

Nástroj pro optimalizaci stavby tratí pro orientační běh

Bc. Martin Klícha

Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 17.
listopadu 50, 771 46, Olomouc, Česká republika
Kontakt.manas.klicha@gmail.com

Abstrakt. Hlavním cílem práce bylo vytvořit nástroj (sestavit algoritmus) pro výpočet odhadu reálného času vítěze pro konkrétní trať závodu orientačního běhu. Pro každý typ tratě (sprint, krátká a klasická trať) a kategorii (H21, D21, ...) je dle Soutěžního řádu dán směrný čas, podle kterého je stavěna trať. Trať by měla být připravena tak, že čas vítěze bude (v rámci tolerance dané Soutěžním řádem) odpovídat směrnému času. Nástroj sestavený v rámci diplomové práce by měl sloužit k ověření dodržení směrného času pro vítěze na základě výpočtu odhadu reálného času vycházejícího z konkrétních podmínek na trati.

Klíčová slova: orientační běh, nástroj, stavba tratí

Abstract. The main aim of this diploma thesis is the create tool (build algorithm) to calculate real-time estimation of winner time for particular race course orienteering than compare results counted by tool with real competition results. For every kind of discipline (sprint, middle, long) and category (H21, D21...) is given indicative time by race committee. Final course should be set according to this time. The tool should help to course planners with planning of particular course in specific terrain.

Keywords: Orienteering, toolbox, course setting

1 Úvod

Při stavbě tratě orientačního běhu je stavitel povinen řídit se mnoha pravidly. Trať se liší svou náročností a délkou. Základním hodnotícím prvkem, kterým by se stavitel měl řídit a je definován soutěžním řádem ČSOS je směrný čas. Směrný čas je pro různé věkové kategorie a jednotlivé disciplíny OB (sprint, krátká trať, klasická trať) odlišný. Daný směrný čas, je čas vítěze dané kategorie. Další parametrem, kterým by se měl stavitel řídit je orientační obtížnost tratě. Ta se u každé disciplíny liší, jinak se staví klasická, krátká trať či dokonce sprint.

Geografické informační systémy (GIS) jsou díky své schopnosti, znázornit různorodá data v prostoru velice platným nástrojem pro různé analýzy. Pomocí DMR, sklonu, orientace svahů a frikčních povrchů lze prakticky namodelovat jakýkoli terén. Tato práce se zabývá vytvořením nástroje (sestavením algoritmu) pro odhad vítězného času pro konkrétní trať závodu v orientačním běhu.

2 Cíle práce

Hlavním cílem práce bylo vytvořit nástroj (sestavit algoritmus) pro výpočet odhadu reálného času vítěze pro konkrétní trať závodu orientačního běhu. Pro každý typ tratě (sprint, krátká a klasická trať) a kategorii (H21, D21, ...) je dle Soutěžního řádu dán směrný čas, podle kterého je stavěna trať. Trať by měla být připravena tak, že čas vítěze bude (v rámci tolerance dané Soutěžním řádem) odpovídat směrnému času. Nástroj sestavený v rámci diplomové práce by měl sloužit k ověření dodržení směrného času pro vítěze na základě výpočtu odhadu reálného času vycházejícího z konkrétních podmínek na trati.

Dílčím cílem bylo nalézt vhodné řešení publikace nástroje samotným uživatelům, aby nástroj mohli využívat.

3 Použité metody a postup zpracování

3.1 Použitá data a programy

Použitá data lze rozdělit na dvě skupiny. Do první skupiny lze zařadit výšková data, ze kterých je vytvořen v první části nástroje DMR. Pro tento účel byla využita prozatím nejpřesnější data z leteckého laserového skenování pro dané území a to digitální model České republiky reliéfu 4. generace (DMR 4) poskytnutý od ČÚZK. Ten je poskytován v datovém formátu .XYZ (textový formát) a není tedy nutné jej dále upravovat.

Druhou skupinu dat tvoří mapy používané pro orientační běh. Tyto mapy jsou poskytovány ve formátu .OCD. Nástroj byl testován a porovnán s konkrétními závody, které se uskutečnily v roce 2011. Mapy ve formátu .OCD byly poskytnuty od pořadatele závodů, klubu Magnus Orienteering. Dalšími dílčími daty jsou tratě, které je možné tvořit v samostatném modulu programu OCAD. Každou takto vytvořenou trať je možné vyexportovat do formátu .SHP. Ten lze již jednoduše používat v produktech Esri.

Pro přípravu dat vstupujících do nástroje byl použit program OCAD 10 Professional, pro tvorbu samotného nástroje produkt ArcGIS Desktop 10.1. Protože navržený nástroj využívá celou řadu nástrojů pracujících s rastrovými daty bylo nutností rozšíření Spatial Analyst a 3D Analyst. Konečná podoba nástroje byla vytvořena pomocí skriptovacího jazyka Python v prostředí Python 2.6.5, který bývá nainstalován společně s programem ArcGIS.

3.2 Postup zpracování

Samotný postup zpracování byl složen z několika na sebe navazujících kroků. V prvním kroku bylo nutné zamyslet se nad možnostmi zpracování a dostupnými technologiemi.

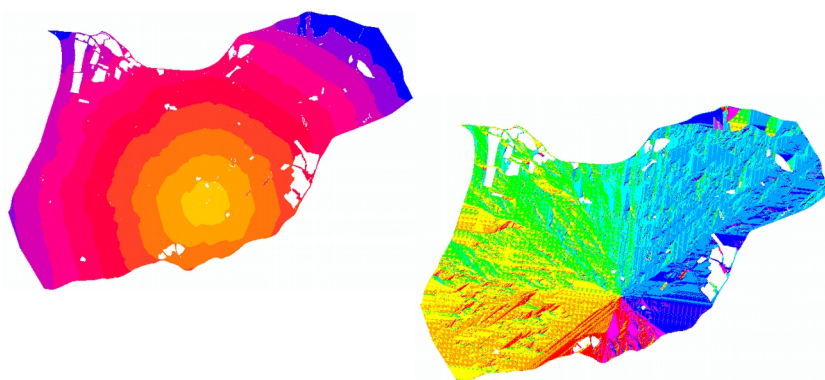
Druhým krokem byla velmi důležitá příprava vstupních dat. V programu OCAD z důvodu automatizace nástroje bylo nezbytné upravit mapu, vyexportovat jako obrázek formátu TIFF, dále vyexportovat cílovou trať do formátu SHP. Tento krok je prováděn i samotnými uživateli nástroje, proto musel být brán zřetel na co největší jednoduchost a srozumitelnost. V rámci textu diplomové práce byla vytvořena jedna kapitola, která plní funkci jednoduchého manuálu pro uživatele, který podrobně popisuje tuto problematiku.

Ve třetím kroku byl vytvořen vlastní nástroj pro optimalizaci stavby tratí v prostředí programu ArcGIS Desktop 10.1. Nejprve byly jednotlivé dílčí nástroje a kroky testovány pomocí Model Builderu. Pro sestavení celého nástroje bylo však nutné využít skriptovacího jazyka Python. Vlastní skript je podrobně popsán v kapitole 4. Nedílnou součástí tohoto kroku bylo testování samotného nástroje. Nástroj byl testován nad vybranými třemi mapami, které jsou typickými zástupci českých terénů. Čtvrtým krokem byla publikace nástroje. Bylo nutné zajistit dostupnost nástroje uživatelům. V tomto ohledu byl zvolena možnost uložení nástroje do geoprocessing package a následné publikování prostřednictvím ArcGIS Online, pomocí něhož si nástroj mohou uživatelé stáhnout a pustit v ArcGIS Desktop 10.1.

3.3 Metody zpracování

Mezi hlavní metody, který byly použity v diplomové práci patří analýza nejkratších cest a k ní určené nástroje v ArcGIS Desktop – Path Distance a Cost Path, které jsou dostupné v sadě nástrojů po spuštění nadstavby Spatial Analyst.

Nástroj Path Distance po zadání zdrojové buňky vytváří nákladový povrch v němž jsou kromě výchozího frikčního povrchu brány v potaz také vertikální a horizontální parametry posunu a skutečný vzdálenost po povrchu. V případě toho nástroje lze zadat jak izotropní frikční povrch, tak skutečný povrch terénu a také konkrétní velikost limitních parametru pro přesun mezi buňkami, tzv. horizontální a vertikální faktory. Výsledkem je ohodnocený nákladový rastr vzdáleností a backlink rastr (viz Obr. 1), který určuje směr do další sousední nejméně nákladné buňky [4].



Obr. 1. Rastr vzdáleností a backlink rastr.

Druhou velmi důležitou součástí je nástroj Cost Path, který po zadání cílové buňky na základě nákladového povrchu kalkuluje nejlevnější trasu nebo trasu z vybraných lokalit k nejbližší zdrojové buňce definované v akumulacním nákladovém povrchu v rámci nákladové vzdálenosti [5]. Použití nástroje Path Distance musí předcházet spuštění Cost path, protože do tohoto nástroje vstupují jako povinné parametry rastr vzdáleností a backlink raster. Výsledkem je rastr s nejlevnější cestou, který obsahuje důležitý atribut PATHCOST, vyjadřující součet frikce dané nejlevnější cesty a atribut COUNT, který obsahuje hodnotu součtu pixelu trasy.

4 Popis nástroje

Celý nástroj se skládá ze dvou skriptů, ty si pomocí technologie ArcGIS scripting a skriptovacího jazyka Python volají jednotlivé nástroje nadstavby Spatial a 3D Analyst. Oba skripty jsou na sebe nezávislé. Mohou být tedy spuštěny jeden bez druhého. První skript je sestaven pro výpočet času vítěze závodu pro celou trať. Vstupem je vektorová vrstva s výškovými body, vektorová vrstva se všemi kontrolami, mapa ve formátu TIFF, reklasifikační tabulka pro tvorbu rastru frikce a textový soubor s faktory vertikálního odporu (sklon). Tento skript je výpočetně a především časově velmi náročný. Doba při úspěšném běhu skriptu na testované trati byla 36 minut. Z tohoto důvodu byl vytvořen i skript druhý. Obsahuje stejná vstupní data, avšak namísto vektorové vrstvy všech kontrol, je nutné zadat zvlášť zdrojovou a cílovou buňku postupu, tedy nahrát dvě bodové vektorové vrstvy, mezi kterými chceme čas vypočítat. Druhý skript počítá čas vítěze pouze mezi dvěma kontrolami. Tento skript sice neurčí celkový čas vítěze pro celou trať, ale umožňuje uživatelům ověřit si čas jimi určených, důležitých, částí navržené tratě. Časová náročnost se výrazně tím snížila.

4.1 Skript pro výpočet času vítěze pro celou trať

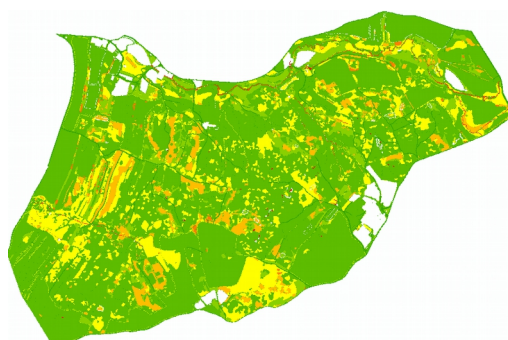
Vytvoření skriptu pro výpočet celkového času vítěze na trati se skládá z mnoha kroků, které na sebe plynule navazují. V této podkapitole jsou popsány jednotlivé části skriptu a základní principy fungování, které jsou nezbytné k dosažení požadovaných výsledků.

Nejprve bylo nutné vytvořit DMR z výškových dat leteckého laserového skenování, které po importu do SHP a drobných úpravách mohla vstupovat do nástroje Topo to Raster. Výsledkem je DMR v rastrové podobě. Dalším nebytným krokem bylo vytvoření tzv. frikčního rastru (viz Obr. 2). Základem jeho tvorby je reklasifikace vstupní mapy dle nahrané reklasifikační tabulky. Tato tabulka obsahuje jednotlivé faktory frikčních odporů pro jednotlivé typy povrchů. Pro základní testování byly využity faktory frikce, které uvádí ve své diplomové práci Lenka Mezníková [6], pro komplexnost nástroje však byly sloučeny některé typy povrchů. Při testování se navíc ukázalo, že někde jsou faktory ohodnoceny příliš malou či velkou vahou, proto byly výsledné koeficienty u některých typů povrchu upraveny (viz Tabulka 1). Taktéž

podobným postupem musela být vytvořena i reklasifikační tabulka pro tvorbu „rastru frikce“ i pro disciplínu sprint a to z důvodu rozdílného mapového klíče.

Tabulka 1. Ukázka typů povrchů a jejich frikční faktory (pro lesní disciplíny).

| Objekt | faktor |
|---|--------|
| Silnice, zpevněná cesta | 26 |
| Louka, pěšina, průsek | 28 |
| Les | 30 |
| Paseka, otevřený terén | 31 |
| Hrázka, suchá rýha, překonatelný plot | 41 |
| Světlí hustník, podrost, bažina | 46 |
| Střední hustník, sezónní vodoteč | 51 |
| Tmavý hustník | 77 |
| Řeka, schůdný skalní sráz | 128 |
| Budova, vodní plochy, privát, neschůdný skalní sráz | NoData |



Obr. 2. Výsledný rastr frikce.

Dalším krokem bylo rozdělení vstupní vektorové vrstvy kontrol vyexportovaného z programu OCAD. Protože, později do nástroje musí vstupovat vždy dvě sousední kontroly, bylo nutné docílit automatického rozdělení záznamů (všech kontrol) do podoby jednotlivých bodových vrstev. Tento problém byl řešen napsáním vlastní části skriptu, která využívá nástroje `GetCount_management`, která vždy vypíše počet záznamů ze zadané feature class, tato funkce byla uložena do proměnné a tím byl definován počet cyklů. V každém cyklu byla načtena cesta k pracovnímu adresáři a pomocí nástroje `Select_analysis` vždy vybrán příslušný záznam dle atributu ID příslušného cyklu. Tímto způsobem bylo nad testovacími daty vytvořeno 28 samostatných bodových vrstev, které jsou později využity ve skriptu jako jednotlivé vstupní body.

Jádrem celého skriptu jsou 2 nástroje, které jsou součástí sady nástrojů v nadstavbě Spatial Analyst. První využitý a výpočetně velmi náročný nástroj se nazývá Path Distance, který vytváří nákladový povrch, v němž jsou mimo frikčního povrchu brány v úvahu i další faktory či skutečný povrch terénu. Vstupním parametrem je vždy

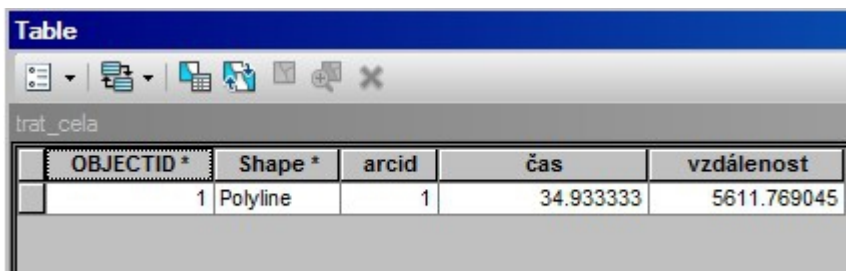
zdrojová buňka, frikční rastr a rastr povrchu [2]. Horizontální faktor může být pro potřeby nástroje zanedbán proto dalším parametrem je faktor vertikální, který do skriptu vstupuje formou tabulky, která je pro uživatele předpřipravena. Výstupem nástroje Path Distance je ohodnocený nákladový rastr vzdáleností a backlink raster (viz Obr. 1), který určuje směr do další sousední nejméně nákladné buňky [3].

Druhý nástroj, který na základě nákladového povrchu vypočítá nejlevnější trasu se nazývá Cost Path. Povinnými parametry jsou cílová buňka, distance raster a backlink raster. Výsledkem je rastr s nejlevnější cestou, který obsahuje důležitý atribut PATHCOST, vyjadřující součet frikce dané nejlevnější cesty. Z tohoto součtu je v následujícím kroku pomocí nástroje CalculateField_management vypočítán tzv. koeficient času. Je vycházeno z průměrné rychlosti závodníka v minutách na 1 km. Protože, velikost pixelu byla nastavena na 1 metr, prostřednictvím atributu COUNT známe tedy uraženou vzdálenost, když poté zjistíme kolik vteřin je potřeba k uražení dané vzdálenosti zvoleným tempem, lehce již spočítáme, kolik metrů urazí běžec za 1 vteřinu a zjistíme koeficient času, kterým je potřeba atribut PATHCOST vydělit. Pro testovaný závod bylo zvoleno tempo 5 min/ km a pomocí něj odvozen výsledný koeficient času – 80. Je nutné podotknout, že nástroj počítá s konstantní rychlostí po celý závod. Nástroj nemodeluje případnou únavu závodníku na konci závodu. Protože, jedná o rastrovou vrstvu, v následujícím kroku byla převedena na vektor pro lepší vizualizaci výsledků. Tady by mohl skript skončit pokud by se jednalo o skript pro jednotlivé postupy. Skript pro celou trať však musí spočítat čas všech postupů mezi po sobě následujícími kontrolami. Z tohoto důvodu byl do skriptu přidán další cyklus, kde počet cyklů byl opět určen pomocí nástroje GetCount_management. Bylo nutné si uvědomit, že pro poslední kontrolu (cíl), již není nutné počítat potřebné rastry a proto byl počet cyklů snížen o jeden. Důležitým prvkem v každém cyklu byla nutnost načtení postupně za sebou jdoucích zdrojových buněk a vytvoření distance rastru a backlink rastru pomocí nástroje Path Distance, poté načtení konkrétní cílové buňky a rastrů vytvořených pro danou zdrojovou buňku v předešlém kroku do nástroje Cost Distance a uložení do výsledné rastrové vrstvy. Následně pomocí nástroje Merge_management vždy připojit k již existující vypočtenému postupu. Vzniklá první výsledná vektorová vrstva, která obsahovala jednotlivé postupy, které v atributové tabulce obsahují atribut čas s časem ve vteřinách a atribut vzdálenost se vzdáleností v metrech (viz Obr. 3).

| OBJECTID | Shape | arcid | čas | from_node | to_node | vzdálenost |
|----------|----------|-------|-----|-----------|---------|------------|
| 1 | Polyline | 1 | 56 | -2 | -1 | 151.384776 |
| 2 | Polyline | 1 | 122 | -1 | -2 | 328.806133 |
| 3 | Polyline | 1 | 163 | -2 | -1 | 444.923882 |
| 4 | Polyline | 1 | 55 | -1 | -2 | 148.296465 |
| 5 | Polyline | 1 | 43 | -1 | -2 | 120.254834 |
| 6 | Polyline | 1 | 198 | -2 | -1 | 518.764502 |
| 7 | Polyline | 1 | 40 | -2 | -1 | 108.63961 |
| 8 | Polyline | 1 | 42 | -1 | -2 | 112.083261 |
| 9 | Polyline | 1 | 76 | -1 | -2 | 188.462987 |
| 10 | Polyline | 1 | 99 | -1 | -2 | 267.63961 |
| 11 | Polyline | 1 | 25 | -1 | -2 | 65.982756 |

Obr. 3. Atributová tabulka výsledné vektorové vrstvy s jednotlivými postupy.

Druhá výsledná vektorová vrstva vznikla spojením jednotlivých postupů z první výsledné vrstvy pomocí nástroje Dissolve_management, sečten čas a vzdálenost. Čas byl pro lepší přehlednost převeden na minuty. Druhou výslednou vektorovou vrstvou je tedy záznam celé trati, která po otevření atributové tabulky opět obsahuje atributy čas, tentokrát v minutách a vzdálenost v metrech. (viz Obr. 4).



| OBJECTID* | Shape* | arcid | čas | vzdálenost |
|-----------|----------|-------|-----------|-------------|
| 1 | Polyline | 1 | 34.933333 | 5611.769045 |

Obr. 4. Atributová tabulka výsledné vektorové vrstvy pro celou trať.

4.2 Skript pro výpočet času vítěze pro jednotlivý postup

Z důvodu náročného výpočtu skriptu pro celou trať byl vytvořen také skript pro výpočet času vítěze pro jeden postup. Jádrem skriptu je velmi podobné, tvoří jej opět nástroje Path Distance a Cost distance. Místo vektorové vrstvy všech kontrol vstupují dvě samotné bodové vrstvy kontrol, mezi kterými chceme vypočítat vítězný čas. Tyto bodové vektorové vrstvy je možné vyexportovat přímo z programu OCAD. Není proto nutné řešit počáteční rozdělování vektorové vrstvy se všemi kontrolami. Vzhledem k faktu, že skript pracuje pouze se dvěma rastry a finálním výsledkem je jen jedna vektorová vrstva s atributy čas ve vteřinách a vzdálenost v metrech, není nutné zde využívat žádných složitých cyklů. Postup jednotlivých kroků ve skriptu byl již popsán v předešlé podkapitole.

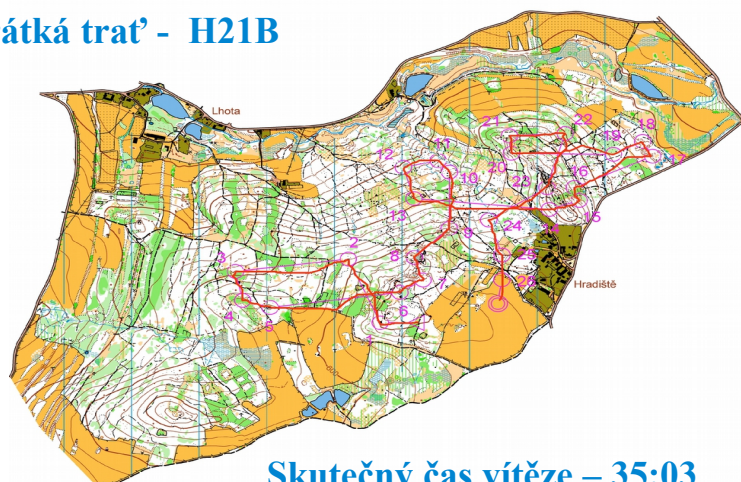
5 Výsledky

Výsledkem této diplomové práce je nástroj, který obsahuje dva skripty a to skript pro odhad vítězného času pro celou trať a skript pro výpočet času vítěze pro jednotlivý postup. Oba skripty byly testovány na konkrétních závodech orientačního běhu. Po každém výpočtu byl výsledný čas vždy porovnán se skutečnými výsledky závodu. Ty jsou dostupné v centrálním systému Českého svazu orientačních sportů ORIS. Součástí tohoto systému jsou nejen výsledky celkové, ale i výsledky s jednotlivými mezičasy mezi kontrolami. Tím mohly být v rámci testování porovnány i časy vítězů jednotlivých postupů. Důležitý však není pouze čas, ale i zobrazení výsledné trasy, ta by se měla schodovat s nejvýhodnější variantou zvolenou samotnými závodníky. Na serveru obpostupy.cz obvykle pořadatelé závodů v orientačním běhu zasílají data map, tratí a mezičasů, následně si zde závodníci mohou manuálně zakreslit své

postupy a porovnat s ostatními, již zakreslenými. Díky této aplikaci mohly být porovnány vypočítané trasy s reálnými variantami závodníků.

Modelovým závodem byl vybrán závod kategorie H21B (hlavní kategorie mužů) žebříčku B Čechy, konaný 26.6. 2011. Jednalo se o krátkou trať, která byla uspořádána u příležitosti Mistrovství Evropy dorostu v orientačním běhu. Jednalo se tedy typicky středoevropský terén. Směrný čas této disciplíny pro kategorii H21 je 35 minut. Výsledný čas vypočtený pomocí nástroje vyšel 34 minut a 54 vteřin. Skutečný dosažený čas vítěze byl 35 min 3 vteřiny. Z toho je patrné, že výsledky nástroje (viz Obr. 5) velmi přesné a tím i vyhovující.

Krátká trať - H21B



Skutečný čas vítěze – 35:03

Výsledný vypočítaný čas – 34:51

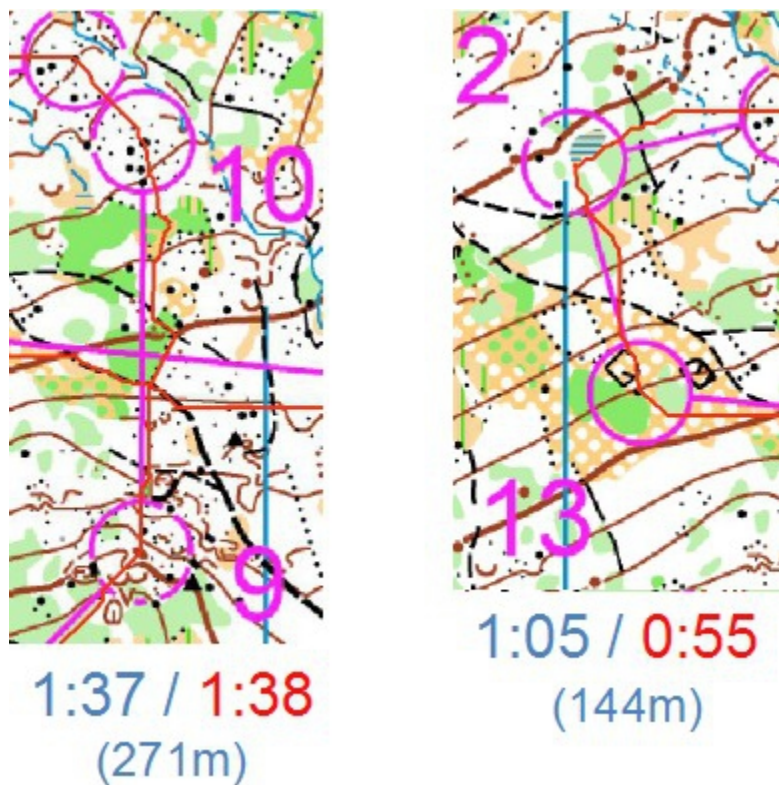
Obr. 5. Trať kategorie H21B a nástrojem vypočítaná neoptimálnější trasa.

Při podrobnější analýze výsledků jednotlivých nástrojem vypočítaných postupů mezi kontrolami bylo zjištěno, že časové odchylky jsou v řádu desítek vteřin.



6:12 / 6:18

(514m)



Obr. 6. Ukázky vypočítaných postupů s porovnáním skutečných vítězných časů.

6 Publikování nástroje

Publikování nástroje bylo velmi důležitou součástí práce. Bylo nezbytné zajistit, aby uživatelé měli k nástroji přístup a mohli ho jednoduše spustit. Nástroj byl v ArcGIS Desktop 10.1. exportován do geoprocessing package a ten následně publikován pomocí webového řešení společnosti Esri ArcGIS Online [1]. Zde si mohou uživatelé nástroj vyhledat, stáhnout a jednoduše spustit v programu ArcGIS Desktop 10.1. V „nástrojovém balíčku“ jsou připraveny oba skripty. Stačí tedy pouze nahrát připravená data a příslušný skript spustit.

7 Závěr

Výsledkem diplomové práce je vytvořený nástroj, který má pomoci stavitelům tratí při stavbě tratí. Tratě musí odpovídat směrným časům, ty jsou pro jednotlivé kategorie a disciplíny stanoveny soutěžním řádem ČSOS. Výsledkem skriptu pro určení vítězného času pro celou trať, jsou dvě liniové vrstvy z nichž jedna obsahuje v

atributové tabulce jednotlivé postupy s vypočítaným časem a vzdáleností. Druhá poté vypočítaný celkový čas tratě a celkovou délku tratě. Skript pro výpočet času vítěze pro jednotlivý postup byl vytvořen pro ověření klíčových postupů plánované tratě. Výsledkem je opět liniová vrstva obsahující vypočítaný čas a uraženou vzdálenost. Celý nástroj by měl sloužit uživatelům k odhadnutí vítězných časů při testování byl vybrán typický střeoevropský terén, na kterém nástroj fungoval s velkou přesností. Je nutné podotknout, že pro terény ve specifických oblastí (skály, závrtý) nemusí být nástroj dosahovat tak přesných výsledků. Tento problém by však mohl být v budoucnosti řešen vytvoření modelových „šablon“ nutné pro reklasifikaci a tvorbu rastru frikce.

Reference

1. Esri, <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/arcgis/arcgis-online/>, ArcGIS Online.
2. Esri, <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/arcgis/arcgis-online/>, ArcGIS Online., Cost Path.
3. Esri, <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009z0000001q000000>, Path Distance.
4. Esri, http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/How_the_path_distance_tools_work/009z00000027000000/, How the path distance tools work.
5. JIRÁSEK. O. *Testování anizotropních frikčních povrchů v GIS*, UP Olomouc, 2009, Olomouc
6. MEZNÍKOVÁ L. *Analýza nejkratších cest na mapách pro orientační běh*, ČVUT, 2011, Praha