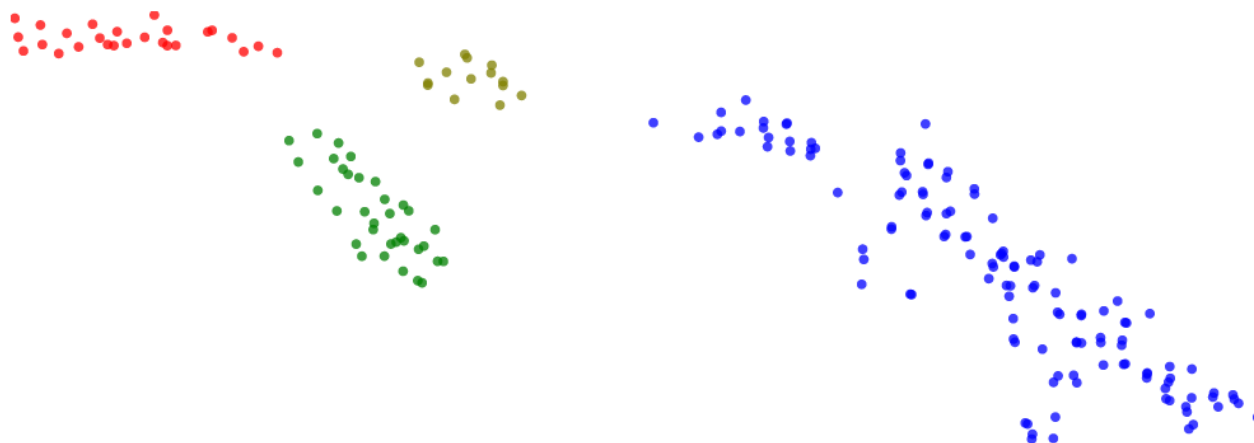


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

2. hledáme kostru stromu

- větve budou reprezentovány pouze svými osami
- z každého shluku bodů „extrahujeme“ reprezentaci kostry

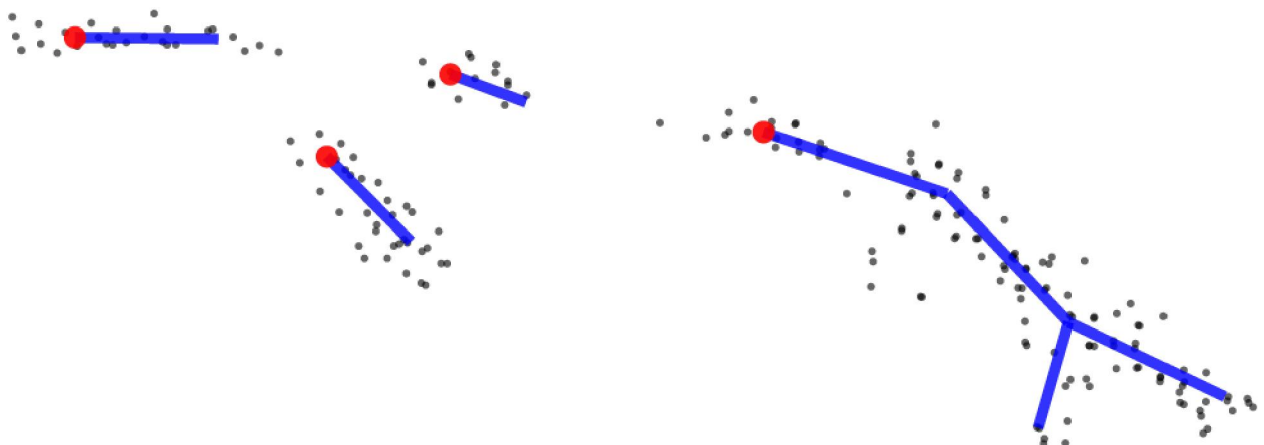


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

2. hledáme kostru stromu

- větve budou reprezentovány pouze svými osami
- z každého shluku bodů „extrahujeme“ reprezentaci kostry

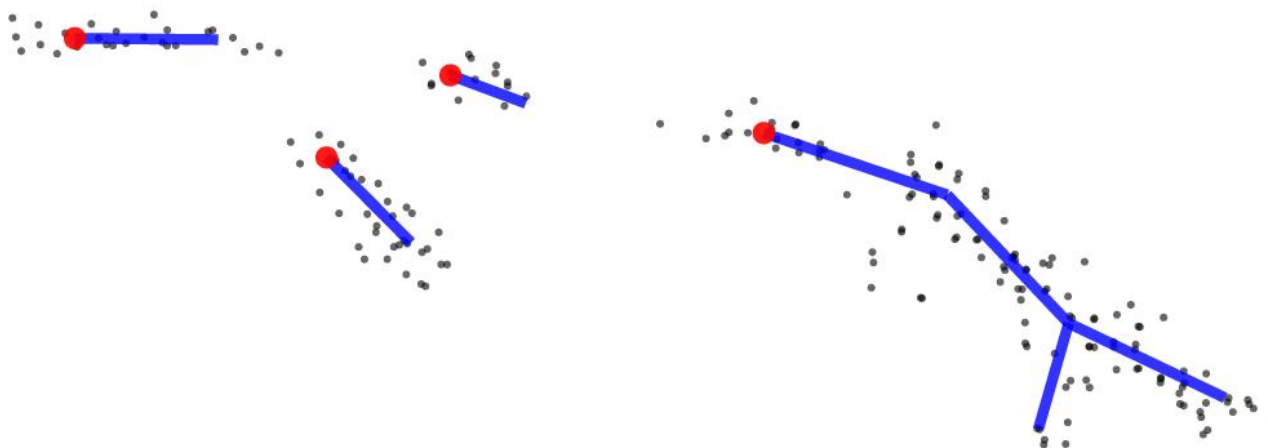


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

3. potřebujeme kostru celého stromu

- souvislosti mezi jednotlivými kostrami nutno „odhadnout“
- a všechny větve připojit ke kmeni
- identifikujeme v datech kmen
- každý segment připojíme k „nejlepšímu“ rodiči / ke kmeni
 - s ohledem na jeho tvar a (očekávaný) směr růstu – **odchozí vektory**

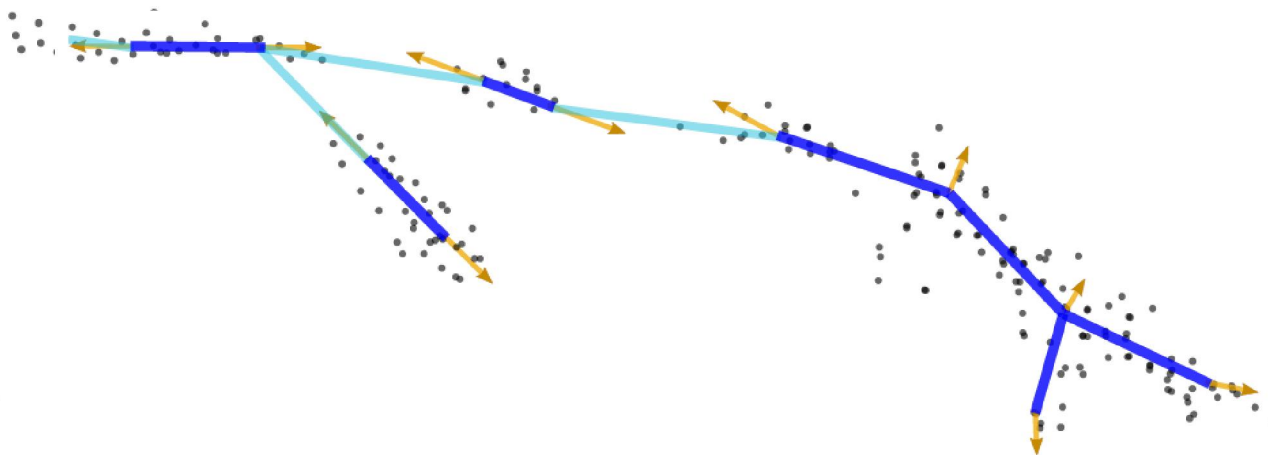


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

3. potřebujeme kostru celého stromu

- souvislosti mezi jednotlivými kostrami nutno „odhadnout“
- a všechny větve připojit ke kmeni
- identifikujeme v datech kmen
- každý segment připojíme k „nejlepšímu“ rodiči / ke kmeni
- s ohledem na jeho tvar a (očekávaný) směr růstu – **odchozí vektory**

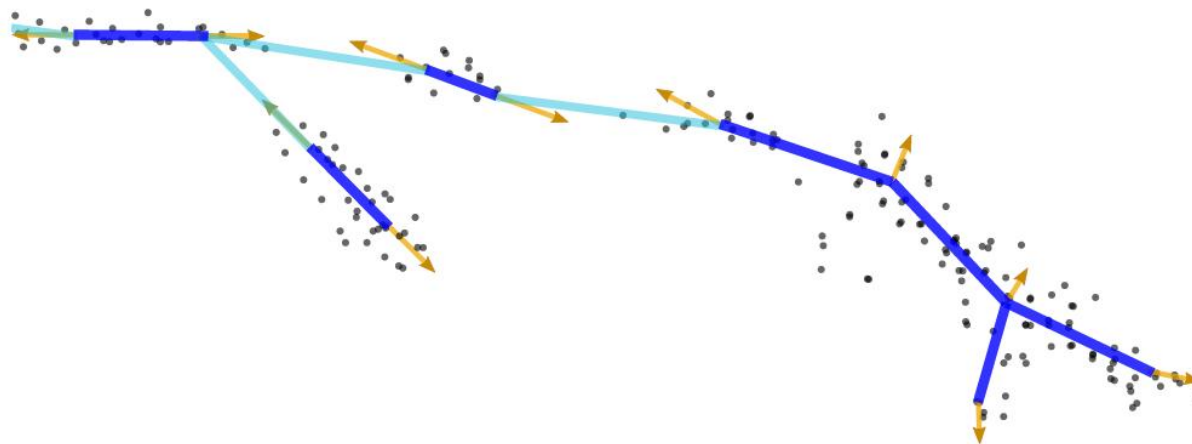


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

4. potřebujeme i tloušťku větví

- model kmene (průměr) lze rekonstruovat přesně
 - zejména ve spodní části stromu
- **tloušťky větví nutno odhadnout**
 - jejich tloušťka je pod rozlišovací schopností skeneru

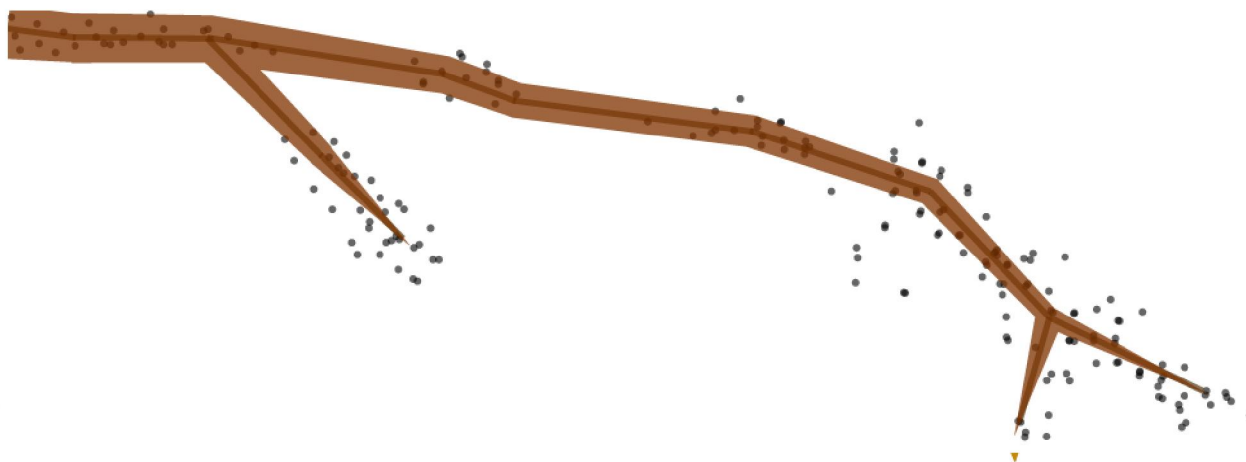


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

4. potřebujeme i tloušťku větví

- model kmene (průměr) lze rekonstruovat přesně
 - zejména ve spodní části stromu
- **tloušťky větví nutno odhadnout**
 - jejich tloušťka je pod rozlišovací schopností skeneru



Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů – Sloup P. & Rebok T.

5. závěrečné čištění modelu

- odebírání drobných koncových hran (vysoká chybovost)
- vyhlazování příliš ostrých zlomů (působí rušivě)

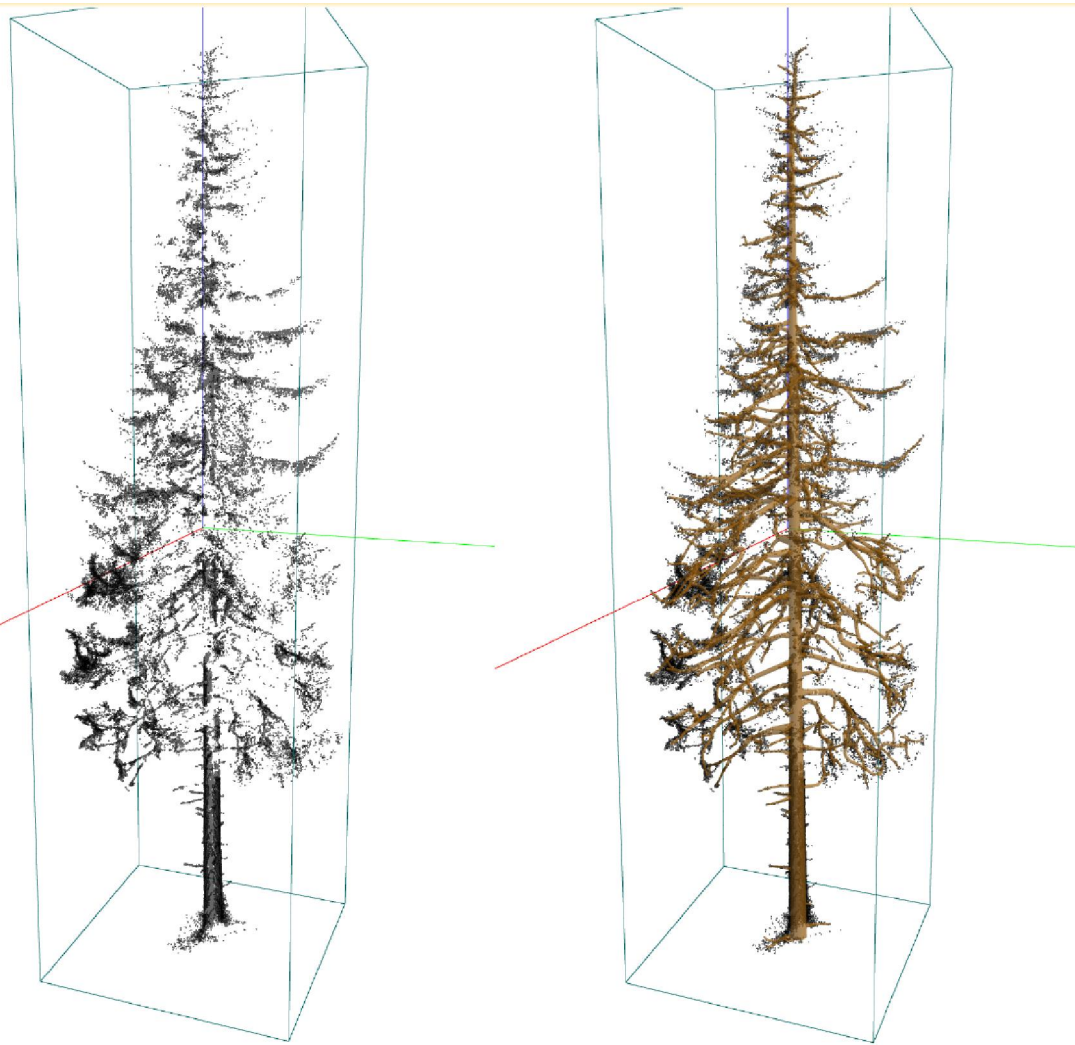


Rekonstrukce stromů IV.

Rekonstrukce stromů - Sloup P. & Rebok T.

Výsledky hodnoceny jako
velmi dobré.

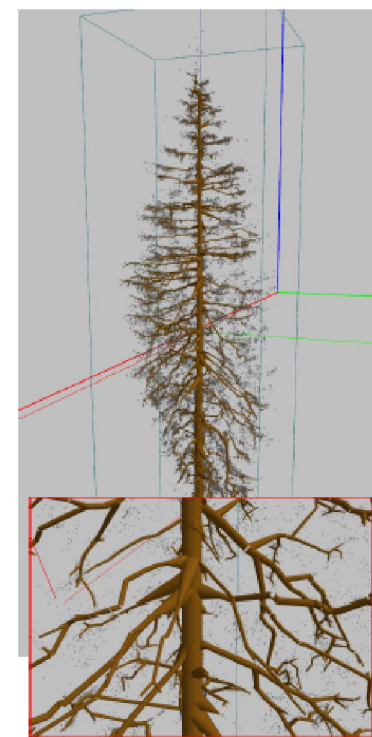
- navazující kroky:
 - dorůstání drobných větviček
(směrem k bodům jehličí)
 - přidávání jednotlivých
jehliček



Rekonstrukce stromů V.

Využitelnost rekonstruovaných modelů:

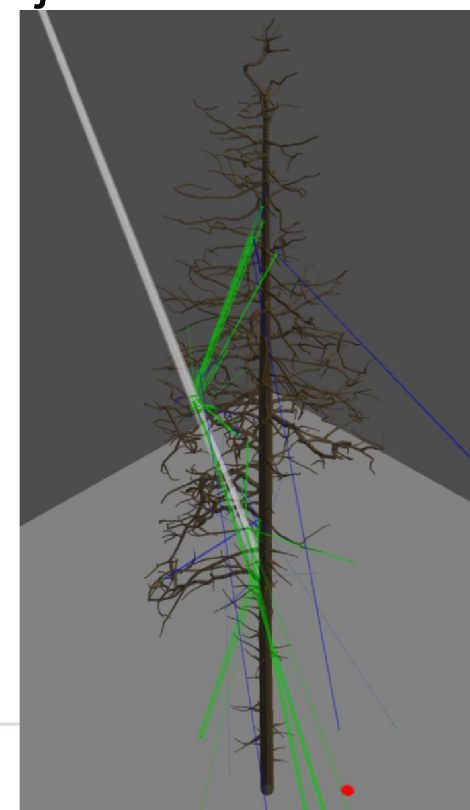
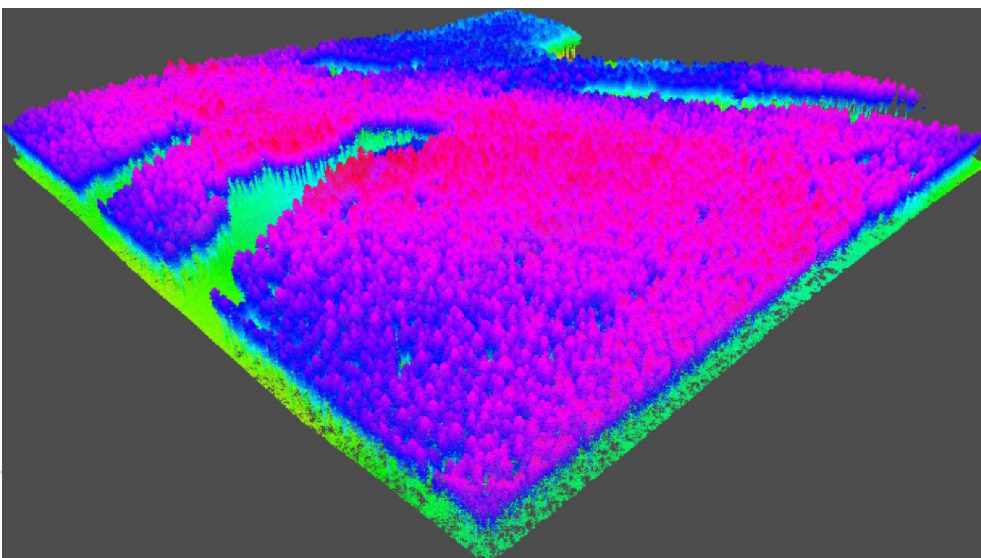
- **neinvazivní získávání statistických informací** o množství dřevité biomasy a o základní struktuře stromů
 - kmeny rekonstruovány s vysokou přesností
 - struktura větví rovněž poměrně věrná
- **parametrizované opatřování zelenou biomasou**
 - mladé větve + jehličky
- **importování modelů do nástrojů** umožňujících analýzu šíření slunečního záření s využitím DART modelů
- **většina kroků algoritmu nezávislých na druhu stromu**
 - => lze rozšířit i na další druhy



■ Rekonstrukce lesů I.

Rekonstrukce lesních porostů z full-wave LiDAR skenů

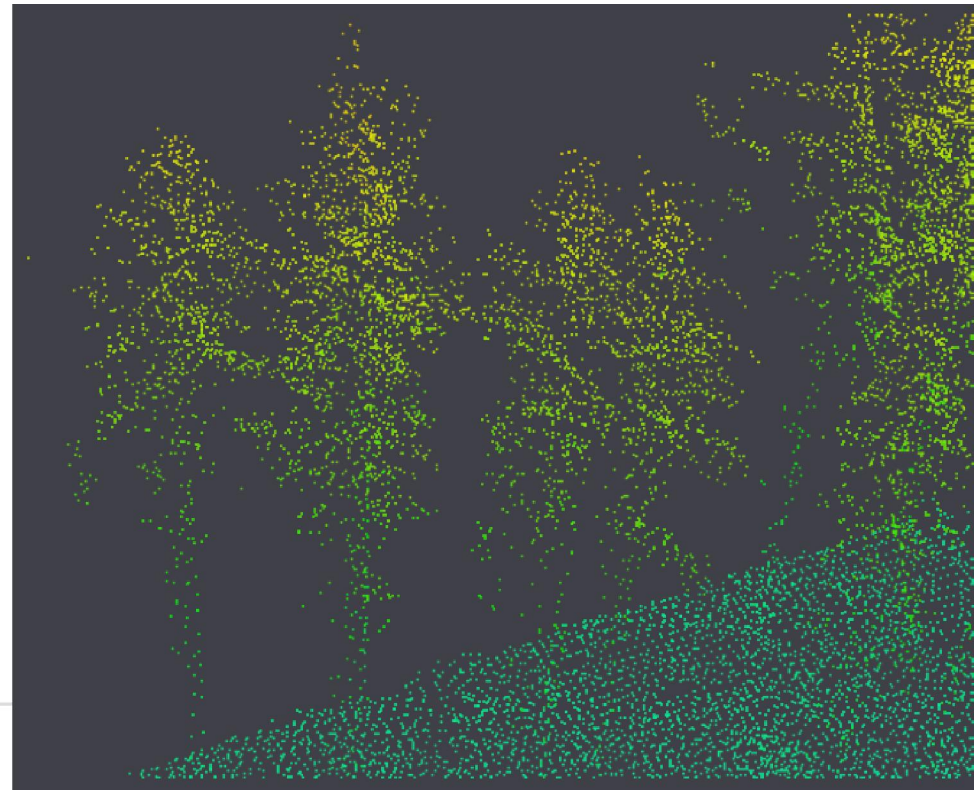
- „s jídlem roste chut“ 😊
- návazná PhD práce, možná budoucí společný projekt
- **cíl: co nejvěrnější 3D rekonstrukce celých lesních porostů z leteckých full-wave LiDARových skenů**
 - možné využití hyperspektrálních skenů, termálních skenů, in-situ měření, ...



■ Rekonstrukce lesů II.

Rekonstrukce lesních porostů z full-wave LiDAR skenů

- skeny získávány leteckým snímáním
- **diametrálně odlišný problém** – extrémní množství bodů, které jsou však *mnohem řidší*
 - nastíněné algoritmy pro přesné rekonstrukce jednotlivých stromů **nelze aplikovat**
 - nutno revidovat i metody pro **vizualizaci a uložení dat/modelů**



■ Rekonstrukce lesů III.

- dosavadní výzkum kolem full-wave LiDAR skenů lesních porostů
 - segmentace stromů, určování druhovosti, rekonstrukce terénů, ...
 - určování základních fyziologických parametrů (průměrná výška, distribuce biomasy, atp.)
 - ...
- **naš cíl: co nejděrnější rekonstrukce 3D modelů**
 - **iniciální analýza a zpracování dat**
 - rekonstrukce terénu
 - segmentace (detekce kmenů + rozdělení bodů)
 - základní charakteristika (druhovost, rozměry atp.)
 - **rekonstrukce jednotlivých stromů**
 - automatické verifikace + úpravy modelu

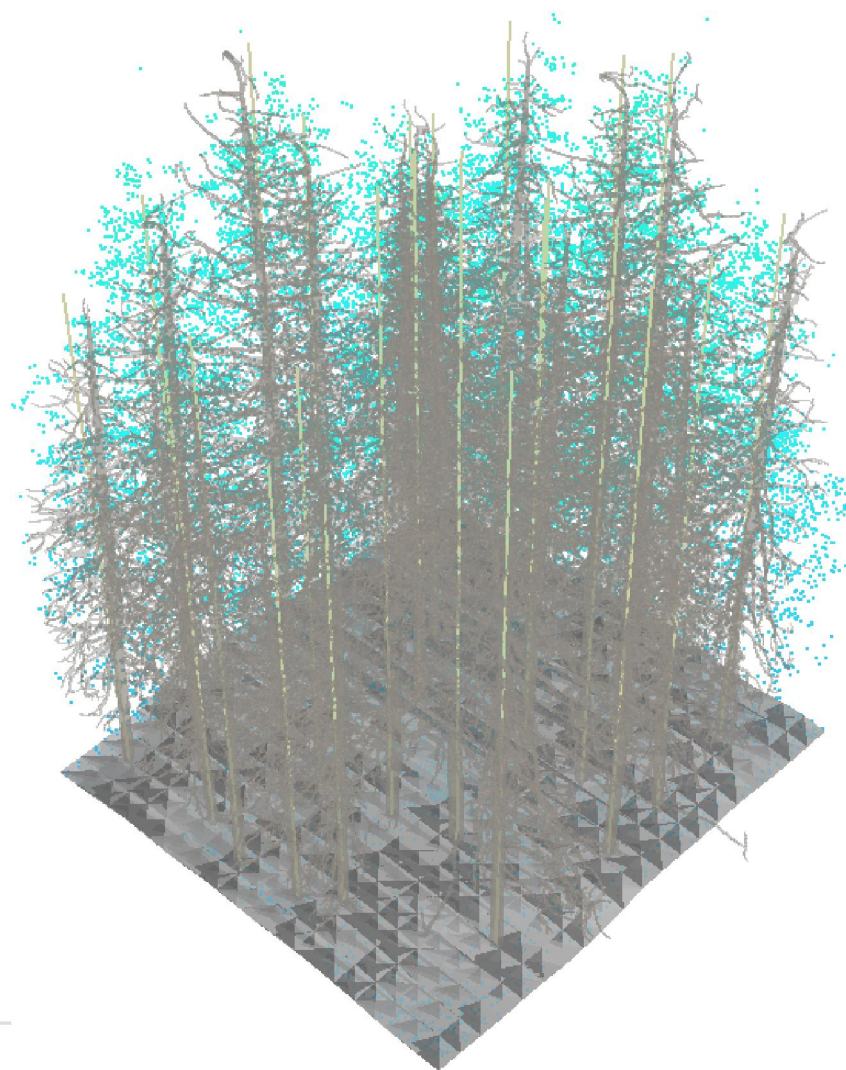
■ Rekonstrukce lesů IV.

„Rekonstrukce“ jednotlivých stromů aneb „Jak se vyrovnat s řídkostí bodů?“

- aktuálně uvažujeme 2 přístupy:
 - **databáze předvytvořených modelů**
 - modely z různých zdrojů (např. rekonstrukce z pozemních skenů)
 - výběr nejvhodnějšího kandidáta na základě zjištěných charakteristických znaků rekonstruovaného stromu
 - základní úpravy kandidátního modelu (úprava rozložení větví, výška, ...)
 - umístění na pozici detekovaného kmene
 - **rekonstrukce dle skutečných bodů**
 - **generování modelů „tažených body“**
 - nutno respektovat fyziologii skutečných stromů
 - nosné téma PhD výzkumu (dlouhodobější realizace)



Rekonstrukce lesů V.



■ Rekonstrukce lesů VI.

Verifikace výsledků aneb „letecký simulátor“

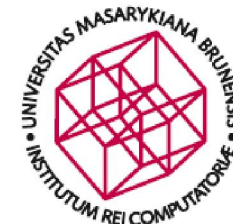
- prokazování **věrnosti rekonstrukce velmi obtížné**
 - z reálných dat téměř nemožné (model vs. realita?)
 - nutné využití uměle vytvořených modelů
 - simulace leteckého skenu
 - rekonstrukce
 - porovnání výsledku s původním modelem
 - (mnoho potenciálních zdrojů chyb)
- součástí PhD i **návrh/implementace metody pro evaluaci rekonstruovaných modelů**
 - možno využít pro další zpřesňování rekonstruovaných modelů

Další příklady spolupráce s partnery

- **Virtuální mikroskop, patologické atlasy**
 - *partner: LF MU*
- **Hledání problémových uzavírek v silniční síti ČR**
 - *partner: Centrum Dopravního Výzkumu*
- **Biobanka klinických vzorků (BBMRI_CZ)**
 - *partner: Masarykův onkologický ústav, Recamo*
- **Modely šíření epileptického záchvatu a dalších dějů v mozku**
 - *partner: LF MU, ÚPT AV, CEITEC*
- **Fotometrický archiv astronomických snímků**
- **Extrakce fotometrických údajů o objektech z astronomických snímků**
 - *2x partner: Ústav teoretické fyziky a astrofyziky PřF MU*
- **Bioinformatická analýza dat z hmotnostního spektrometru**
 - *partner: Ústav experimentální biologie PřF MU*
- **Optimalizace Ansys výpočtu proudění čtyřstupňovou, dvouhřídelovou plynovou turbínou s chlazením lopatek**
 - *partner: SVS FEM*
- **3.5 miliónu „smartmeterů“ v cloudu**
 - *partner: Skupina ČEZ, MycroftMind*

Závěrem

- Centrum CERIT-SC **není** jen poskytovatelem HW zdrojů či dodavatel infromatické síly
- chceme být **výzkumný partner**:
 - máme co nabídnout:
 - *netriviální/unikátní výpočetní a úložné zdroje nezbytné pro realizaci náročných výzkumných cílů*
 - *netriviální IT know-how + CESNET + zázemí univerzity (doktorská škola)*
 - *zkušenosti s velkými národními/evropskými projekty*
 - *kladné zkušenosti našich partnerů*
 - společným výzkumem chceme pomoci s **překonáním stávajících limitů výzkumu** našich partnerů
 - a tím otevřít další možnosti „**top-level**“ výzkumu
 - důraz na **přidanou hodnotu** a práci s e-infrastrukturou



EUROPEAN UNION

EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



OP Research and
Development for Innovation

Projekt CERIT Scientific Cloud (reg. no. CZ.1.05/3.2.00/08.0144) byl podporován operačním programem *Výzkum a vývoj pro inovace*, 3 prioritní osy, podoblasti 2.3 *Informační infrastruktura pro výzkum a vývoj*.

<http://www.cerit-sc.cz>