

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Jiří JANKŮ

**VYMEZENÍ VIDITELNOSTI OBLOHY PRO
PLÁNOVÁNÍ MĚŘENÍ GPS**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Jana Svobodová

Olomouc 2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Geoinformatika a geografie vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Jany Svobodové.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 23. květen 2011

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Janě Svobodové za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji Ing. Zdeně Dobešové, Ph.D. za velmi přínosné konzultace nad skriptem.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří JANKŮ**
Osobní číslo: **R08218**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Název tématu: **Vymezení viditelnosti oblohy pro plánování měření GPS**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Hlavním cílem práce je vytvoření postupu (algoritmu zpracovaného ve formě skriptu pro ArcGIS) pro automatické vymezení viditelnosti oblohy při plánování měření GPS. Tento postup bude vycházet z použití již existujícího digitálního modelu reliéfu, který bude doplněn o prvky zabraňující výhledu, popř. bude použit přímo digitální model povrchu. Výstupem bude textový soubor obsahující údaje o jednotlivých horizontálních a vertikálních úhlech vymežujících hranici obzoru. Struktura tohoto souboru bude umožňovat jeho přímé použití v softwaru Planning společnosti Trimble. Použitelnost algoritmu bude ověřena srovnáním s terénním měřením.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O bakalářské práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr bakalářské práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

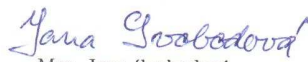
Seznam odborné literatury:

Miřijovský, J. (2007): Hodnocení podmínek využitelnosti GPS jako zdroje geografických dat v NP České Švýcarsko. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF, Ostravská univerzita v Ostravě, 57 s.
Popelka, S. (2010): Analýzy viditelnosti a jejich vizualizace, Diplomová práce, Katedra geoinformatiky, PřF, Univerzita Palackého v Olomouci, 65 s.
Rapant, P. (2002): Družicové polohové systémy. VŠB ? TU Ostrava, Ostrava, ISBN 80-248-0124-8.
Strang, G., Borre, K. (1997): Linear Algebra, Geodety, and GPS. Wellesley, Cambridge Press, 640 s., ISBN 0-9614088-6-3.
Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jana Svobodová
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: 13. června 2010

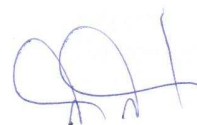
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2011


Mgr. Jana Svobodová

vedoucí práce

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOINFORMATIKY
tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc
-1-

L.S.



Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.

vedoucí katedry

V Olomouci dne 13. června 2010

OBSAH

ÚVOD	7
1 CÍLE PRÁCE	8
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	9
2.1 Použité programy	9
2.2 Použitá data	9
2.3 Postup zpracování	10
3 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	11
3.1 Základy měření.....	11
3.1.1 Kódová měření.....	13
3.1.2 Fázová měření.....	13
3.1.3 Dopplerovská měření.....	13
3.2 Existující práce.....	13
3.2.1 Sada nástrojů GNSS Prediction Tools.....	13
4 SKRIPT	14
4.1 Import nástrojů	16
4.2 Tvorba tabulky	16
4.3 Bearing Distance To Line a tvorba viditelnosti	17
4.4 Body na hranici viditelnosti	18
4.5 Near analysis	19
4.6 Vytvoření dotazu	20
4.7 Výpočet a výpis elevačních úhlů.....	21
4.8 Výpočet a výpis GPS souřadnice bodu	22
5 TESTOVÁNÍ	24
5.1 Příprava měření bez skriptu	24
5.2 Příprava měření s skriptem.....	26
5.3 Závěr	27
6 VÝSLEDKY	30
7 DISKUSE	31
7 ZÁVĚR	32
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
SUMMARY	
PŘÍLOHY	

ÚVOD

Globální navigační satelitní systémy (GNSS), kdo by je v dnešní době neznal? Zejména americký GPS systém nás jako dobrý společník již léta doprovází při cestách automobilem nebo na výletech v přírodě (Miřijovský, 2008).

Podle P. Rapanta (2002) byl globální navigační systém navržen tak, aby umožňoval všem odpovídajícím způsobem vybaveným uživatelům vysoce přesné určování třírozměrné polohy a rychlosti a dále získávání přesného časového signálu.

Proto je tento systém hojně využíván v geodézii, kartografii a jiných odvětvích, které mají za úkol lokalizovat přesně místa na reálném povrchu. Například pokud by se přesně neplánovalo a nezaměřovalo při výstavbě silnic a dálnic, po kterých každodenně projede tisíce aut, mohlo by se stát, že řidiči aut nedojedou do předem požadovaného cíle a cesta je dovede naprosto jinam.

Kartografické, geodetické a GIS aplikace vyžadují přesnost mnohem vyšší než aplikace určené běžnému uživateli (Miřijovský, 2008).

Existuje mnoho způsobů jak zdokonalit měření a zvýšit tak přesnost měření v bodě. V případě pokud budeme používat globální navigační systém pro měřičské aplikace, náročnost na přesné měření je velmi vysoká. Proto se používá tzv. statické měření. V reálu to vypadá tak, že jeden přijímač je umístěn na bodě, u kterého známe přesné souřadnice a ten druhý přijímač je na místě, které chceme přesně změřit. Toto měření je velice přesné, ale přijímače, takto musí měřit zhruba hodinu, takže je i velmi zdlouhavé. Druhý způsob je tzv. dynamické a liší se tím, že druhý přijímač se může pohybovat a tím pádem získávat více bodů v přílehlé oblasti.

Tyto metody jsou velice náročné na materiál, ale docílit přesných měření lze i bez tohoto. Měření pomocí GPS si můžeme i naplánovat. Pomocí freewarové aplikace Planning od firmy Trimble je možné zjistit jaká bude nejvhodnější doba pro měření. Stačí nám jen vědět jaká je míra zastínění oblohy v daném bodě a program Planning se už postará o výpočet. I když se zdá, že metoda je velice rychlá, tato bakalářská práce se jí pokusí ještě zrychlit.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je vytvoření postupu (algoritmu zpracovaného ve formě skriptu pro ArcGIS Desktop v. 10) pro automatické vymezení viditelnosti oblohy při plánování měření GPS. Tento postup bude vycházet z použití již existujícího digitálního modelu reliéfu, který bude doplněn o prvky zabraňující výhledu, popř. bude použit přímo digitální model povrchu. Výstupem bude textový soubor obsahující údaje o jednotlivých horizontálních a vertikálních úhlech vymezujících hranici obzoru. Struktura tohoto souboru bude umožňovat jeho přímé použití v softwaru Planning společnosti Trimble. Použitelnost algoritmu bude ověřena srovnáním s terénním měřením.

Celá práce bude postupovat v těchto bodech:

- Načtení literatury, která se týká tématu.
- Vytvoření teoretického postupu skriptu
- Nastudování jednotlivých metod v postupu skriptu
- Vytvoření skriptu
- Otestování skriptu v terénu
- Sepsání textové části bakalářské práce.

Celkový postup není časově naplánovaný. Je možné přeskokování jednotlivých bodů, ale cíl práce zůstává stále stejný.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Práce se věnuje vytvoření skriptu, který by zjednodušil plánování měření pomocí GPS. Pro realizaci byl zvolen skriptovací jazyk Python a byly použity nástroje softwaru ArcGIS Desktop v. 10. Celý postup byl testován na datech poskytnuté Katedrou geoinformatiky. Tyto data nebyly nijak upravovány.

2.1 Použité programy

Programy použité pro tvorbu této bakalářské práce jsou tři. První je ArcGIS, který již byl určen při zadání práce. Bylo však otázkou jakou verzi této aplikace zvolit. Dostupné byly verze 9.3 a relativně novější 10, která byla zvolena jako nejvhodnější. Vybrána byla hlavně díky nástroji Bearing Distance to Line, který je hlavním nástrojem celého skriptu. Ve verzi 9.3 tento nástroj není dostupný, proto další tvorba skriptu nebyla možná.

Druhým programem byl Pythonwin 2.6.5, ve které byl psán kód. Verze aplikace je nejnovější, která je kompatibilní s ArcGIS a verzí 10. Program byl vybrán hlavně kvůli znalosti a také jednoduchosti skriptovacího jazyka. Aplikace není licenčně zatížena, je volně šířena na oficiálních stránkách programu.

Poslední je pak software Planning od firmy Trimble. Je to volně šířitelný program, který umožňuje naplánovat měření v terénu pomocí GPS. Pro tuto aplikaci je určen výstup této bakalářské práce. Měl by ještě zjednodušit a hlavně urychlit plánování a také ho zpřesnit.

2.2 Použitá data

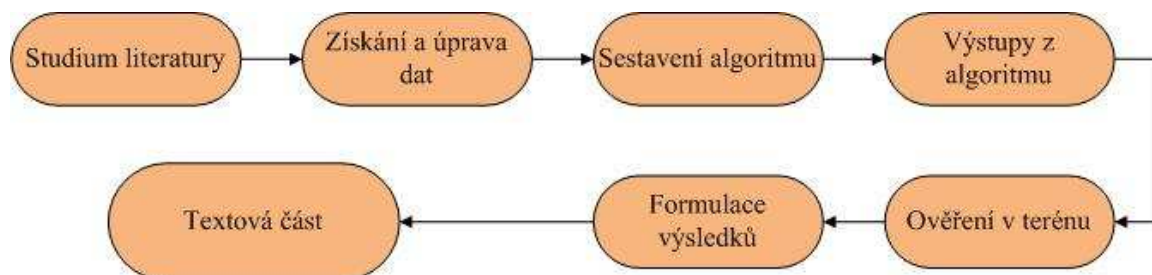
Jediná data použita pro tuto bakalářskou práci byly použity jako podklady pro tvorbu testovacího digitálního modelu reliéfu. Byly poskytnuty vedoucím práce a jsou to data dříve použita na jinou diplomovou práci.

2.3 Postup zpracování

Prvním krokem tvorby bakalářské práce bylo seznámení se s literaturou a získání internetových zdrojů, které by se zabývali problematikou tvorby digitálních modelů, počítání viditelnosti a jakákoli automatizace.

Po vyhledání a nastudování literatury, určení programů použitelné pro tvorbu práce a získání dat, bylo možno naplnit tvorbu skriptu. Vypracování postupu (viz. obr. 2.1) při tvorbě skriptu byl nejdůležitější krok. Byly pečlivě vybrány nástroje, které svými vstupními a výstupními parametry nejvíce vyhovovaly potřebám algoritmu a postupně byly na sebe navazovány tak, aby tvořili fungující skript.

Závěrečná testování byla provedena v lokalitě stejné jako byly data poskytnutá k tvorbě digitálního modelu reliéfu. Nejdříve musel být vytvořen nejvhodnějším způsobem digitální model a na něm byl spuštěn vytvořený algoritmus. Výstupem nástroje byly dva textové soubory. Do prvního z nich byly zapsány přesné GPS souřadnice v terénu zadaného bodu do analýzy. Do druhého textového souboru byly zapsány vertikální a elevační úhly z daného bodu. Tento soubor byl vložen do softwaru Planning firmy Trimble a byla vypočtena nejvhodnější doba měření pomocí GPS v terénu. Dalším krokem byly už terénní měření a ověřování správnosti výpočtu vytvořeného skriptu.



Obr. 2.1 Schéma postupu práce

3 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Aby měření, které by se dalo použít dále ke kartografickým nebo geodetickým účelům, bylo přesné, je třeba použít dalších metod, které data zpřesní. Některé z nich nejsou nikterak složité a mohou napomoci k lepší orientaci i základním uživatelům. Naproti tomu existují metody, které jsou softwarově a časově náročné.

3.1 Základy měření

Přijímač přijímá signál satelitů, které obíhají po určitých drahách kolem Země. Pokud přijímač zachytí více signálů od více satelitů, výpočty polohy jsou přesnější. Pokud jsou tři, dokáže spočítat velmi přesně polohu přístroje na zemském povrchu. Pokud se počty signálů zvyšují, přesnost se již závratně nezvětšuje. Z těchto signálů pak přístroj počítá vzdálenost od satelitu, u kterého je poloha velmi přesně známa.

Družicové navigační systémy jsou pasivní systémy, což znamená, že přijímač určuje vzdálenost k několika družicím a svou polohu zjistí následným protínáním. K určování vzdáleností k družicím slouží tři metody:

- Kódová měření
- Fázová měření
- Dopplerovská měření

3.1.1 Kódová měření

K tomuto měření se používají dálkoměrné kódy, které jsou vysílány družicemi. Pomocí těchto značek je poté možno určit čas kdy byla vysílána jaká část signálu.

Přijímač pracuje tak, že ve vstupním signálu, přicházejícím z družice, identifikuje dálkoměrný kód příslušné družice, zjistí čas odeslání a přijetí jedné sekvence kódu a ze zjištěného časového rozdílu určí vzdálenost mezi přijímačem a družicí pomocí jednoduchého výpočtu (Rapant, 2002).

Tímto výpočtem však nezjistíme skutečnou vzdálenost, ale jen pseudovzdálenost (zdánlivou vzdálenost). Tato nepřesnost vzniká v důsledku nesynchronnosti času přijímače a systémového času družicového navigačního systému. Na tento výpočet vzdálenosti může mít také vliv atmosféra, která svým stavem ovlivňuje šíření signálů. Pokud přijímač zachytí tímto způsobem alespoň čtyři družice a spočítá jejich pseudovzdálenost, je schopný určit polohu přijímače a opravit stav svých vlastních hodin.

3.1.2 Fázová měření

Jsou založena na počítání vlastní nosné vlny, které se nacházejí mezi přijímačem a družicí. Tento počet se skládá jednak z celočíselného násobku nosných vln (který se dost obtížně určuje) a jednak z desetinné části, kterou je přijímač naopak schopen určit relativně velmi přesně (Rapant, 2002) Tato měření proto vykazují tzv. celočíselnou nejednoznačnost, která se rovná celočíselnému počtu vlnových délek mezi přijímačem a družicí. Pro výpočet této neznámé bylo vytvořeno mnoho postupů a metod, které umožní vypočítání přímo v reálném čase anebo při následném zpracování.

Pokud přijímač již jednou určí počáteční celočíselnou nejednoznačnost, je pak už velice snadné sledovat změny ve fázovém posunu a počtu nosných vln, které se mění v závislosti na pohybu přijímače.

Při pohybu terénem může nastat fázový skok, což je přerušování sledování nosných vln. Přijímač již není dále schopen počítat vlnové délky a je nucen spočítat celočíselnou nejednoznačnost znovu. Tím se měření zpomaluje a zneprůhledňuje. I přes tuto nevýhodu je měření pomocí této metody velice přesné a je možno dosáhnout přesnosti dosahující až na milimetry.

3.1.3 Dopplerovská měření

Poslední z metod je založeno na zjišťování Dopplerova posunu. Tento frekvenční posun je po určité době měřen a pak na základě získaných údajů je vypočtena změna radiální mezi družicí a přijímačem.

Tato metoda lze využít na měření polohy, ale mnohem vhodnější je pro určování rychlosti pohybu přijímače.

3.2 Existující práce

Práce zabývající se tématem přípravy měření GPS je opravdu málo. Práce nebo studie, které by při této přípravě pracovali i s digitálním modelem reliéfu či povrchu je ještě méně. Po pátrání po pracích související s tématem této bakalářské práce byla nalezena jen jedna.

3.2.1 Sada nástrojů GNSS Prediction Tools

Tento doplněk programu ArcGIS 9.3 je tzv. toolboxem (sady nástrojů). Jeho hlavní funkcí je tvorba dostupnosti signálu GNSS s ohledem na reliéf a překážek na něm.

Nástroj se skládá z více navazujících modulů, které mají své vlastní výsledky. Jeden ze zajímavějších je modul SatellitePosition, který počítá polohu satelitů a to buď off-line nebo on-line. Má za úkol získání a zpracování almanachů. Další funkcí je pak výpočet polohy družice.

Nástroj se liší od skriptu této bakalářské práce výstupy. Zatímco u tohoto nástroje jsou výstupem indexované rastrové mapy vyjadřují počet družic v určité oblasti. U algoritmu vystupující z bakalářské práce jsou výstupem dva textové soubory. První textový soubor je s elevačními a horizontálními úhly. Ve druhém textovém souboru jsou zapsány přesné GPS souřadnice bodu.

Tvůrcem je Ing. David Vojtek, Ph.D. z Ostravské univerzity. Nástroj a další informace lze stáhnout z osobních stránek vypracovatele.

4 SKRIPT

Postup (viz. obr. 4.1) je vypracováván pro ArcGIS 10. Tato verze je vybrána pro její aktuálnost a především pro vhodnost obsažených nástrojů (verze programu se většinou liší i obsaženými nástroji). Pro správný chod je nutné vlastnit licenci ArcInfo. Algoritmus je tvořen v prostředí Pythonwin 2.6.5. Další postup je vytvoření toolboxu, který bude obsahovat veškeré náležitosti.

K toolboxu je vytvořena nápověda a popisky, které zabezpečí správné vkládání hodnot do nástroje. Tyto texty jsou napsány v angličtině. Avšak nepředpokládá se volné šíření nástroje.

Ověření správnosti a použitelnosti skriptu je provedeno přímým měřením v terénu. Nejdříve je použit algoritmus a vytvořen digitální model reliéfu a digitální model terénu. Tyto modely jsou vytvořeny z dat poskytnutých katedrou. Ověření v terénu bude měřením elevačních úhlů v daném bodě. Tyto údaje jsou porovnány s vypočtenými hodnotami.

Vstupy skriptu je bodová vrstva, ve které je zaznačen bod měření a druhý vstup je digitální model. Další parametr důležitý při vstupu je souřadnicový systém, ve které jsou obě dvě vložené vrstvy. K nástroji Bearing Distance To Line vstupují parametry délky a jednotky délky. Posledním zadávaným parametrem je cesta k souboru, který slouží jako workspace a budou se do něj ukládat mezivýstupy.

4.1 Import nástrojů

Na prvním řádku skriptu je importování balíčku ArcPy. Tento balíček je nástupcem modulu arcgisscripting a jeho cílem je vytvořit základ pro produktivní a užitečný způsob práce s geografickými daty, s konverzí dat, správou dat a mapovou automatizací pomocí jazyka Python.

Po importu Arcpy, je možno spustit standardní nástroje, které byli nainstalovány s programem ArcGIS. Například to jsou balíčky nástrojů Analysis, Data Management a nebo Spatial Statistics.

Ukázka 1 – Import modulů

```
import arcpy
from arcpy import env
from arcpy.sa import *
import sys, math
```

Každý balíček nástrojů je vázán na licenci, ve které je distribuován. Je dobré proto na začátku zkontrolovat dostupnost potřebné licence. Pro bakalářskou práci je vyžadována licence ArcInfo a proto v ukázce 2 testujeme její přítomnost

Ukázka 2 – Ověření licence

```
if arcpy.CheckProduct ("ArcInfo") <> "Available":
    arcpy.AddMessage ("Licence Arcinfo is Available")
else:
    arcpy.AddMessage ("Licence ArcInfo is not Available")
```

4.2 Tvorba tabulky

Další částí skriptu je tvorba tabulky. Tady je důležité, aby se uživatel řídil náповědou vytvořenou v nástroji. Soubor template.dbf musí být zadán v parametru workspace. Není důležité kde nebo v jakém adresáři bude uložen, ale musí být k němu zadána v parametru workspace cesta.

Tato tabulka je nejdříve zcela vymazána a vzápětí jsou do ní nahrány hodnoty. Ty jsou vepisovány ve smyčce. V tabulce je vytvořeno 360 řádků. V každém řádku je nejdříve horizontální úhel, který začíná 0° a končí hodnotou 359°. Další je x a y souřadnice vloženého bodu a poslední je hodnota vloženého parametru distance.

Ukázka 3 – Tvorba tabulky

```
arcpy.AddXY_management (bod)

# Clear the table
arcpy.DeleteRows_management("template.dbf")

# The value obtained from the point attribute table
rows = arcpy.SearchCursor(bod, "", "", "point_x; point_y")

# Writing x and y coordinates of the embedded point
for row in rows:
    souradx= row.POINT_X
    sourady= row.POINT_Y

# Insertion values into a table
rows = arcpy.InsertCursor("template.dbf")

# Creating 360 new row with values
x = 0
while x <= 359:
    row = rows.newRow()
    row.angle = x
    row.x = souradx
    row.y = sourady
    row.distance = distance
    rows.insertRow(row)
    x += 1

# Delete cursor lines and removing protection for data
del rows, row
```

4.3 Bearing Distance To Line a tvorba viditelnosti

Asi nejdůležitějším nástrojem celého skriptu je Bearing Distance To Line. Do této metody vstupuje tabulka, která byla vytvořena v předešlém kroku, parametr jednotky délky a souřadnicový systém. Nástroj vytvoří z těchto proměnných vrstvu, ve které jsou vykresleny linie vedoucí z jednoho bodu o určité vzdálenosti a v určitém úhlu. Vznikne tedy různice linií a v případě vytvořeného skriptu, 360 linií.

Další částí je vytvoření viditelnosti z vloženého bodu na vloženém digitálním modelu. Metoda vypočítá plochy, které jsou z bodu viditelné. Tyto plochy však spolu nemusí být v kontaktu. Je možné, že budou i ve větší vzdálenosti od bodu.

Ukázka 4 – Bearing Distance To Line a tvorba viditelnosti

```
table = "template.dbf"
ruzice_shp = "ruzice.shp"

arcpy.BearingDistanceToLine_management(table, ruzice_shp,
"X", "Y", "DISTANCE", units, "ANGEL", "DEGREES", "GEODESIC",
"", spatialReference)
```

4.4 Body na hranici viditelnosti

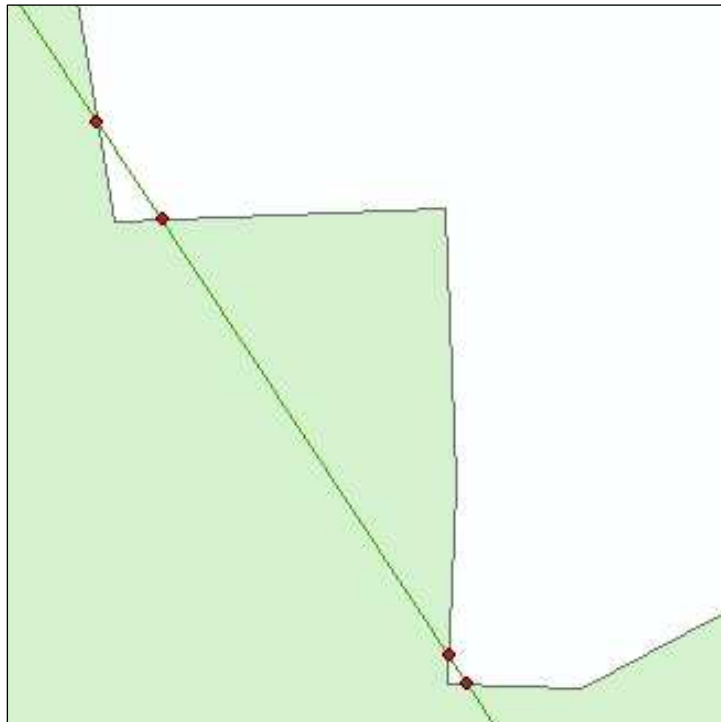
Jakmile máme vytvořenou analýzu viditelnosti z bodu a vytvořenou polygonovou vrstvu jen té části, která je viditelná a také vrstvu 360 linií vybíhající z jednoho bodu můžeme pokračovat dále.

Další postup je vytvoření bodů na hranici viditelnosti. Tohoto výsledku docílíme metodou Intersect, což znamená protínání. Přeložíme-li přes sebe vrstvu linií s vrstvou ploch viditelnosti, vzniknou nám body, ve kterých se nám tyto dvě vrstvy protkly. Je však velká pravděpodobnost, že nastane situace, kdy v jednom úhlu bude ležet více bodů (viz. obr. 4.4.1). Ve vrstvě to vypadá tak, že v jednom záznamu je více bodů. Proto převedeme pomocí metody MultipartToSinglepart množinu bodů (viz. obr. 4.4.1) na jednotlivé záznamy.

Ukázka 5 – Intersect

```
inFeatures = ["in_clip.shp", "ruzice.shp"]
intersectOutput = "hran_body.shp"
arcpy.Intersect_analysis(inFeatures, intersectOutput, "",
"", "point")

arcpy.MultipartToSinglepart_management("hran_body.shp", "single_body.shp")
```



Obr. 4.4.1 Ukázka hraničních bodů

4.5 Near analysis

Další důležitou částí je zjištění bodů, které jsou jako poslední viditelné v daném úhlu. K tomuto úkonu nám poslouží metoda Near analysis, která spočítá vzdálenost každého bodu od místa měření. Tím pádem bude mít každý bod určenou vzdálenost od bodu měření a horizontální úhel, ve kterém leží. Metodou Statistics určíme nejvzdálenější bod v každém úhlu a vypíšeme je do pomocné tabulky. Tuto tabulku zpět připojíme k všem hraničním bodům.

Ukázka 6 – Near analysis

```
inFeatures = "single_body.shp"
nearFeatures = bod
location = "true"
angle = "true"
arcpy.Near_analysis(inFeatures, nearFeatures, "", location,
angle)

arcpy.Statistics_analysis("single_body.shp", "pomocna_tab",
"NEAR_DIST MAX", "ANGEL")

arcpy.JoinField_management("single_body.shp", "NEAR_DIST",
"pomocna_tab", "MAX_NEAR_DIST", "MAX_NEAR_DIST")
```

4.6 Vytvoření dotazu

Jakmile připojíme tabulku, která má 360 záznamů, k vrstvě všech bodů které leží na hranici viditelnosti, vzniknou nám záznamy, které mají hodnotu MAX_NEAR_D rovnou nule. Tyto body nejsou poslední, které lze vidět z bodu, proto je pomocí dotazu odstraníme a vytvoříme vrstvu jen s opravdovými hraničními body.

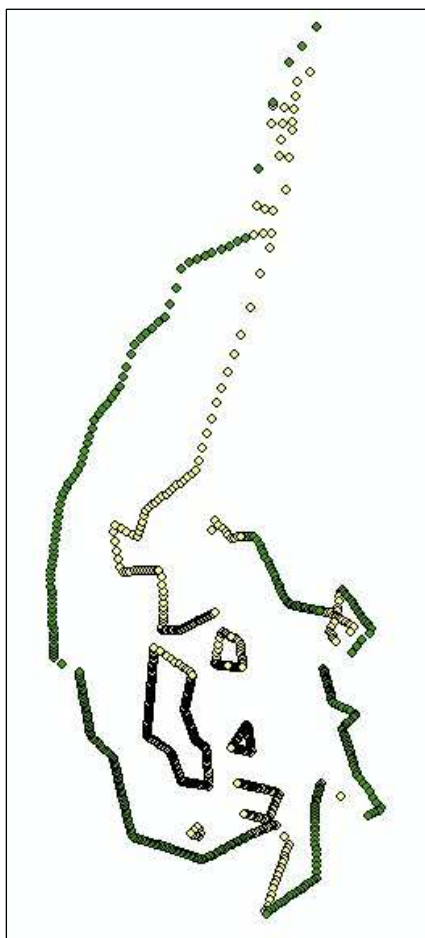
Na obrázku (viz. obr. 4.6.1) jsou poslední výsledné hraniční body zelené a body, které jsou na hranicích, ale nesplňující podmínky jsou žluté.

Ukázka 7 – Vytvoření dotazu

```
inFeatures = "single_body.shp"
lyrFile = "lyr1"
whereClause = " MAX_NEAR_D > 0 "
outFeatures = "vysledne_body.shp"

arcpy.MakeFeatureLayer_management(inFeatures,lyrFile,
whereClause)

arcpy.CopyFeatures_management(lyrFile, outFeatures)
```



Obr. 4.6.1 Ukázka výsledných hraničních bodů

4.7 Výpočet a výpis elevačních úhlů

Předposledním krokem celého postupu ve skriptu je výpočet elevačních úhlů v jednotlivých horizontálních úhlech. Postupem času byly skriptem vytvořeny a vybrány jen ty body a k nim hodnoty, které budou potřeba k dopočítání elevačních úhlů.

Celý výpočet je ve skriptu zapsána jako smyčka. Vždy se počítá elevační úhel v jednom horizontálním úhlu a ihned se zapíše do výstupního textového souboru.

Prvním krokem při výpočtu je odečtení nadmořské výšky místa měření od bodu na hranici viditelnosti. Tak nám vznikne absolutní výška bodu. Druhým krokem je výpočet úhlu. K tomu zavoláme funkci arkus tangens na podíl výšky hraničního bodu a vzdálenosti mezi místem měření a hraničním bodem. Výsledek funkce je v radiánech a proto ho pomocí funkce `math.degrees` převedeme na stupně.

Posledním krokem je výpis do textového souboru (viz. obr. 4.7.1) v takové podobě, aby mohl být soubor nahrán do programu Planning.

Ukázka 8 – Výpočet výpis elevačního úhlu

```
f = open( vypis , 'w' )
for row in rows:
    angel = row.ANGEL
    distance = row.NEAR_DIST
    altitude = row.Z
    tot_alt = altitude - bodz
    elev_angel = math.degrees(math.atan (tot_alt/distance))
    f.write (str(angel) + " " + str(elev_angel) + "\n")

f.flush ()
f.close ()
```

```
0 5.97367996174
1 5.89048619234
2 6.97302131503
3 7.71206788697
4 8.34315918515
5 8.84943493044
6 9.30276113026
7 9.76662005003
8 10.2903014048
9 10.9209352759
10 11.7080404675
11 12.6196354907
12 13.5811237831
13 14.2601498284
14 14.9224782979
15 15.4189139899
16 15.9613716932
17 16.512656508
```

Obr. 4.7.1 Ukázka výpisu elevačních úhlů

4.8 Výpočet a výpis GPS souřadnice bodu

Při výpočtu a vypsání přesné polohy bodu měření v souřadnicích GPS je velice důležitý převod souřadnicového systému. Bod může být například v projekčním souřadnicovém systému S-JTSK Křovák a ze souřadnic x a y v tomto systému bychom

nezískali přesné GPS souřadnice. Proto je nutné převést bod do systému WGS 1984 což je geografický souřadnicový systém, ve kterém pracuje většina GPS přístrojů. Jakmile je převeden bod do WGS 1984, je spuštěn nástroj, který vypočítá GPS souřadnice s přesností na vteřiny. Pak už jen stačí hodnotu vypsát do textového souboru a tím ukončit poslední nástroj skriptu.

Ukázka 9 – Převod souřadnicového systému.

```
arcpy.CreateCustomGeoTransformation_management("wgs",
spatialReference, Output_Geographic_Coordinate_System,
"GEOGTRAN[METHOD['Geocentric_Translation'],PARAMETER['X_Axis_Tra
nslation',0.0],PARAMETER['Y_Axis_Translation',0.0],PARAMETER['Z_
Axis_Translation',0.0]]")

# Change of doordinate system
outFeatureClass = "wgs_bod.shp"
out_coor_system =
"GEOGCS['GCS_WGS_1984',DATUM['D_WGS_1984',SPHEROID['WGS_1984',63
78137.0,298.257223563]],PRIMEM['Greenwich',0.0],UNIT['Degree',0.
0174532925199433]]"
method = "wgs"

arcpy.Project_management(bod, outFeatureClass, out_coor_system,
method)
```

5 TESTOVÁNÍ

Jakmile byl vytvořen skript, bylo nutné ho otestovat v terénu. Tato část bakalářské práce byla určena už v zadání práce. Testování skriptu spočívá v proběhnutí celého postupu přípravy měření pomocí GPS se skriptem i bez skriptu.

5.1 Příprava měření bez skriptu

Příprava měření pomocí GPS je velice zdoluhavý proces. Uživatel investuje mnoho úsilí do získání údajů o tom, v jaké době by měl mít nejlepší podmínky k měření.

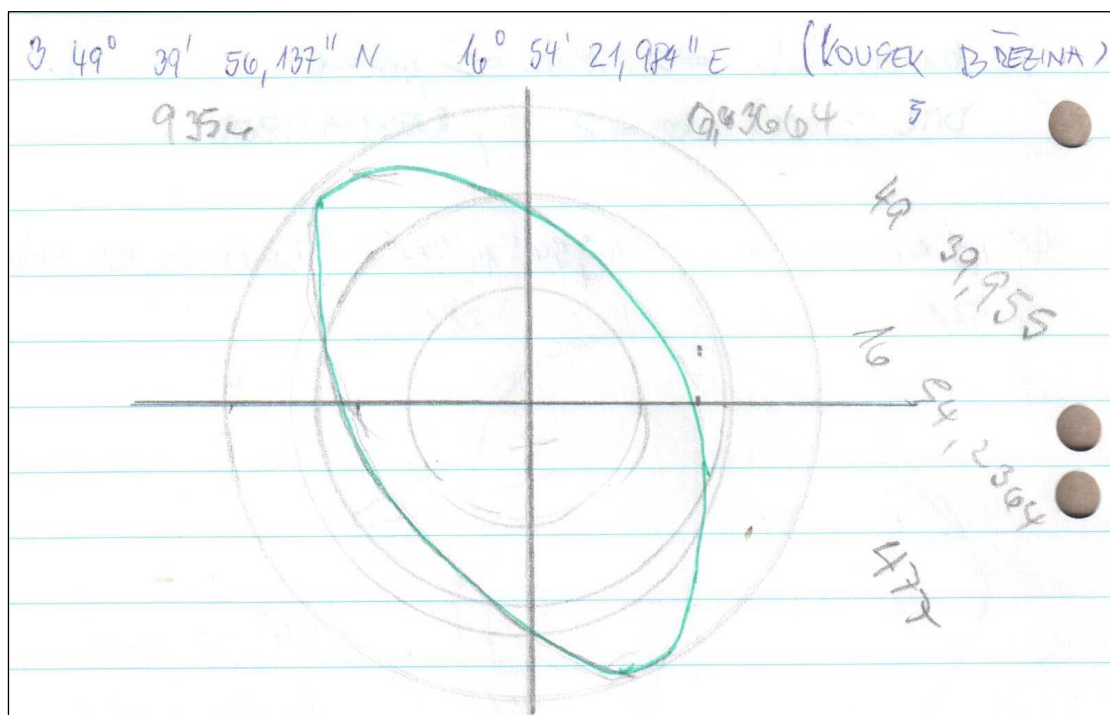
První krok při přípravě měření je vybrání bodu, ve kterém se má měření provádět. Pro základního uživatele to znamená, že mu je už předem přidán, nebo si ho sám vybere. Pro testování skriptu bylo vybráno okolí obce Javoříčko a okolí obce Hvozd u Konice. Nad mapou bylo vybráno šest bodů, které jsou v území svou polohou specifické (viz. obr. 5.1). Většinou jsou to body ležící v údolích, tak aby překážky ve viditelnosti byly co možná největší. Dva body byly vybrány v místě bod č.5 a č.6 (viz. Obr.5.1), kde překážky ve viditelnosti nejsou tak velké. Tyto rozdílné místa byly určeny proto, aby ověřili co nejvíce vytvořený skript.

Druhý krok je získání míry zastínění oblohy v místě měření. U tohoto kroku je důležité znát přesné souřadnice bodu a nebo přesně znát místo kde se bude měřit. Ne vždy vypadá oblast měření, tak jako v mapě a proto je dobré znát přesnou GPS souřadnici. Na místě se získají elevační úhly ve všech směrech. Tato část je spíše odhadování než měření. Při testování nebyl použit žádný přístroj a úhly byly získávány pomocí úhlooměru. Samozřejmě se nedalo získat elevační úhly ve všech 360 stupních a proto byly vybrány úhly, ve kterých se vyskytovaly nejvyšší a nejnižší body ve výhledu. Zbytek byl jen odhadnut a není přesný (viz. obr. 5.1.2).



Obr. 5.1 Vybrané body v mapě

V ideálním případě se sbírají elevační úhly, které jsou mezi rovinou a nejvyšším bodem. Většinou nejvyšší body bývají stromy a nebo budovy ve městě. Při testování bylo nutné brát elevační úhly mezi rovinou a nejvyšším bodem reliéfu. Nebyla tak při ruční přípravě měření zohledněna výška vegetace. Tímto způsobem se sbírali úhly kvůli porovnávání ručně vytvořeného vymezení viditelnosti oblohy a automatického vymezení viditelnosti. Ke skriptu byly poskytnuty data, ze kterých bylo možné vytvořit jen přesný digitální model reliéfu. Porovnávání a tvorbu skriptu to ničím neomezovalo, proto nebyla snaha získat data pro tvorbu digitálního modelu povrchu.



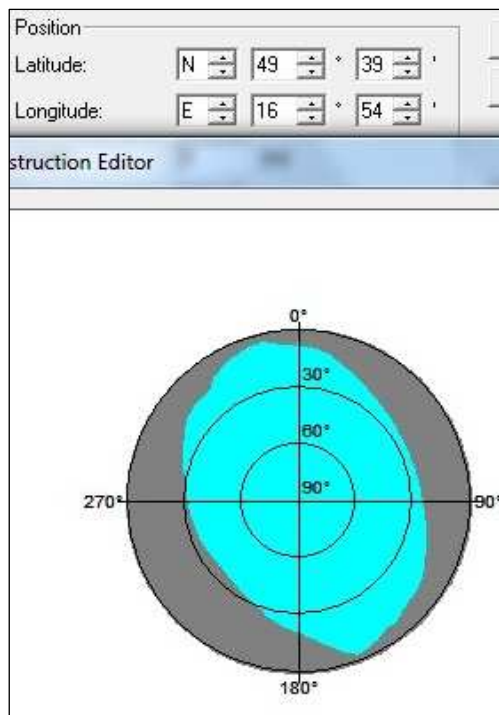
Obr. 5.1.1 Ukázka náčrtu zastínění oblohy

5.2 Příprava měření s skriptem

Navrhnutý skript zjednoduší a hlavně zrychlí a zpřesní přípravu měření v terénu. Zrychlení je díky tomu, že uživatel, který měření připravuje, nemusí do terénu a elevační úhly vypočítá již v prostředí ArcGIS. Příprava se zpřesní hlavně kvůli přesnému vypočítání elevačních úhlů. Bez skriptu jsou úhly spíše odhadovány než měřeny a se skriptem jsou počítány matematickými výpočty z přesných dat.

Při přípravě měření se skriptem je první krok získání dat pro tvorbu digitálního modelu. Nejvhodnější jsou data, ze kterých můžeme vytvořit digitální model povrchu. V modelu jsou obsaženy prvky zabraňující ve výhledu, jako jsou budovy a nebo vegetace. V tomto případě však byl použit digitální model terénu. Druhá část dat je bodová vrstva, kde je zanesen bod měření. Pokud toto všechno máme, stačí už jen spustit skript, který automaticky vypočítá všechny elevační úhly a vloží je do textového souboru. Také zapíše do druhého textového souboru přesnou polohu bodu.

Jakmile skript zakončí výpočet, je část přípravy měření GPS pomocí skriptu za námi. Pak už jen stačí vložit textový soubor do programu Planning od firmy Trimble a zadat přesnou polohu. Program vytvoří míru zastínění oblohy za nás (viz. obr. 5.2.1).



Obr. 5.2.1 Ukázka skriptem vytvořené zastínění oblohy

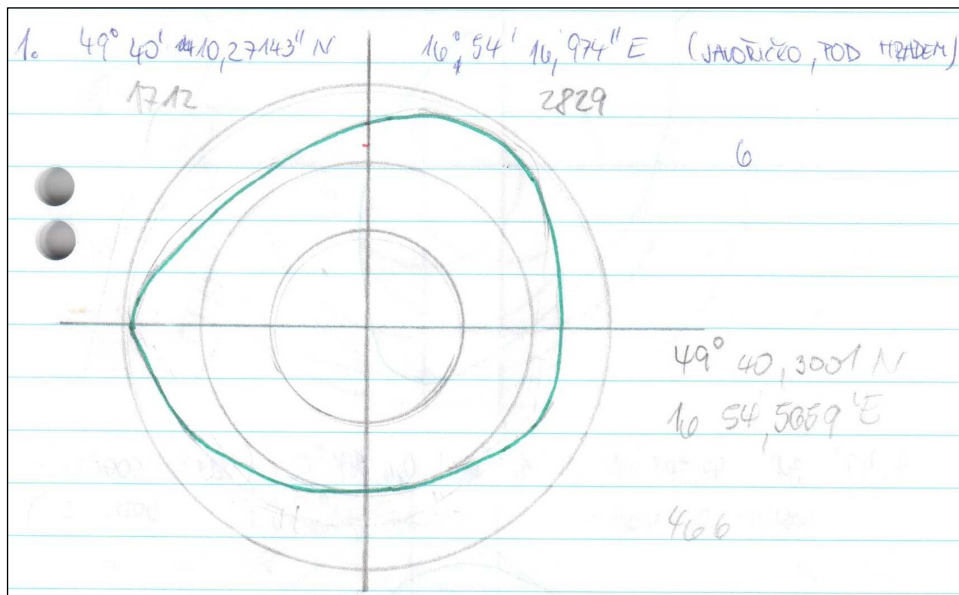
5.3 Závěr

Na závěr bych chtěl zhodnotit testování jako celek. Jak už bylo řečeno. Skript musel být ověřen, jestli opravdu elevační úhly, které vypočítává z digitálního modelu, získává správně. K tomu bylo vybráno šest bodů, na kterých nejdříve bylo naplánováno měření pomocí skriptu a dále pak připraveno měření i v terénu. Postup u obou typů již byl popsán, takže už jen zbývá porovnat výsledky.

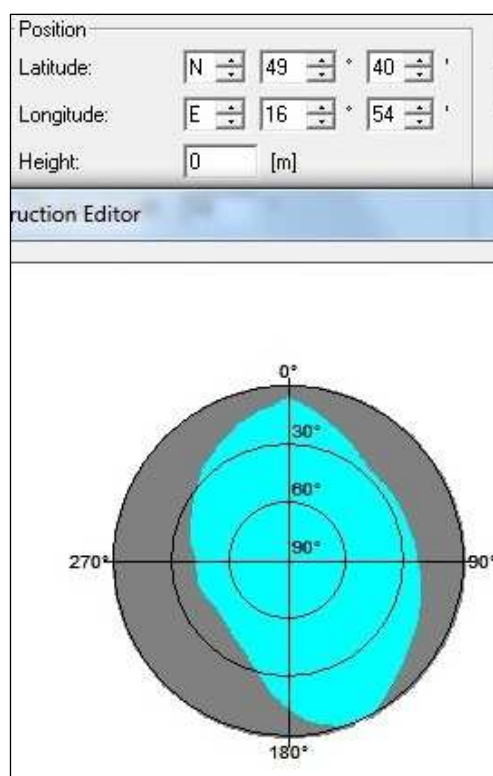
Při hodnocení je kladen důraz na podobnost vytvořených zastínění oblohy a bude kladena otázka, proč jsou výsledky zastínění jsou a nebo nejsou podobné. Ze šesti testovaných bodů byly ještě vybrány dva a ty v tomto závěru jsou rozebrány.

První pár měření bodu č.1 (viz obr. 5.1) jeví známky rozdílnosti. Zatímco plánování měření pomocí skriptu (viz. obr. 5.3.2) má nejmenší hodnoty zastínění v oblasti 160° horizontálně a to nulovou hodnotu v terénním plánování (viz. obr. 5.3.1), má tento úhel skoro největší elevační úhel. Naopak v obrázku 5.3.1 je minimální hodnota v 270°

horizontálně a v obrázku 5.3.2 je hodnota v tomto úhlu nejvyšší. Tyto odchylky mohou být zapříčiněny špatnou orientací ke světovým stranám při měření elevačních úhlů v terénu nebo špatným odhadováním.

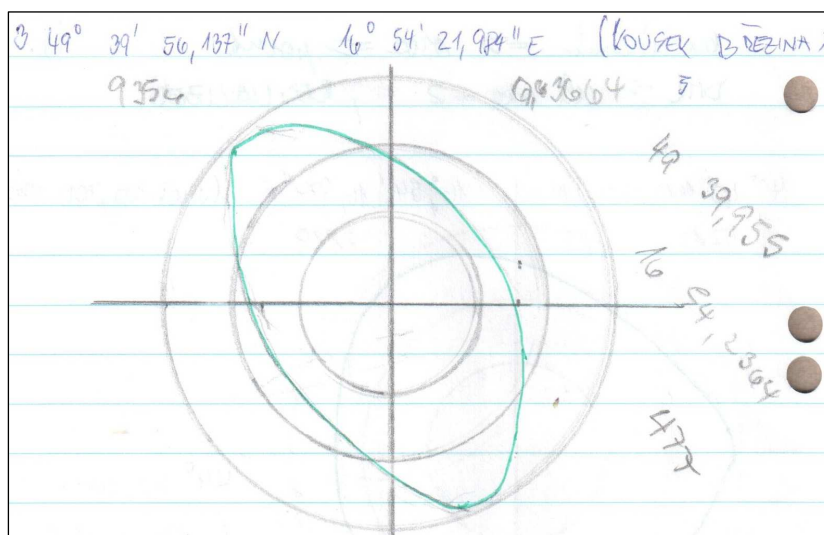


Obr. 5.3.1 Ukázka náčrtu zastínění oblohy

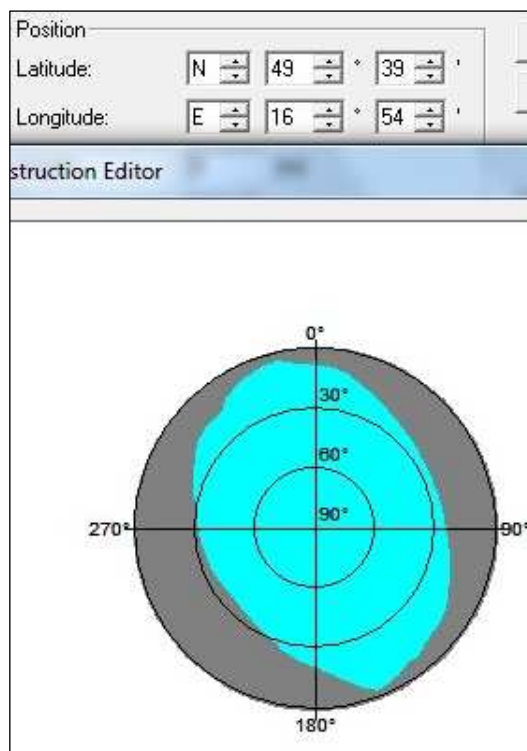


Obr. 5.3.2 Ukázka skriptem vytvořené zastínění oblohy

Druhý pár měření viditelnosti oblohy z bodu č. 3 (viz. obr.3 se zdá být podobný. Orientace ke světovým stranám odpovídá a zanesené hodnoty elevačních úhlů ve směrech je také podobná. Toto měření bylo prováděno ve velice jasně probíhajícím údolí. Vegetace nebyla hustá a proto při terénním měření nedošlo k žádné výrazné chybě, avšak stále je to jen odhadování hodnot.



Obr. 5.3.3 Ukázka náčrtu zastínění oblohy



Obr. 5.3.4 Ukázka skriptem vytvořené zastínění oblohy

6 VÝSLEDKY

Výsledkem bakalářské práce je nástroj, který automaticky vymezuje viditelnost oblohy pro plánování GPS. Vstupem tohoto skriptu jsou dvě vrstvy. Je to digitální model zájmového území a bodová vrstva, ve které je zaznamenané místo měření. Dále jsou vkládány parametry, bez kterých by skript nemohl bez problému vytvořit správné výstupy.

Výstupy jsou dva textové soubory. První soubor obsahuje údaje o horizontálním úhlu a k němu náležejícím elevačním úhlu. Záznamy jsou v takovém formátu, aby mohl být bez jakýkoli dalších úprav vložen do programu Planning od firmy Trimble. Druhý textový soubor obsahuje GPS souřadnici bodu měření. I tento údaj se vkládá do programu.

Testování skriptu proběhlo velice příznivě. Hodnoty vytvořených zastínění oblohy se ve většině případů rapidně nelišili. Stále však zůstává, že plánování měření GPS bez pomoci skriptu je bez speciálních přístrojů spíše odhadováním než měřením zastínění oblohy. V tomto ohledu by měl skript nabídnout přesné vymezení oblohy, které nezabere při plánování mnoho času.

O bakalářské práci byly také vytvořeny validní webové stránky umístěné na serveru Katedry geoinformatiky. Webová stránka stručně shrnuje cíle práce, metody postupu a výsledky. Dále je možno stáhnout plný text bakalářské práce a výsledný skript.

Veškeré výstupy jsou připojené k práci v digitální podobě (CD-ROM).

7 DISKUSE

Skript vytvořený během bakalářské práce má za úkol zjednodušit plánování měření GPS. Má automaticky počítat vymezení oblohy a vypisovat do textového souboru v takové podobě, aby bylo možné okamžité nahrání do programu Planning od firmy Trimble bez jakékoli další úpravy. Tento software pak dokáže naplánovat v jakou dobu je nejvhodnější provádět měření. Vybere čas v den měření, kdy bude nejlepší rozložení družic ve výhledu.

Do budoucna by mohl být tento skript napsán pro nějaký volně dostupný software. Program ArcGIS Desktop je komerčním produktem americké firmy ESRI (Environmental Systems Research Institute). Nejvyšší licenci jsi nemůže dovolit mnoho uživatelů. V zadání této bakalářské práce byl program přímo určen, ale pokud by se dal skript vypracovat i pro dostupnější software, zvýšilo by to jeho atraktivitu. Když si to spočítáme tak program Planning je zdarma, signál GPS je zdarma, almanach pro výpočet polohy družic je zdarma, proto by bylo velmi pěkné mít i skript, který dokáže vypočítat vymezení oblohy zdarma.

Nedostatkem skriptu se může jevit netestování přítomnosti extenzí, ale předpokládá se, že pokud je přítomna licence ArcInfo není pravděpodobné že by chyběli extenze, které se vyžadují u tohoto skriptu. Licence je naopak testována ihned na začátku skriptu.

Další otázkou je, jak přesné data jsou použita pro tvorbu digitálního modelu, který je vkládán do skriptu. Pokud budou data použita pro plánování velice nepřesná, bude spíše přesnější, když se uživatel vypraví do terénu. Potom však, ale skript může použít alespoň k porovnání.

Další bod, který se mohl provést lépe bylo testování skriptu. Při této části byl použit pro testování digitální model reliéfu nikoliv digitální model povrchu. Tento postup byl zvolen kvůli nepřesným datům prvků zabraňující ve výhledu (např. vegetace). Vynechání testování na digitální model povrchu můžeme vnímat jako chybu, ale přece jenom je to testování. Skript umí pracovat s digitálním modelem a jestli to bude model reliéfu nebo povrchu není důležité, zvládne obojí.

7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření algoritmu, který by dokázal vymezovat viditelnost oblohy pro potřebu plánování měření GPS. Skript měl za úkol zjednodušit přípravu měření v terénu a hlavně ji zpřesnit. Zjednodušení přípravy spočívá v ušetření jedné cesty do terénu, kdy by muselo být okolí bodu měření přesně zmapováno. Z tohoto bodu by bylo třeba získat úhly, které by se zadávaly do dalšího kroku přípravy měření. Skript by pak měl ještě zpřesnit tyto úhly. Budou matematicky vypočítány a jejich přesnost je už otázkou zadaných hodnot do algoritmu.

Po nastudování dostupné literatury a vyhledání dostupných zdrojů bylo jisté, že tato práce bude tak trochu průkopnická. Nebyly nalezeny žádné zmínky o stejné práci a o podobných aplikacích bylo zmínek velmi málo.

Prvním krokem bylo vypracování teoretického postupu, jak bude skript pracovat. Byly vyhledány a otestovány metody, které svými vlastnostmi vyhovovali zadání práce. Druhým krokem při tvorbě bylo vytvoření testovacích dat, které byly poskytnuty vedoucím práce. A posledním krokem bylo samotné sestavení skriptu.

Vstupními daty tohoto skriptu je bod, který představuje reálné místo na Zemi ve kterém je plánované měření, digitální model a to buďto reliéfu nebo povrchu. Pokud bude vložen digitální model reliéfu, je možná určitá nepřesnost např. ve městech, protože údaje o budovách v tomto modelu nejsou dostupné. Ale pokud bude použit digitální model terénu je pravděpodobné že měření bude velmi přesné. Pak už je jen otázkou s jakou přesností budou prvky zabraňující ve výhledu svou polohou a parametry odpovídat skutečnosti. Ve skriptu jsou použity jen nástroje dostupné v softwaru ArcGIS 10. Skript je možné použít jen s licencí ArcInfo, což je nejvyšší možná licence programu. Pro sestavení algoritmu byl využit skriptovací jazyk Python.

Výsledek této bakalářské práce by měl být natolik robustní, aby mohl být volně šířitelný a využitelný pro potřebu katedry.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

MIŘIJOVSKÝ, J. *Hodnocení podmínek využitelnosti GPS jako zdroje geografických dat v NP České Švýcarsko*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2007. 57s. ISBN 978-80-254-1340-1

RAPANT, P. *Družicové polohové systémy*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002. 200s. ISBN 80-248-0124-8

VOJTEK, D. *GNSS Prediction Tools*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Dostupné z WWW: <<http://gis.vsb.cz/vojtek/index.php?page=seminars/index>>

ArcGIS Resource Center [online]. 1995-2010 [cit. 2011-05-23]. ESRI. Dostupné z WWW: <<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html>>.

Python v2.7.1 documentation [online]. 1990 – 2011 [cit. 2011-05-23]. ESRI. Dostupné z WWW: <<http://docs.python.org/>>.

SUMMARY

This work presents results of final part of the Bachelor work study program on Geoinformatics and geography at the Faculty of Science, Palacky University in Olomouc.

The aim of this thesis was to create an algorithm that could define the visibility of the sky for planning GPS measurements. The script was supposed to simplify the preparation of field measurements and especially to refine it.

Simplification of training is one way to save ground, where it had to be near the point of measurement accurately mapped. From this point would be to get the angles which would be obliged to enter the next step training measurement. The script should then further refine these angles. Will be mathematically calculated and their accuracy is longer a question of values entered into the algorithm.

After studying the available literature and resources available to find some that this work will be a little groundbreaking. There were no mentions of the same work, and similar applications have been very few references.

The first step was to develop a theoretical system, as the script will work. They were searched and tested methods that suit the characteristics of their work assignment. The second step was to create a test data that were provided to supervisor. And the last step was to build the script itself.

The input data is the point of the script, which is a real place on earth, where the mission planning, digital model for either relief or surface. If the embedded digital model is a possible inaccuracy in such cities, because data on buildings in this model are not available. But if the use of digital terrain model, it is likely that measurements will be very accurate. Then it's just a question of accuracy with which the elements of the vision of preventing its location and parameters correspond to reality. The script uses only tools available in ArcGIS 10th The script can only be used with ArcInfo license, the highest possible software license. To build an algorithm was used scripting language Python.

The result of this work should be so robust that it can be free, and usable for the needs of the department.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy:

Přílohy 1 CD-ROM