

Oponentský posudek

na disertační práci

Zpracování distančních dat a nové přístupy v konstrukci povrchů

Autor: Ing. Jan Hovad

Školitel: doc. Ing. Jitka Komárková, Ph.D., FES Univerzita Pardubice

Oponent: doc. RNDr. Dana Klimešová, CSc., PEF ČZU Praha

Struktura a zaměření práce

Disertační práce je rozložena do třech odborných kapitol, Závěru, Seznamu literatury a Příloh.

První kapitola se věnuje analýze současného stavu, technologii LIDAR, implementovatelným polygonovým strukturám, modelování objektů a distribuovaným systémům. V závěru autor agreguje popsané oblasti do jednotného modelu.

Ve druhé kapitole autor definuje cíl disertační práce, který vychází z analýzy současného stavu problematiky zpracování LIDAR bodových mračen a specifikuje 8 dílčích cílů, jejichž vyřešení umožní vytvoření 3D polygonového, parametrického a procedurálního modelu povrchu.

Třetí kapitola poskytuje detailní přehled dosažených výsledků.

Použité metody

Šíře tématu a zaměření disertační práce předpokládá znalosti z mnoha souvisejících oborů. Autor v práci integruje vektorová data (ZABAGED), družicové snímky (NOAA) a laserová data, která je třeba filtrovat a čistit. Řeší softwarově redukci dat přes hromadnou implementaci interpolačních algoritmů a vytváří adaptivní grid v závislosti na sklonu terénu. Využívá geostatistiku pro korekci interpolovaných modelů, navrhuje algoritmus pro rozpoznávání vegetace a využívá polygonové a procedurální modelování pro osazení modelu objekty. Řeší selektivní úpravy algoritmů pomocí imperativních a funkcionálních přístupů.

Šíří i výběr použitých metodických postupů hodnotím velice kladně.

Aktuálnost tématu, disertabilita práce

Téma práce je důležité teoreticky, metodologicky i prakticky. Zkoumání možností využití nových metod pro vytvoření 3D polygonového, parametrického a procedurálního modelu povrchu, všech souvislostí a využitelných vazeb je cenným

příspěvkem k rozvoji této široké a náročné problematiky. Téma je velmi zajímavé, aktuální a bezesporu disertabilní.

Cíle disertační práce

Hlavním cílem práce je vytvoření 3D polygonového, parametrického, procedurálního, atributově reálného a velmi rozlehlého modelu povrchu, založeného na laserovém balíku DMR 5G a DMP 1G.

Dílčí cíle, je jich 8, představují nejdůležitější aspekty procesu, které vyžadují úpravu a návrh nových nebo hybridních postupů pro tvorbu 3D modelu terénu.

Jde o komplexně formulované cíle, které jsou zajímavé, užitečné a dostatečně náročné.

Splnění cílů práce

Cíle práce byly splněny. Autor předložil návrh nového postupu pro komplexní zpracování surových dat technologie LIDAR. Navržený postup je implementován a výstupem je fotorealistický model povrchu určený k dalšímu využití v oblasti modelování a simulací. Navržený postup využívá všech oblastí informačních technologií včetně datových struktur a programování, geografických informačních systémů, big data technologií, statistiku, počítačovou grafiku i pokročilé vizualizace.

Autor prokázal, že se v této rozsáhlé oblasti velmi dobře orientuje a je schopen ji efektivně rozvíjet.

Formální stránka práce

Práce je napsána čtivou češtinou, s minimem překlepů. Ve druhé kapitole zaměřené na dílčí cíle jsou verbální tvrzení, jejichž popis by bylo v některých případech vhodnější formalizovat (mám na mysli část týkající se atributové dědičnosti laserem zachycených objektů na polygonové modely).

Nicméně srozumitelnost odborného textu je na velmi dobré úrovni a práce má i velmi kvalitní grafickou úpravu.

Výsledky práce, poznatky a přínosy

Klíčovou částí disertační práce je kapitola 3, rozsahem 56 stran, která představuje vlastní přínos autora k problematice. Autor velmi dobře využil výsledky předchozí analýzy pro detailní specifikaci postupů, výběr softwarových nástrojů a vyhodnocení zpětné vazby v procesu modelování povrchu, založeném na laserovém balíku DMR 5G a DMP 1G. Velice oceňuji zapojení geostatistických metod pro hodnocení a korekce modelu a řešení atributové dědičnosti laserem zachycených objektů na polygonové modely.

Autor prokázal obdivuhodnou schopnost aplikovat vědecké analytické postupy v celé šíři řešené problematiky.

Otázky k vědecké rozpravě

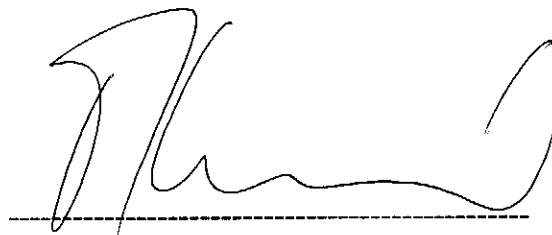
- 1) V kap. 2.1 z obrázků 5 a 7 (2 a 3 vstupy) vyplývá, že jako vstup jste použil surová bodová data LIDAR, model reliéfu 4. generace a digitalizované vektory základní báze geografických dat, případně data družice NOAA. Hlavní cíl vaší disertace předpokládá vytvoření 3D polygonového, parametrického, procedurálního, atributově reálného modelu povrchu, založeného na laserovém balíku DMR 5. generace.
Jak ovlivnila změna vstupu kritéria, která bylo nutné splnit pro dosažení stanoveného cíle?
- 2) Zaujal mě váš návrh a implementace adaptivního povrchu terénu, který je závislý na měnícím se sklonu. Využíváte rozdílné rozlišení bodové struktury a nerovnoměrnou strukturu LIDAR tak převedete do rastrové podoby digitálního modelu reliéfu a ještě můžete ovlivňovat míru redukce dat, samozřejmě s ohledem na okolí.
Jak adaptivní struktura ovlivňuje možnosti osazení terénu modely objektů na jeho povrchu s využitím vektorů ZABAGED?

Závěr

Práce bezesporu splňuje nároky kladené na disertační práci. Ing. Jan Hovad plně prokázal, že má rozsáhlé znalosti a zájem o problematiku, kterou se práce zabývá a že je schopen v této oblasti formulovat problémy, analyzovat je, řešit je a na základě výzkumu a praktických zkušeností formulovat závěry.

Proto doporučuji, aby Ing. Janu Hovadovi byl po úspěšné obhajobě udělen titul PhD.

V Praze dne 26. května 2015



Doc. RNDr. Dana Klimešová, CSc.

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Jméno disertanta: Ing. Jan Hovad

Název práce: Zpracování distančních dat a nové přístupy v konstrukci povrchů

A. Aktuálnost zvoleného tématu

Zpracování a další využití dat z LIDARu nabývá na významu a aktuálnosti. O uvedeném faktu svědčí například přítomnost problematiky sběru a zpracování dat LIDARu na světovém kongresu ISPRS v Praze či zavedení samostatné sekce o 3D kartografii na letošním světovém kongresu v Rio de Janiero. Aktuálnost tématu podtrhla také ocenění získaná disertantem na národních konferencích ESRI.

Závěr bodu A

Zvolené téma lze označit za vysoce aktuální z pohledu základního i aplikovaného výzkumu.

B. Cíle práce

Hlavní cíl práce autor uvádí přímo v úvodu jako: „...navržení optimálního řešení, které sjednotí dílčí oblasti zpracování laserových dat s ohledem na navržení nových postupů, které eliminují negativní faktory současně používaných řešení.“ Uvedený cíl je dále specifikován v kapitole 2.1 jako: „...vytvoření 3D polygonového, parametrického, procedurálního, atributově reálného a velmi rozlehlého modelu povrchu, založeného na laserovém balíku DMR 5G a DMP 1G.“ Dále jsou definovány dílčí cíle směřující od datových zdrojů k finálnímu řešení:

- Redukce nerovnoměrné bodové struktury
- Substituce trojúhelníkové polygonové sítě lépe vyhovující strukturou
- Adaptivní rozlišení terénu a snížení hardwarových nároků modelu
- Zapojení geostatistických metod pro hodnocení a korekce modelu
- Atributová dědičnost laserem zachycených objektů na polygonové modely
- Parametrický a procedurální přístup
- Implementace časově náročných výpočtů distribuovaným způsobem
- Selektivní úpravy algoritmů pomocí imperativních a funkcionálních přístupů

Dílčí cíle na sebe logicky navazují, jsou následně rozpracovány v samostatných kapitolách a svědčí o rozmyšleném postupu zpracování. Konkrétní naplnění dílčích cílů je dokumentováno v kapitole 3, ve které disertant představuje přehled dosažených výsledků. K samotnému členění této kapitoly i struktúře práce však mám výhrady, které uvádím v bodě C a G.

Závěr bodu B

Hlavní cíl i dílčí cíle práce jsou přehledně definované a disertantovi se je podařilo naplnit.

C. Zvolené metody zpracování a postup řešení

V práci se metodám a postupu zpracování nevěnuje samostatná kapitola. A to i přes fakt, že jednotlivé kroky jsou uvedeny v části 3.1 a následně diskutovány při konkrétních etapách zpracování. Diagram uvedený na str. 19 (obr. 7) je popisem kroků provedených autorem, ale zcela postrádá jakoukoliv diskuzi metody a případné srovnání s jinými přístupy. Z metodického hlediska je například diskutabilní kombinace vstupů z LIDARu a ZABAGEDu a využití definice rozsahu budov z tohoto datového zdroje. Pro kombinaci s přesnými datovými vstupy by se daleko více hodily jiné datové zdroje, například v současné

době připravovaná datová sada budov podle specifikace INSPIRE, která odráží skutečnou geometrii jednotlivých objektů a ne jejich zjednodušenou a často generalizovanou verzi, jak je tomu u ZABAGEDu. Z metodického hlediska lze mít výhrady také k vymezení kategorií adaptivních gridů závislých na sklonu terénu. Srovnání provedené například Čada a Šilhavý (2013) prokázalo závislost přesnosti na sklonu a využití terénu, ale kategorie zvolené disertantem postrádají teoretické či empirické zdůvodnění a v žádném případě nelze označit kategorii 0 - 20 ° jako „roviny“ (obvyklé členění připouští roviny do 2 °, ve výjimečných případech do 5 °).

Závěr bodu C

Obecné metody zpracování jsou v souladu s moderními, postrádají však ve vybraných případech hlubší zdůvodnění.

D. Zhodnocení výsledků dosažených disertantem

Dosažené výsledky jsou postupně komentovány v průběhu celé kapitoly 3, avšak jejich shrnutí lze nalézt až v nečíslovaném závěru. Za hlavní považují zejména výsledky metodického charakteru, a to:

- Návrh adaptivního rozlišení terénu
- Parametrický a procedurální přístup

Je viditelné, že disertant má rozsáhlé znalosti v oblasti zpracování dat a kreativním způsobem přistupuje k návrhu vlastních postupů či algoritmů. Využitelnost pro veřejný sektor, která je komentována v nečíslované části kapitoly 3, je diskutabilní a vyžaduje přizpůsobení používaných parametrů skutečným požadavkům praxe (viz výše příklad s členitostí terénu, či kategorizace „typů terénu“ v kapitole 3.8.1 na str. 53).

Závěr bodu D

Disertantovi se podařilo dosáhnout přínosných výsledků, které byly v poměrně rozsáhlé míře publikovány. Hlavní přínosem jsou z mého pohledu navržené metodické postupy, jejichž nastavení a konkrétní použití si však zaslouží další diskuzi jak s odborníky z dané oblasti, tak případnými uživateli.

E. Význam pro praxi nebo pro rozvoj vědního oboru

Potenciál dílčích cílů je obrovský jak pro vědní obor, tak pro praktické využití. Redukce rozsáhlých LIDAR datových struktur a tvorba adaptivních modelů terénu má vzhledem k dostupným datovým zdrojům (DMR 5G, DMP 1G) význam pro masivnější využití. Jak již bylo uvedeno, většímu rozšíření navržených postupů prozatím brání nedostatečná diskuze výsledků.

Závěr bodu E

Práce má význam jak pro rozvoj vědního oboru (adaptivní modely, paralelizace zpracování), tak pro praxi.

F. Publikační aktivita disertanta

Publikační aktivita disertanta je na velmi dobré úrovni. Svědčí o tom kromě řady konferenčních příspěvků v AJ (některé na WoS) také publikaci v časopise s IF a kapitola v knihách nakladatelství Springer. Kladně hodnotím řadu ocenění získaných v rámci zpracování disertační práce. Doporučuji širší diskuzi vybraných témat s dalšími výzkumnými skupinami zabývajícími se v České republice oblastí zpracování a využití dat z LIDARu, které mohou obohatit poznatky autora.

Závěr bodu F

Disertant splnil požadavky na publikační aktivitu a prokázal schopnost publikovat a prezentovat své závěry jak v českém, tak v anglickém jazyce.

G. Formální úprava disertační práce a jazyková úroveň

Předložená práce má komplexní charakter a je členěna do 3 kapitol, seznamu literatury, obrázků, zkratk a příloh. Vzhledem k zaměření práce mne překvapila absence digitálních příloh, které by vhodně dokumentovaly dosažené výsledky.

Mám připomínky k samotné struktuře práce, kdy členění pouze od tří kapitol znehodnocuje celkový obraz práce. Nabízí se možnost členění do samostatných oddílů, avšak takovýto postup by vyžadoval přečíslování a restrukturalizaci kapitol. Stejně tak spojení použitých metod a výsledků v jednotlivých částech kapitoly 3 nepřispívá přehlednosti práce. Zcela postrádám diskuzi získaných výsledků, její nahrazení kapitolou o využitelnosti pro veřejný sektor není adekvátní.

Z formálního hlediska jsou v práci obsaženy drobné překlepy a chybějící výrazy. Tok textu a obrázků není optimalizován a v práci jsou poměrně hojně ponechány části stránek prázdné, což zbytečně navyšuje její rozsah. Způsob citací je v některých případech odlišný od zvyklostí - např. str. 39 je citován jako zdroj závěrečného odstavce Svobodová (2011) s odkazem na Obrázek 26. U obrázku samotného je uveden jako zdroj autor. Je přitom zjevné, že k práci Svobodové se vztahuje pouze část faktů uvedených v odstavci. Takovýto způsob citace se vyskytuje v práci poměrně hojně a není jasné, zda jej disertant používá zcela korektně (srovnej str. 57. Odstavec 2 – Elmore a kol. 2000)

Závěr bodu G

Formální úprav a struktura práce splňuje základní požadavky kladené na disertační práce.

H. Připomínky k disertační práci

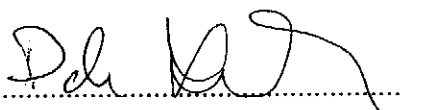
- Jaká zdrojová data výškopisu byla v práci použita? Na obrázku 7 je uveden jako zdroj LIDAR a DMR 4G. V kapitole 3.2.2 jsou diskutovány zdroje DMR 5G a DMP 1G a kapitola 3.4 hovoří o „zpracování bodových mračen“.
- Jaký algoritmus byl použit pro výpočet sklonu terénu na str. 34? Je známo, že právě použitý postup ovlivňuje výsledek.
- Kde je kategorie GRID 5x5 m v případě obrázku 23 na str. 36?
- Str. 76 – „adaptivita v tomto případě kopíruje členitost terénu...“ – jedná se skutečně o členitost? Jak je v obvyklých případech členitost terénu či reliéfu charakterizována?
- V diskuzi o využitelnosti výsledků je řeč mimo jiné o stavebnictví. Jak si disertant představuje spojení například s modelem BIM?

Závěrečné zhodnocení

Předložená práce Ing. Jana Hovada splňuje požadavky kladené na disertační práce a i přes uvedené připomínky ji **doporučuji** ji k obhajobě.

V Brně dne 5. 6. 2015

Doc. RNDr. Petr Kubíček, CSc.


.....
jméno a podpis oponenta

Oponentský posudek doktorské disertační práce

Zpracování distančních dat a nové přístupy v konstrukci povrchů

Autor: Ing. Jan HOVÁD

Úvodní poznámky

Předložená doktorská disertační práce má 91 stran textu v českém jazyce. Práce působí konsistentně, struktura práce příliš nevybočuje ze zvyklostí, má logickou návaznost a žádná podstatná část ji nechybí. Pro tvorbu předložené práce bylo použito a v textu citováno 67 literárních a informačních zdrojů s dominantním podílem zahraničních pramenů. Autor v textu správně používá odbornou terminologii a vědecké výrazy. Při tvrzeních v převážné míře využívá citační aparát, který je jednotný a správně aplikovaný.

Formální a typografická úroveň práce je slabší. Přehled zkratk patří na úvod, přílohy se nestránkují, místy chybí citace tvrzení, které by si to zasloužily (zejména v kap. 1), objevují se nevhodné uvozující formulace na začátku kapitol. Místy těžkopádný sloh nedělá text příliš čtivým (např. str. 7, 25, ...). Uvedené formální nedostatky však nesnižují odbornou kvalitu práce.

Oponent se kromě předloženého textu s hodnocenou prací seznámil již dříve. V roce 2013 byl členem komise soutěže Student GIS Projekt 2013, kde autor práce představil dílčí výstupy a byl stávajícím oponentem přímo dotazován.

Splnění stanovených cílů a kvalita zpracování

Za hlavní cíl práce si autor stanovil (str. 15): „vytvoření 3D polygonového, parametrického, procedurálního, atributově reálného a velmi rozlehlého modelu povrchu, založeného na laserovém balíku DMR 5G a DMP 1G“. Pro řešení si autor, vědom obsáhlosti a komplexnosti vytčeného cíle, stanovil 7 dílčích (i tak dost obsáhlých) cílů.

Všechny dílčí cíle byly v jednotlivých kapitolách dále úžeji vymezeny, zpracovány v souladu s pravidly vědecké práce (rešerše – analýzy – interpretace) a poskytly výsledky, které autor poté zapracoval do svého celkového konceptu tak, aby na konci práce dosáhl vytčeného cíle.

1. Redukce nerovnoměrné bodové struktury – byla provedena úpravou zvolených interpolačních algoritmů společně s návrhem algoritmů vlastních, včetně jejich implementace ve zvoleném programovacím jazyce.
2. Substitute trojúhelníkové sítě lépe vyhovující strukturou – byla vyřešena návrhem vlastního algoritmu pro zpracování čtvercových bodových sítí za využití distribuovaných přístupů, které rapidně snižují hardwarové nároky celého procesu.
3. Adaptivní rozlišení terénu a snížení hardwarových nároků modelu – bylo provedeno pomocí návrhu vlastních algoritmů včetně implementace. Využity byly modifikované statistické metody a adaptivní přístup k vstupním datům.
4. Zapojení geostatistických metod pro hodnocení a korekce modelu – cíl byl aplikován při výběru vhodných datových sad, přičemž byl zaměřen na minimalizaci rozdílů mezi surovými a interpolovanými daty.
5. Atributová dědičnost laserem zachycených objektů na polygonové modely – cíl byl splněn pomocí návrhu vlastního algoritmu, který redukuje miliardy bodů do konkrétních parametrů dílčích objektů (výška stromu, hustota vegetace atp.).
6. Parametrický a procedurální přístup – byl implementován ve fotorealistické kvalitě a to při finální agregaci dílčích modelů do komplexního modelu povrchu. Parametrický přístup umožňuje měnit vlastnosti modelu ve vztahu 1 (parametr) : N (objektům na povrchu). Procedurální přístup abstrahuje textury a zajišťuje vlastní kompozici barevné palety v modelu.
7. Implementace časově náročných výpočtů distribuovaným způsobem – cíl je vyřešen ve formě implementace časově náročných výpočtů v architektuře Apache Hadoop.

Vytvořený model byl dle v textu obsažených obrázků (např. obr. 59, 60) dosažen ve výborné kvalitě a tak lze konstatovat, že v úvodu vytčený cíl disertační práce autor zcela a ve velmi dobré kvalitě naplnil.

Aktuálnost tématu

Téma práce je vysoce aktuální. V současnosti v ČR vrcholí fáze dokončení modelu DMR 5G a DMP 1G a ukazuje se (např. Plšek, 2014; Šafář, 2015), že běžná PC nezvládnou práci s daným objemem dat. Přílišná redukce však znehodnocuje prostředky vynaložené na získání a zpracování primárních dat z LIDARu.

Navržený koncept, který autor navrhl a prakticky otestoval na vzorku reálných dat, je cenným příspěvkem do řešení této otázky. Autor ctí soudobé přístupy ke zpracování DMR, využívá zavedené prostorové funkce a přidává inovace v oblasti optimalizace algoritmů a způsobů konstrukce výsledného díla.

Aktuálním a vysoce žádaným prvkem práce jsou části věnující se převedení práce do prostředí distribuovaných výpočtů. Využití distribuovaného prostředí (clustery, GRIDy) v oblasti zpracování prostorových dat je velkou výzvou současnosti, která umožní rychlejší a výkonnější zpracování dat bez extrémních nároků na TCO (úplné náklady vlastnictví). Autor nezůstává jen u teoretického rozboru, ale předkládá vlastní praktické návrhy řešení.

Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru

Z pohledu praxe se koncept práce jeví zajímavý. Bude-li praxi nabídnut v uchopitelné podobě (nástroj či služba), pak bude praxí jistě velmi pozitivně přijat.

Jedná se o inovativní přístup, který se dotýká využívání státního díla ZABAGED a datasetů primárních dat pro DMR 5G a DMP 1G, které jsou klíčovými daty Národní geoinformatické infrastruktury (NGII) a mají dnes dopad do většiny odvětví lidské činnosti u nás. Funkční optimalizace zpracování a reprezentace dat, aby nedošlo ke ztrátě přesnosti a vypovídací schopnosti těchto dat, při zachování „komfortní práce“ na běžné IT infrastruktuře dnešní doby, je a bude zejména ve státní sféře velmi ceněna.

Vědecký přínos má předložený koncept také. Alternativní způsoby uložení dat pro „přesný“ povrch mimo TIN, který je výpočetně velmi náročný, a který zachová přesnost TINu a nabídne možnost rychlejšího zpracování jistě nezůstane bez ohlasu. Zde se skýtá i velký potenciál pro Univerzitu Pardubice v oblasti komercializace výsledků této práce.

Poznámky a otázky pro diskusi

- K práci postrádám médium, na kterém by se daly finální výsledky prohlédnout v reálné (3D) podobě. O kvalitě výstupů lze usuzovat jen z obrázků v obsažených textu práce
- K stanovenému hlavnímu cíli (str. 15) bych očekával bezprostřední objasnění chápání (definice) 5 přívlasků modelu, který chce autor vytvořit. Postupně to objasňuje v rámci řešení dílčích kroků tak, že čtenář při pečlivém čtení o tuto informaci nepřijde, ale jasná definice v úvodu by práci prospěla.
- Kde a jakou formou jsou (budou) k dispozici vyvinuté procesy a algoritmy – nástroj, služba?
- V textu se vyskytují nepřesné pojmy: záměna pojmu multispektrální či spektrozónální za termální (str. 23), souřadnicový nikoliv souřadný systém (str. 51)
- Chybí jednotky u hodnot vlnové délky (str. 23)
- Na řadě míst textu chybí u nosným tvrzení citace (např. str. 23, 24, 74)
- V částech textu popisujících LIDAR chybí základního dělení LIDARových dat na *full-wave* záznamy a *discrete-return* záznamy. S kterým typem dat autor pracoval? Byl by jeho koncept (algoritmy) plně funkční i pro druhý typ LIDARu na vstupu?
- Kap. 3.5.3 (str. 34) - Nelze souhlasit s použitím intervalu 0-20° pro rovinu v analýze sklonitosti. V našich podmínkách se rovina klasifikuje do 2° ojedinele do 5°.
- str. 35 aplikace průměrového filtru - „Převod je proveden s předem definovaným rozlišením rastru... Výpočet pro každou buňku ... je proveden na základě zvolené metody.“ - V textu chybí konkrétní informace o použitém filtru (jaké rozlišení, jaký kernel, jaká metoda) a stejně tak podložení zdůvodnění výběru a příp. doporučení pro uživatele jak volit konkrétní nastavení.

Celková zhodnocení

Závěrem lze konstatovat, že autor splnil všechny vytčené cíle ve vysoké kvalitě. Lze očekávat mezinárodní ohlas a reálné využití. Výsledky rozpracoval po teoretické i praktické stránce.

Předložená disertační práce Ing. Jana Hováda splnila všechny předepsané požadavky kladené na disertační práci a náležitosti spojené s úspěšným dokončením doktorského studia.

Doporučuji, aby práce byla přijata k obhajobě a autorovi byl, po úspěšné obhajobě, udělen titul Ph.D. v daném oboru.

V Olomouci, dne 27. května 2015



doc. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.