



Ekonomická
fakulta
Faculty
of Economics

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Ekonomická fakulta
Katedra aplikované matematiky a informatiky

Bakalářská práce

Vývoj aplikace pro zpracování zeměpisných souřadných systémů

Vypracoval: Lukáš Kubala
Vedoucí práce: Mgr. Radim Remeš

České Budějovice 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta ekonomická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš KUBALA**
Osobní číslo: **E14371**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Ekonomická informatika**
Název tématu: **Vývoj aplikace pro zpracování zeměpisných souřadných systémů**
Zadávací katedra: **Katedra aplikované matematiky a informatiky**

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je vytvořit desktopovou aplikaci pro převod mezi geografickými souřadnými systémy.

Metodický postup:

1. Studium odborné literatury.
2. Publikace výsledků rešerše.
3. Návrh, popis vývoje a implementace aplikace.
4. Zhodnocení, vypracování doporučení a závěrů.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**


Seznam odborné literatury:

1. Van Sickle, J. (2010). *Basic GIS Coordinates*. 2. vydání. Boca Raton, FL, USA: CRC.
2. Bolstad, P. (2012). *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*. 4. vydání. Ann Arbor, MI, USA: XanEdu.
3. Troelsen, A., Japikse, P. (2015). *C# 6.0 and the .NET 4.6 Framework*. 7. vydání. New York, USA: Apress.
4. Sharp, J. (2015). *Microsoft Visual C# Step by Step*. 8. vydání. Redmont, WA, USA: Microsoft.
5. Nathan, A. (2013). *WPF 4.5 Unleashed*. Indianapolis, IN, USA: Sams.


Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Radim Remeš**
Katedra aplikované matematiky a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. dubna 2017**


doc. Ing. Ladislav Rolínek, Ph.D.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
EKONOMICKÁ FAKULTA
Studentské 13 288
370 05 České Budějovice


prof. RNDr. Pavel Tlustý, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 31. března 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

Lukáš Kubala

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Radimu Remešovi za metodické vedení a cenné rady při vypracování bakalářské práce. Také bych rád poděkoval mému okolí za podporu, kterou mi při studiu vysoké školy projevují.

Obsah

1	Cíl práce a metodika	4
2	Úvod.....	5
2.1	Geografické informační systémy	5
2.1.1	Definice	5
2.1.2	Historie	5
2.1.3	Hlavní GIS softwary.....	6
2.2	Aktuální situace	7
3	Vývojové nástroje.....	9
3.1	Programovací jazyk.....	9
3.2	Vývojové prostředí.....	9
3.2.1	NuGet	9
3.2.2	IntelliSense.....	9
3.3	Model – View – ViewModel.....	10
4	Geoid.....	11
4.1	Referenční plocha	11
4.2	Referenční elipsoid	11
4.2.1	Besselův elipsoid.....	11
4.2.2	Krasovského elipsoid	12
4.2.3	Clarkův elipsoid	12
4.2.4	Elipsoid WGS-84	12
4.2.5	Hayfordův elipsoid.....	12
4.3	Rotační elipsoid	13
4.4	Referenční koule.....	13
4.5	Referenční rovina.....	13
4.6	Kartografické projekce.....	13
5	Souřadnicové soustavy.....	14
5.1	Kartézský souřadný systém	14
5.1.1	Pohyby Země	14
5.2	Conventional Terrestrial Reference System.....	15
5.3	Sférický souřadný systém.....	16
5.4	Zeměpisné souřadnice.....	17
5.4.1	Zeměpisná šířka	17
5.4.2	Zeměpisná délka.....	17

5.5	World Geodetic System 1984 - WGS84	18
5.6	Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální	18
5.6.1	Ferro	19
5.7	Křovákovo zobrazení	19
5.8	Mercator a jeho variace	19
5.8.1	Geraudus Mercator	19
5.8.2	Mercatorovo zobrazení	21
5.8.3	Tranverse Mercator	23
5.8.4	Elipsoidní transverse (příčný) Mercator	23
5.8.5	Gauss – Krügerovo zobrazení	24
5.8.6	Universal Transverse Mercator – UTM (univerzální příčné Mercatorovo zobrazení)	25
5.9	Cassiniho zobrazení	26
5.10	European Datum 1950	27
5.11	Lambertovo zobrazení	27
5.12	Amersfoort	28
6	Převod souřadnic	29
6.1	Referenční body	29
6.2	Molodeskiho převod	30
6.3	Bursa-Wolfův převod	31
7	Ukázka algoritmizace převodu souřadnic z WGS84 do SJTSK	33
7.1	Výpočet pravoúhlých (zeměpisných) souřadnic	33
7.2	Výpočet pravoúhlých zeměpisných souřadnic S-JTSK	34
7.3	Výpočet geodetických souřadnic S-JTSK z Besselova elipsoidu	35
7.3.1	For cyklus	37
7.4	Transformace geodetických souřadnic JTSK na pravoúhlé JTSK	38
8	Program	41
8.1	O programu	41
8.2	Uživatelské rozhraní	41
9	Licence	43
9.1	Open source a výběr správné licence	43
10	Prezentace a distribuce	46
10.1	Trendy	46
10.1.1	Varianty systému Windows	46
10.2	Programové katalogy a vlastní stránky	47
10.3	Webová prezentace	48

11	Výzkum uživatelské spokojenosti	49
11.1	Dotazník	49
11.1.1	Výsledky dotazníku.....	49
11.1.2	Vyhodnocení odpovědí.....	52
12	Závěr	53
I.	Summary and keywords.....	54
II.	Literatura.....	55
III.	Seznam obrázků, grafů a tabulek.....	61
IV.	Seznam příloh.....	62
V.	Přílohy.....	63
A)	Dotazník	63
A)	Uživatelské rozhraní programu.....	65
B)	Webová prezentace	67
C)	Diagram tříd.....	68
D)	Program Sougiscon	69

1 Cíl práce a metodika

Cílem práce je vytvořit praktickou aplikaci pro převod mezi vybranými souřadnými systémy v programovacím jazyce C#. Nejdříve bude představena situace na trhu s geografickými informačními systémy (GIS). Poté bude položen nutný základ z teoretické a matematické kartografie, jejíž nastudování bylo nutné pro samotný vývoj. Dále bude předvedena algoritmizace vybraného převodu včetně ukázek kódu, také bude proveden výběr licence. Poté bude vytvořena prezentace programu a výzkum uživatelské spokojenosti.

2 Úvod

Geografie byla pro lidstvo vždy důležitá. Již v době kamenné pomocí ní odhadovali lovci polohu zvířat, znalost či neznalost rozhodovala u prvních objevitelů o životě a smrti a dnešní společnost funguje na základě vědomí kdo kam patří. Aplikovaná geografie ve formě map a prostorových informací slouží k plánování, objevování či spolupráci více jak 3000 let. Nejčastěji jsou naše geografické znalosti použity na běžné úkony jako například vyhledání cesty do neznámého města. (Panigrahi, 2014)

2.1 Geografické informační systémy

2.1.1 Definice

Protože jsou prostorové informace důležité, vyvinuly se nástroje zvané GIS. V dnešní době internetu a počítačů nabývají GIS významnou roli nejen při práci s mapami, ale i obecně v kartografii. GIS nám pomáhá shromažďovat a používat prostorová data. Zabývají se polohou a vlastnostmi jednotlivých míst, například že Kilimanžáro leží v Tanzanii. GIS a kartografie obecně používají pro přesnější určení polohy takzvané souřadnice, tedy čísla, která popisují přesnější polohu objektu na Zemi.

Trochu jinou definicí lze říci, že geografické informační systémy zachycují, spravují, upravují a prezentují geografická data. GIS užívá kombinaci hardware, software a kombinovaných dat k analýze podmínek, trendů a událostí v přírodním prostředí. Může být využit k mapování a sledování přírodních zdrojů, seismologických, vulkanických, meteorologických a klimatologických podmínek různě po světě a je neocenitelnou pomůckou při analýzách na lokální i světové úrovni. (Klufová, 2000)

2.1.2 Historie

GIS software aplikuje geografický rámeček, například digitalizovanou mapu pro studium určité oblasti. Má kořeny v kartografii. Lidé tvořící GIS musí znát, jak se klasické mapy vytvářejí. Jedním z nejstarších použití GIS v širším pojetí bylo v polovině devatenáctého století, kdy britský lékař John Snow zkoumal šíření cholery v Londýně. Před vzestupem počítačové technologie jednou z nejpůvodnějších metod pro výzkum trendů či přírodních událostí v geografickém regionu bylo použít mapu regionu. Při analýze dat zkoumající osoba jednoduše položila na mapu průhlednou plastovou fólii či papír, z čehož vyplynuly body zájmu. (Auerbach, 2013)

Mnoho dnešních GIS programů vyžaduje znalost počítačem podporovaného kreslení – computer – aided design (CAD). Specificky systému, který skenuje papírové

existující mapy ve vysokém rozlišení. Obrázky z těchto skenů pak slouží jako základ pro překrývání zkoumaného území.

Jako počítačově založený systém byl GIS převážně vyvinut pro vlády. Nicméně počátkem dvacátého prvního století se velmi rychle rozvinul také soukromý trh s hardware a software pro GIS. Od roku 2000 soukromý sektor utratil za GIS přibližně 15 až 20 miliard amerických dolarů. Použití GIS dále celosvětově roste díky větší dostupnosti a postupně se snižujícím cenám hardwaru i softwaru. Mezi roky 2017 až 2021 lze očekávat růst trhu s GIS přibližně o 10 %. (PR Newswire, 2017)

2.1.3 *Hlavní GIS softwary*

Na trhu se softwarem tohoto typu dlouhodobě vládne společnost ESRI se svým softwarem ArcGIS, který má nejvyšší tržní podíl (“Independent Report Highlights Esri as Leader in Global GIS Market”, 2015). Mnoho lidí si pod pojmem geografické informační systémy vybaví právě program ArcGIS a myslí si, že žádné další neexistují. Společnost ESRI jako lídr trhu udává směr vývoje a inovací geografických a informačních systémů. (“About ESRI”, 2018)

Za další význačnější software lze označit AutoCAD Map 3D and Autodesk Geospatial od společnosti Autodesk. (“Autocad Map 3D”, 2018)

Alternativou rovněž může být také MapInfo Pro. Za jeho vývojem stojí společnost Pitney Bowes. (“MapInfo Pro – Desktop GIS: See it faster, solve it sooner”, 2018)

Za zmínku stojí také programy společnosti Hexagon Geospatial (“Hexagon Geospatial Products”, 2018)

Silnější pozici v Asii, jelikož byl založen a vyvinut v Pekingu v Číně, má software SuperMap. (“SuperMap”, 2018)

Posledním z významnějších softwarů jsou produkty společnosti MDA Information Systems LLC, jež se uplatňují hlavně v oblasti práce s meteorologií. (“MDA Information Systems LLC”, 2018)

Hlavní nevýhodou výše uvedených softwarů je vysoká pořizovací cena licencí. Právě díky vysokým cenám licencí vznikla nezávislá nezisková organizace The Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), která se zasazuje o vývoj a podporu geografických informačních systémů na bázi open source. (“About OSGeo”, 2018) Jejím hlavním projektem je software GRASS GIS. (“GRASS GIS General overview”, 2015)

2.2 Aktuální situace

Pro práci s různými mapami a různými body v mapě často potřebujeme převádět mezi jednotlivými souřadnými systémy. Na území České Republiky se závazně podle (Nařízení vlády č. 430/2006 Sb.: Nařízení vlády o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, 2006) a novelizace (Nařízení vlády č. 81/2011 Sb.: Nařízení vlády o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, 2011) užívá 8 různých geodetických referenčních systémů závazných na území státu

- a) Světový geodetický systém 1984 (WGS84),
- b) Evropský terestrický referenční systém (ETRS),
- c) Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK),
- d) Katastrální souřadnicový systém gusterbergský,
- e) Katastrální souřadnicový systém svatoštěpánský,
- f) Výškový systém baltský – po vyrovnání (Bpv),
- g) Tíhový systém 1995 (S-Gr95),
- h) Souřadnicový systém 1942 (S-42/83).

Situace s rozpolceností a užíváním více souřadných systémů není jen záležitostí České Republiky. Také v ostatních zemích Evropy je stav podobný. Například v Chorvatsku se užívají převážně čtyři, Merkatorovo (Gauss – Krügerovo) zobrazení, Vertikální konformní Lambertovo zobrazení, Chorvatský Terrestrial reference systém, Universal Transverse Mercator. (Mataija, Pogarčić, & Pogarčić, 2013).

Lze vysledovat jistou snahu o zlepšení a postupné sjednocení souřadnicových systémů, a to například ze strany Evropské komise (“Souřadnicové referenční systémy”, 2018) odkazující na normu ISO 19111:2007 (ISO 19111:2007: Geographic information -- Spatial referencing by coordinates, 2007). Nebo z projektu Coordinate Reference Systems in Europe, což je společný projekt EUREF (European Reference Frame) as Sub-Commission of IAG’s (International Association of Geodesy) Commission X on Global and Regional Geodetic Networks, EuroGeographics as the central-hub for Europe’s Geographic Information (GI) developments, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. (“Coordinate Reference Systems in Europe”, 2014) Na základě těchto snah lze v budoucnu očekávat postupný ústup od národních systémů směrem k několika sjednoceným společným systémům.

Pro převody lze nalézt funkce na různých internetových stránkách. Nikdy však všechny pohromadě, navíc neumožňují převod většího množství dat. To lze částečně po úpravách provést například v již výše zmíněném programu ArcGIS. Ten je ovšem pro naprostou většinu populace zejména cenově nedosažitelný. Navíc z mých osobních zkušeností je komplikovaný na ovládání a obvykle převod několika málo desítek dat zabere nepřiměřeně velké množství času, protože je třeba přesně připravit vstupní soubor. Další překážkou je vysoká náročnost na hardware.

Nevýhodou České Republiky je čtené využití Systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), které plyne z historie, což činí mnoho zahraničních nástrojů pro převod téměř nepoužitelných. Manuální matematický převod není dobrou náhradou, jelikož klade nároky na matematické znalosti, například iterace. Navíc situace s dostupností literatury zabývající se vysvětlením konkrétního matematického převodu i pro laickou veřejnost není příliš dobrá, většinou lze nalézt pouze dílčí zmínky.

3 Vývojové nástroje

3.1 Programovací jazyk

C# je jazyk vyvinutý společností Microsoft. Obsahuje vestavěný .NET Framework. V oblasti syntaxe patří do stejné rodiny jako jazyky C, C++ či Java a je tak snadný na naučení. Je objektově orientovaný. (Chivers, 2003) To z něj činí velmi oblíbený nástroj mnoha programátorů.

3.2 Vývojové prostředí

Jako vývojové prostředí bylo zvoleno Microsoft Visual Studio IDE (Integrated Development Environment), nyní ve verzi 2017. První verze se však datuje již k roku 1992. .NET Framework začalo využívat v roce 2002. V aktuální verzi je Microsoft Visual Studio schopné vyvíjet i pro různé mobilní platformy jako Android, Windows Phone, iOS či Windows. Zároveň poprvé v historii lze verzi 2017 spustit i na počítačích s operačním systémem MacOS od společnosti Apple. Lze využít mnoha doplňků a balíčků, například NuGet.

3.2.1 NuGet

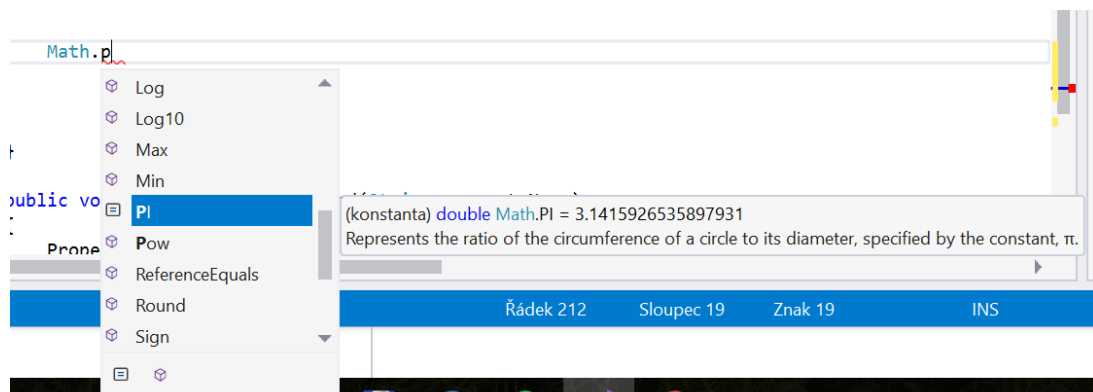
NuGet je open source správce balíčků a doplňků vytvořených pro vývojovou platformu Microsoftu. Od svého vzniku se rozvinul do velkého ekosystému plného užitečných nástrojů. Je šířen jako doplněk Visual Studia. Má ale také vlastní webové stránky. V programu, vyvíjeném v této práci, je využito několik nástrojů z této galerie. (“An introduction to NuGet”, 2018)

Použité NuGet balíčky v programu jsou: Dot.Spatial.Projections (“DotSpatial.Projections”, 2018), EPPlus (“EPPlus”, 2018), iTextSharp (“ITextSharp”, 2018), MaterialDesignColors (“MaterialDesignColors”, 2018), MaterialDesignThemes (“MaterialDesignThemes”, 2018), Microsoft Visual Studio Designer Interfaces (“Microsoft.VisualStudio.Designer.Interfaces”, 2018).

3.2.2 IntelliSense

Velkou výhodou je systém IntelliSense který programátorovi navrhuje nedokončené části cyklů, zvýrazňuje syntaxe a metody. Programátor tak vůbec nemusí být znalý názvů proměnných, protože jsou mu napovídány. IntelliSense prochází knihovny .NET Frameworku či zdrojové kódy a našeptává z nich. Je to velmi užitečný nástroj usnadňující práci. (“Visual C# IntelliSense”, 2017)

Obrázek 1 - Systém IntelliSense



Zdroj: vlastní tvorba

3.3 Model – View – ViewModel

Program je vyvinut podle modelu Model – View – ViewModel známé pod zkratkou MVVM. Pomocí něj lze oddělit logiku programu od jeho uživatelského rozhraní. Windows Presentation Platform (WPF) byl navržen tak, aby se v něm MVVM model snadno používal. Použití MVVM modelu při realizaci aplikací je doporučováno i společností Microsoft. (“The MVVM Pattern”, 2012; Dajbych, 2009)

4 Geoid

4.1 Referenční plocha

Zemský povrch je hlavním objektem zájmu, na kterém provádíme kartografické měření. Ten ale není exaktně geometricky definovanou plochou z důvodu působení sil, hlavně přitažlivosti a odstředivé síly. Ta vzniká rotací zemského tělesa. Z těchto sil vzniká gravitace. Směr gravitace se nazývá tížnice a plocha kolmá k tížnicím plocha hladinová. Ke každému bodu na zemském povrchu lze vytvořit právě jednu hladinovou plochu. Vybereme jednu z ploch, obvykle tu, která prochází bodem klidné mořské hladiny. Na tuto se pak omezují měření povrchu. Tato základní plocha se pak nazývá geoid. Geoid není k matematickým výpočtům příliš vhodný, a proto se nahrazuje rotačním elipsoidem. Tento elipsoid je přesně definovanou rotační plochou. Při převedení geoidu na rotační elipsoid jsou nejdříve vzaty obě plochy, které mají být co nejvíce shodné. Plochy, kde jsou uskutečňovány výpočty geodetických problémů vztahených k zemskému povrchu, se nazývají referenční plochy. Konkrétněji pak referenční elipsoid, referenční koule a zřídka i referenční rovina. (Fiala, 1955), (Maršík 1998), (Panigrahi, 2014)

4.2 Referenční elipsoid

Referenční elipsoid, kterým je nahrazován geoid, je určen veličinami a, b nebo a, e . A je velká poloosa meridiální elipsy. E je numerická výstřednost vyjádřená hodnotou $e^2 = (a^2 - b^2) : a^2$ a veličina R zploštění elipsoidu, jež můžeme vypočítat ze vzorce $R = (a-b) : a$. Všechny tyto veličiny se společně nazývají konstantami elipsoidu. (Fiala F., 1955)

Mnoho map předpokládá tvar Země jako čistou kouli. Ve skutečnosti je spíše elipsoidního charakteru. Výběr referenčního elipsoidu pro různé oblasti je ovlivněn lokálním tvarem geoidu, ale mapy většího rozsahu jsou vytvářeny, aby vyhověli právě referenčnímu elipsoidu a ne geoidu. Určení konstant definujících tvar referenčního elipsoidu bylo hlavním problémem geografů od počátku osmnáctého století. Postupně vzniklo několik elipsoidů, které získaly na větším významu. (Snyder, J. P. , 1987).

4.2.1 Besselův elipsoid

Mezi takto významné elipsoidy patří Besselův elipsoid, který má následující konstanty:

$a = 6\,377\,397,155\text{ m}$, $b = 6\,356\,078,963\text{ m}$, $e^2 = 0,006\,674\,3722$, $R = 0,003\,342\,7732$, $1/f$ je $299.1528153513233\text{ m}$.

Pochází z roku 1841, stanovený panem Bessellem. Zvláště přesně přiléhá geoidu v oblasti Eurasie, také zásluhou mnoha měření právě v této oblasti. Díky své přesnosti byl populární celé dvacáté století. V některých zemích se užívá dodnes. Tento elipsoid se v České Republice často používá pro občanské mapy. (“Ellipsoid: Bessel 1841”, 2018; Ganić Aleksandar, Milutinović Aleksandar, & Ganić Meri, 2014)

4.2.2 *Krasovského elipsoid*

Tento elipsoid pochází z roku 1940 a byl definován na základě měření vedeným sovětským geodetem Krasovským. Byl užíván zejména v Sovětském svazu. Má následující konstanty: $a = 6\,378\,245\text{ m}$, $b = 6\,356\,863,019\text{ m}$, $1/f$ je $298,3$. (“Ellipsoid: Krassowsky 1940”, 2018)

4.2.3 *Clarkův elipsoid*

Vytvořen byl v roce 1866 panem Alexanderem Rossem Clarkem. Ten vypracoval několik variant, které jsou založeny převážně na měření bodů ve Velké Británii. Nejznámější je varianta z roku 1866. Má tyto parametry. $a = 6,378,206.4\text{ m}$, $b = 6,356,583.8\text{ m}$, $1/f$ je 294.9786982 m . Je populární zejména v angloamerických zemích. (“Ellipsoid: Clarke 1866”, 2018)

4.2.4 *Elipsoid WGS-84*

Vznikl v roce 1984 a byl vydán ministerstvem obrany Spojených Států Amerických. Má tyto parametry: $a = 6\,378\,137\text{ m}$, $b = 6\,356\,752,3142\text{ m}$, $1/f$ je 298.257223563 . Více detailů k nalezení v kapitole World Geodetic System 1984. (“Ellipsoid: WGS 84”, 2018)

4.2.5 *Hayfordův elipsoid*

Vznikl v roce 1910. Byl pojmenován po americkém geodetovi Johnu Fillmore Hayfordovi. Tento elipsoid je také velice často označován názvem International ellipsoid 1924 (Mezinárodní elipsoid 1924). Je to z toho důvodu, že v roce 1924 byl doporučován Mezinárodní unií geodézie a geofyziky (IUGG). Na rozdíl od Besselova elipsoidu je díky použití bodů i mimo oblast Eurasie více univerzální. Má následující parametry: $a = 6\,378\,388\text{ m}$, $b = 6\,356\,909\text{ m}$, z čehož odvozená $1/f$ je 296.95926 m . (“Ellipsoid: International 1924”, 2018)

4.3 Rotační elipsoid

Rotační elipsoid se obvykle určuje tak, že se tížnice jednoho bodu, ten se nazývá referenční bod, sladí s normálou referenčního elipsoidu. Rotační osu elipsoidu je nutno zvolit rovnoběžné s osou zemské rotace. Používá se několik elipsoidů, některé z nich jsou významnějšího charakteru. (Fiala F.,1955)

4.4 Referenční koule

S referenční koulí se počítá snadněji než s referenčním elipsoidem. Využití koule je vhodné zejména ve dvou případech. Prvním, kdy máme velice komplikovaný úkon, a tak prvně zobrazíme elipsoid na kouli a poté přejdeme do roviny. Druhý případ je při tvorbě mapy o malém, až velice malém měřítku, kdy elipsoid nahradíme koulí. Poté je možno souřadnice na elipsoidu chápat jako souřadnice platné také na kouli, je-li vybrán její vhodný poloměr. (Hojovec, Daniš, Hájek, & Veverka, 1987; Fiala F.,1955)

4.5 Referenční rovina

Referenční rovina je využívána pouze v případech, kdy je pracováno s malým územím do obsahu přibližně 700 km². Za rovinu je chápána referenční plocha povrchu země. (Hojovec, Daniš, Hájek, & Veverka, 1987; Fiala F.,1955)

4.6 Kartografické projekce

Kartografické projekce jsou matematické procedury, které umožňují zobrazení křivého povrchu, například koule či rotačního elipsoidu Země, či jiného vesmírného tělesa. Účelem projekce je řešit teoretické i praktické úkoly kartografie, geodesie a jiných věd. Uvnitř elipsoidu jsou body určeny pomocí poledníků a rovnoběžek. Každá projekce má některý druh deformace, které lze rozdělit do několika kategorií.

- Konformní – obdélníkové, zachovávají úhly
- Ekvivalentní – stejného povrchu – poskytují identické povrchy
- Stejně vzdálené – stejné délky – poskytují stejné délky a směru

Jiná dělení užívají tvar plochy zobrazení nebo kartografický pól jako hlavní kritéria. (Hojovec, Daniš, Hájek, & Veverka, 1987)

5 Souřadnicové soustavy

Vždy je nutné přesně určit polohu na zobrazované ploše a také na kartografickém obraze. K tomuto účelu jsou používány souřadnicové soustavy, ve kterých obvykle dvě čísla udávají hledanou polohu bodu. Těchto soustav existuje velké množství.

Souřadnice definují polohu ve dvou nebo tří dimenzionálním prostoru. Souřadnicový pár x, y a trojice x, y, z jsou používány pro určení tvaru a polohy jednotlivých prostorových objektů. Prostorová data v GIS nejčastěji používají systém Kartézských souřadnic. (Van Sickle, 2017)

5.1 Kartézský souřadný systém

Kartézské souřadnice jsou pojmenované po svém tvůrci René Descartovi. Kartézský systém definuje dvě či tři ortogonální (pravoúhlé) osy. Dvoudimenzionální x a y na ploše. Třídimenzionální osu z jako pravoúhlou k osám x a y . Počátek jest definován nulovými hodnotami v průsečíku jednotlivých os. Souřadnice jsou obvykle specifikovány jako desetinná čísla zvětšující se spodu nahoru a zleva doprava. Dvoudimenzionální systém je nejvíce užívanou volbou pro mapování malých území. Akceptujeme zde chyby plynoucí z absence zakřivení Země, které je ale na malém prostoru zanedbatelné.

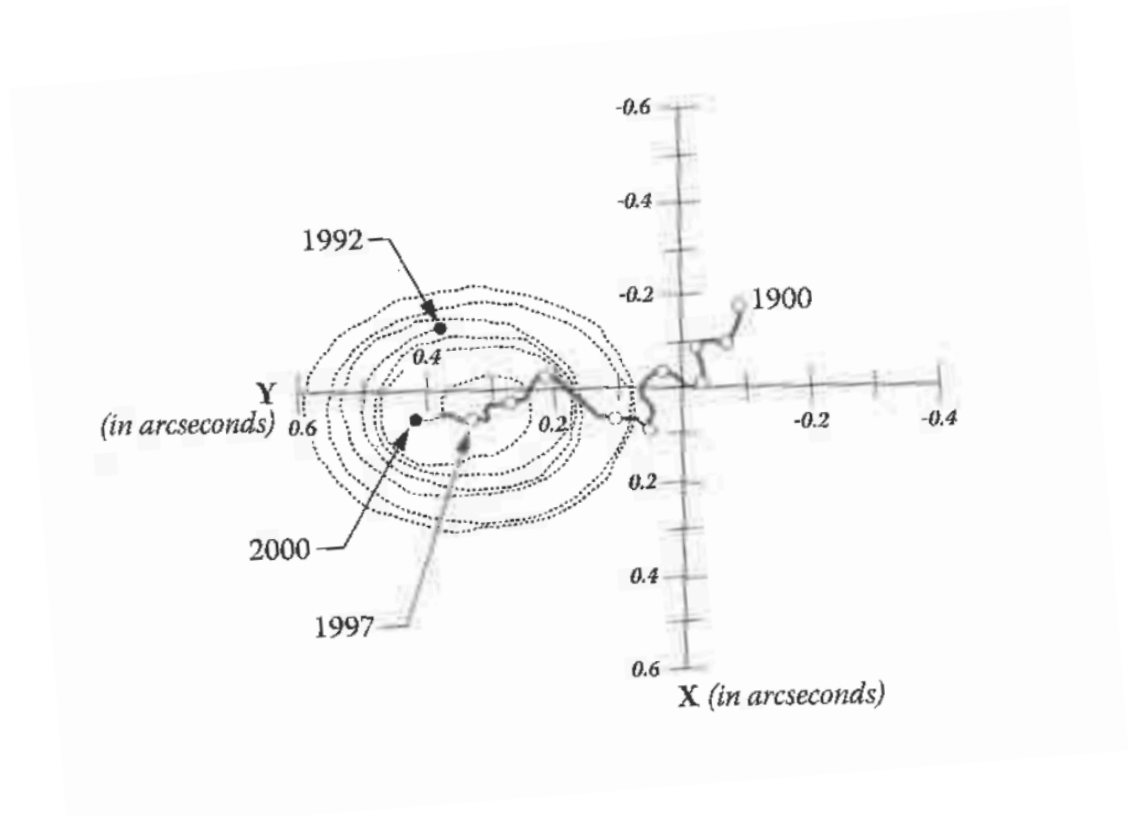
Tři dimenzionální Kartézský systém potřebuje tři osy a jasné vyjádření jejich směru a počátku. Když mohou být tyto parametry určeny, každý bod na planetě Zemi může mít svoji unikátní tří rozměrnou kartézskou souřadnici. Nicméně v reálném světě je to složitější, protože povrch, střed, a i zemské osy se neustále mění a pohybují. (Van Sickle, 2017)

5.1.1 Pohyby Země

Země se hýbe v pohybech známých jako precese a nutace. Precese je dlouhodobý pohyb polární osy. Pohybuje se v kruhu s dobou oběhu přibližně 25000 let. Nutace je pohyb planety s periodou zhruba 18 let. Také rotace se mění. Je trochu rychlejší v lednu a pomalejší v červenci. Dále je zde ještě pohyb os rotace vztahující se k zemskému povrchu, zvaný polární pohyb. Ten je důsledkem reálného pohybu zemské rotační osy, který lze popsat jako nepravidelný kruh s ohledem k zemskému povrchu. Přibližně 435 dní trvá, než osa opíše kruh v průměru kolem 13 metrů. Tato část polárního pohybu se nazývá Chandlerova perioda, pojmenována podle amerického astronoma Seta C. Chandlera, který jej popsal v Astronomickém žurnálu v roce 1891. Další částí polárního pohybu je takzvaný „polar wander“, jež lze volně přeložit jako polární bloudění. Je to přibližně

0,004 obloukové vteřiny kdy se pól posunuje směrem k Ellesmerovu ostrovu. (Van Sickle, 2017)

Obrázek 2 - Polární bloudění a pohyb od roku 1992 do roku 2000



Zdroj: (Van Sickle, 2017)

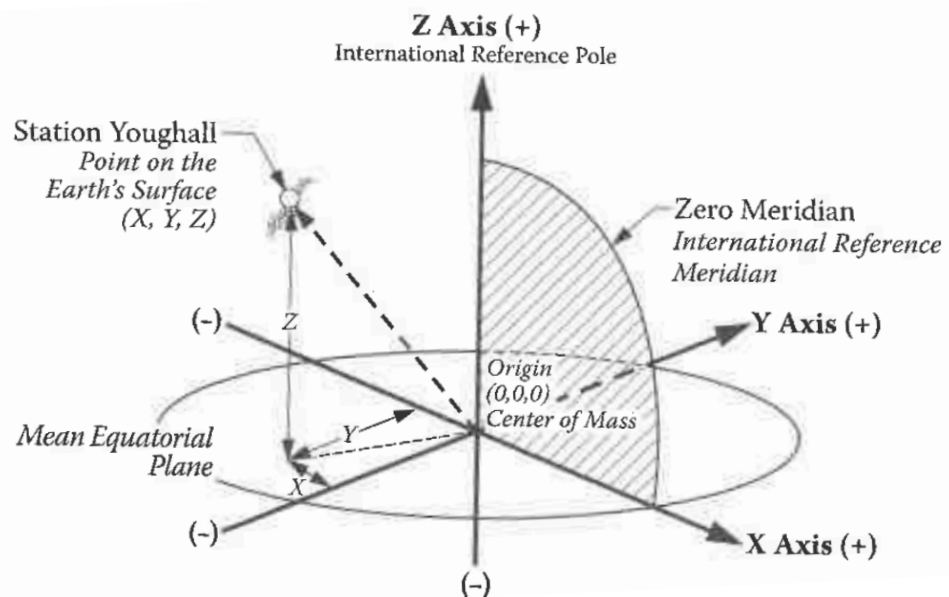
5.2 Conventional Terrestrial Reference System

Pro určení souřadnic potřebujeme pevné body: rovník, rotační osu a nultý poledník. Je zde otázka, jak určit opravdu pevný bod, když se všechny sice pomalu, ale jistě trochu mění a různě posouvají. Proto 1. ledna 1984 vybral úřad Bureau International de l'Heure jako moment, kdy v této poloze budeme nadále považovat osy jako fixní a neměnné. Často se lze setkat se zápisem 1984.0. Výsledný systém je znám jako Conventional Terrestrial Reference System. (Van Sickle, 2017)

Počátkem je střed hmoty celé Země, včetně oceánů a atmosféry, zvaný geocentrický nebo také hmotnostní střed. Osa X je přímka z tohoto středu, která má průsečík v nultém poledníku, také známému pod názvem Mezinárodní referenční poledník – International Reference Meridian s mezinárodně definovaným konvenčním rovníkem. Osa Y je rozšířena z geocentrického středu podél přímky kolmé na osu X ve stejné rovníkové ploše. To znamená, že kladný konec osy Y se protíná se skutečnou Zemí někde

v Indickém oceánu. Každopádně v jakémkoliv případě obě osy rotují se Zemí okolo osy Z, přímce z geodetického středu procházející skrz mezinárodně definovaný Mezinárodní Referenční pól – International Reference Pole. Tři dimenzionální Kartézské souřadnice (x, y, z) odvozené z tohoto systému se někdy také nazývají Earth-Centered Earth Fixed (ECEF) a tento systém byl využit například ve World Geodetic System 1984 (WGS84). V tomto třídimenzionálním „pravorukém“ souřadnicovém systému souřadnice X je vzdálenost od plochy Y-Z měřené paralelně k ose X. Je vždy kladná k nultého poledníku do 90°západní délky a z nultého poledníku do 90°východní délky. Ve zbývajících 180° je X souřadnice záporná. Y souřadnice je kolmá vzdálenost z plochy nultého poledníku. Na západní polokouli je vždy záporná, na východní vždy kladná. Z souřadnice je kolmá vzdálenost z plochy rovníku. Je vždy kladná na severní polokouli a záporná na jižní. Jednotkou tohoto systému je metr. (Van Sickle, 2017)

Obrázek 3 - Tři dimenzionální Kartézský systém v Conventional Terrestrial Reference System



Zdroj: (Van Sickle, 2017)

5.3 Sférický souřadný systém

Souřadnicová data mohou být zaznamenána také ve Sférickém souřadném systému. Byl vynalezen řeckým matematikem Hipparchusem. Nejběžnější sférický systém užívá dva úhly a vzdálenost bodu od počátku. První úhel je východo-západním směrem podél rovníku. Nazývá se zeměpisná délka. Rovník je smyšlená čára v polovině mezi

severním a jižním pólem. Druhý úhel se měří v severo-j jižním směru a nazývá se zeměpisná šířka. (Van Sickle, 2017)

5.4 Zeměpisné souřadnice

Zeměpisné souřadnice sdělují polohu hledaného bodu, nazývají se zeměpisnou šířkou a zeměpisnou délkou.

Konvencemi je dáno, že rovník je brán jako nulová zeměpisná šířka a ta se zvětšuje do maximální hodnoty 90 stupňů na severu a jihu. Rovnoběžky jsou určeny velikostí a směrem. Severní mají pozitivní hodnotu, jižní negativní. Mezinárodní setkání v roce 1884 ustanovilo poledník probíhající Královskou Greenwichskou (Royal Greenwich Observatory) observatoří hlavní neboli nultý. (Van Sickle, 2017)

5.4.1 Zeměpisná šířka

Zeměpisnou šířku definujeme jako úhel, který svírá normála n referenční plochy v ve hledaném bodě P s rovinou zemského rovníku. Na elipsoidu se značí řeckým písmenem φ (fi) a na kouli U. (Hojovec, Daniš, Hájek, & Veverka, 1987)

5.4.2 Zeměpisná délka

Zeměpisnou délku definujeme jako úhel, který svírá rovina určená zemskou osou SH a hledaným bodem P s podobnou rovinou, zvolenou za základní, procházející zvoleným základním bodem. Na elipsoidu se značí řeckým písmenem λ (lambda) a na kouli V. (Hojovec, Daniš, Hájek, & Veverka, 1987)

Šířku a délku je třeba odhadovat pomocí pozorovacích měření, pozorováním hvězd, vzdálenosti a směru mezi body. Tyto pozorovací metody byly v dnešní době nahrazeny moderní technologií, pozorováním založeným na základě satelitů, ale i tyto jsou závislé na astronomickém pozorování. Skrze tyto metody byla ustanovena soustava bodů na Zemi, pro které byly přesně určeny horizontální a vertikální pozice. Tyto pozice umožňují stanovit vztažnou soustavu včetně základního bodu. Pokud používáme sférický souřadný systém, musíme rovněž stanovit měřítko a orientaci užitého elipsoidu. Například při užití třídimenzionálního Kartézského souřadného systému musíme vymezit osy x, y, z včetně jejich počátku a orientace. Všechny ostatní souřadnicové body jsou měřeny s ohledem na tyto přesně změřené body. Mnoho zemí chce, či již vytvořilo, přesná geodetická měření. (Hojovec, Daniš, Hájek, & Veverka, 1987)

5.5 World Geodetic System 1984 - WGS84

World Geodetic System 1984 (WGS84) je geodetický referenční systém používaný Global Position Systém (GPS). WGS84 byl vyvinut pro U.S. Defense Mapping Agency (DMA), nyní známou jako National Imagery and Mapping Agency (NIMA). GPS přijímače počítají a ukládají souřadnice za podmínek definovaných WGS84. Tento systém je základní v mnoha Geografických Informačních Systémech (GIS).

Původní provedení WGS84 bylo založeno na pozorováních provedených satelitním systémem TRANSIT. Tyto souřadnice měly přesnost mezi jedním až dvěma metry. Po čase se provedla některá vylepšení. Je třeba poznamenat, že elipsoid WGS84 a elipsoid GRS80 jsou si velmi podobné, protože oba používají dvouosé referenční elipsoidy s pouze mírným rozdílem ve zploštění. Byli dále vylepšovány na kvalitě při několika příležitostech až do té doby, že nyní jsou velmi blízce zarovnány k International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

WGS84 byl dále zlepšen pomocí dat z GPS. Takovéto první vylepšení přišlo v sedm set třicátém týdnu provozu GPS, což dalo název i celému referenčnímu systému – WGS84 (G730). Druhé vylepšení nastalo v osm set sedmdesátém třetím týdnu provozu v roce 1996. Vznikl tak další standard WGS84 (G873), který se ještě více shodoval s ITRF. Stal se základem pro vysílání GPS tabulky (tabulka dat udávajících spočítané pozice astronomického objektu za pravidelných intervalů po určitou dobu) 29. ledna 1997. Informace získané pomocí GPS přispěli k přiblížení středu elipsoidů k vlastnímu geocentrickému hmotnému středu planety Země. Střed je původem oběžné dráhy satelitů a měření jsou od něj odvozena. Souřadnice odvozené přímo z pozorování GPS jsou často vyjádřeny pomocí tří dimenzionálních Kartézských souřadnic X, Y, Z se počátkem ve středu planety Země. (Van Sickle, 2017)

5.6 Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

Zkráceně také jako S-JTSK. Je definován pomocí vlastního kartografického zobrazení zvaného Křovákovo zobrazení.

Měřítka, poloha a orientace S-JTSK na povrchu Besselova elipsoid byly odvozeny od výsledků historických rakousko – uherských vojenských mapování v letech 1862–1898. 42 bodů na českém (československém) území slouží k převodním výpočtům. Co se týká astronomické orientace, ta byla měřena pouze na trigonometrickém bodu Hermannskogel

ležícího poblíž Vídně v Rakousku, GPS souřadnice (48.2703811 N, 16.2939422 E) (Čechurová & Veverka, 2009)

5.6.1 *Ferro*

Z důvodu pozdějšího užití tohoto pojmu je nutné jej definovat. Ferro je název pro Ferrský poledník, jenž definuje ostrov na Kanárských ostrovech zvaný El Hierro (také jinak Ferro, odtud i název). Využívá(l) se jako nultý poledník před zavedením greenwichského poledníku ve většině zemí Evropy, a to již od antiky. Je to nejstarší užívaný poledník. Prochází majákem Faro de Orchilla el Hierro, což je nejzápadnější místo v Evropě. Rozdíl v zeměpisné délce oproti Greenwichskému poledníku je $17^{\circ}40'$. Nicméně je vhodné dodat, že například pro země bývalého Rakouska – Uherska byly výpočty víceméně přesné. Mimo jiné v roce 1724 francouzský vědec De L'Isle definoval Ferrský primární (nultý) poledník jako poledník s podélnou délkou přesně 20 stupňů od Pařížské observatoře. To umožnilo přesnější zobrazení kontinentů. Byl opuštěn ve dvacátém století, ale zůstal základem pro některé sítě, pro nás je důležité zejména Křovákovo zobrazení. (Veverka, B., Ambrožová, K., & Čechurová, M. (2011))

5.7 Křovákovo zobrazení

Je to konformní kuželové zobrazení v obecné poloze. Využívá výše definovaný Besselův elipsoid.

Po vytvoření Československé republiky v roce 1918, vznikla potřeba vytvořit přesnější trigonometrický systém vhodný pro užití na nově vytvořeném území. Mnoho kartografů začalo vymýšlet návrhy, uvedu zde však pouze ty od inženýra Josefa Křováka. Ten v první variantě navrhoval dva pásy normálního kuželového zobrazení s dvěma rovnoběžkami $50^{\circ}20'$, $48^{\circ}40'$ společnou osu X v poledníku který byl 33° východně od Ferra. Do roviny se měl zobrazovat přímo elipsoid. Výhoda je celkem nízké délkové zkreslení. Nevýhoda byla vznik dvojích souřadnic z důvodu nutnosti zavedení přechodového pásu. V roce 1922 však pan inženýr mění svůj názor a vymýšlí nové, obecné kuželové zobrazení, které je akceptováno a užito jako dočasné. V roce 1932 je toto druhé zobrazení natrvalo zavedeno jako závazné. (Buchar, 1996)

5.8 Mercator a jeho variace

5.8.1 *Geraudus Mercator*

Jeden z nejvýznamnějších kartografů historie, Geraudus Mercator, který žil v letech 1512 až 1594 se narodil jako Gerard de Creme (Gerard De Kremer) ve vlámském

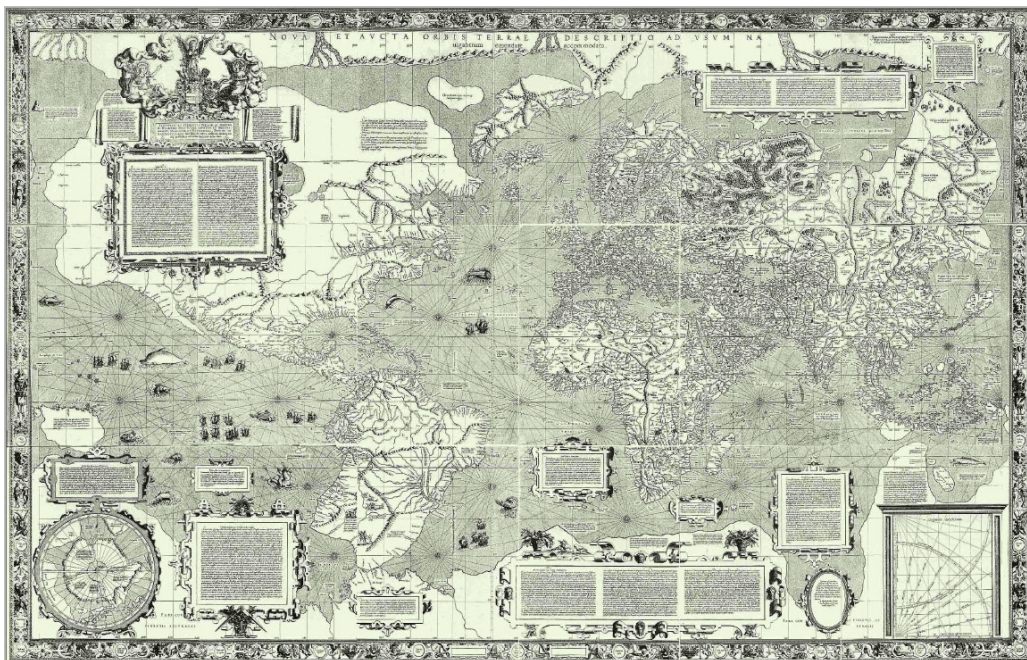
měště Rupelmonde (nyní součást dnešní Belgie). V té době byla latina jazykem vzdělané elity a mladí učenci si běžně převáděli do tohoto jazyka svá jména. Gerard de Kremer se rozhodl přejmenovat se na Gerauduse Mercatora.

Studoval v Hertogenboschi a Louvainu. V roce 1532 Mercator obdržel magisterský titul na Louvainské univerzitě. Studoval humanitní vědy, filosofii a navštěvoval lekce skvělého matematika a astronoma Gemma Frisiuse (žil v letech 1508 až 1555). Později se soustředil na zeměpis a s ním spojené disciplíny. Geraudus Mercator se stal respektovaným zeměpisným odborníkem. Vydělával na výrobě vysoce kvalitních map a glóbusů. V Duisburgu si založil vlastní dílnu. Velmi zajímavým faktem je, že pracoval jako dobrovolný učitel matematiky na místní střední škole, a navíc zde vytvořil sylabus matematické výuky.

Mercator také vymyslel novou metodu výroby glóbusů (Země i hvězdné oblohy), která umožnila rozšíření a zvýšení objemu výroby. V jeho době byly glóbusy obvykle vyráběny rytím na dřevěné či mosazné koule. Mercatorova technika spočívala v lepení papíru na dřevěnou konstrukci. Několik takto vyrobených glóbů se zachovalo do dnešních dní. Mercator je často označován za „otce atlasů“. Byl prvním, kdo použil slovo „atlas“ pro označení sbírky map.

V roce 1569 vytvořil nástěnnou mapu, která ho učinila slavným jako brilantního zeměpisce. Je to vůbec jedna z nejslavnějších map v historii.

Obrázek 4 - Mercatorova mapa světa z roku 1569



Zdroj: ("The 1569 Mercator map of the world")

Mapa byla vytvořena použitím válcové projekce na rovinu s korekcí ke konformitě. Jinak řečeno, zobrazení zachovává úhly. Mercatorovo zobrazení je nejpoužívanějším zobrazením v námořní navigaci. Je to z toho důvodu, že je možné použít pouze kompas a Mercatorovu mapu. To umožňuje velké zjednodušení námořní navigace. (Smetanová, Vargová, Biba, & Hinterleitner, 2016)

5.8.2 Mercatorovo zobrazení

Poledníky zeměpisné délky Mercatorova zobrazení jsou vertikální, paralelní, stejně vzdálené čáry říznuté v pravých úhlech horizontálními rovnými rovnoběžkami, které jsou poskládány směrem ke každému z pólů, takže zde zůstává konformita. Vzdálenost rovnoběžek na dané zeměpisné šířce na kouli je proporcionální k sečně zeměpisné šířky. Hlavní devizou tohoto zobrazení je, že plavební cesta mezi dvěma body je zobrazena jako rovná čára, za podmínky že směr či azimut lodi zůstane konstantní vzhledem k severu. Tento druh cesty se nazývá loxodroma a je obvykle delší než ortodroma (nejkratší spojnice dvou bodů na kulové ploše). Obě cesty mají stejnou délku pouze ve směru po polednicích a ve směru po rovníku. Zobrazení se od roku 1910 stalo standardem pro

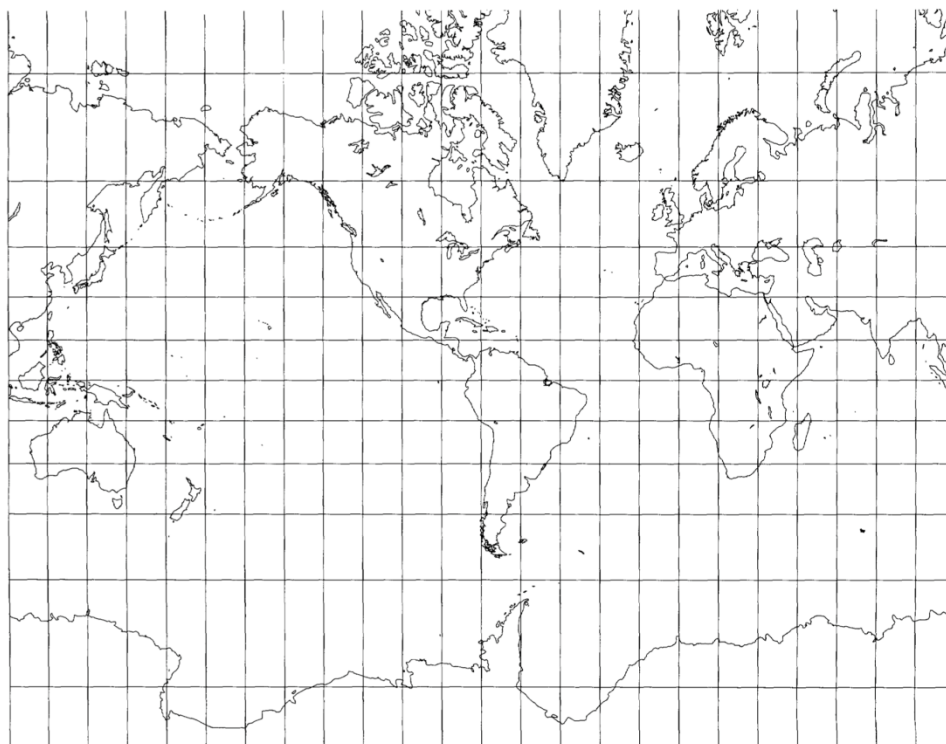
námořní mapy vytvářené americkou agenturou U.S. Coast and Geodetic Survey – nyní National Ocean Service.

Velké zkřivení plochy v Mercatorově zobrazení Země vede k chybným konceptům u světových map. Naprosto klasickým příkladem je srovnání velikosti Grónska a Jižní Ameriky. Na mapě vypadají téměř stejně velké, ačkoli v realitě je Grónsko osmkrát menší. Navíc nelze zobrazit severní a jižní póly, jelikož jsou v nekonečné vzdálenosti od ostatních rovnoběžek, což je činí vizuálně nedosažitelnými. S ohledem na dobu vzniku tohoto zobrazení i mapy tak byla pro objevitele cesta na pól zcela nemožná.

V posledních padesáti letech sílí mezi odbornou veřejností tlak na používání jiných zobrazení pro světové mapy, nicméně Mercatorovo zobrazení je stále dominantní. Mělo velký vliv na vývoj mapových zobrazení, zejména pak konformních. Zůstává standardním navigačním nástrojem. Je také velice vhodné pro konformní mapy v rovníkových oblastech. United States Geological Survey (USGS) ho využila pro tvorbu mapy Havaje.

Zajímavostí je využití Mercatorova zobrazení pro vesmírné mapování. První detailní mapa jiné planety, než Země byla vydána v roce 1972 v měřítku 1:25000000 agenturou USGS Center of Astrogeology (centrum pro vesmírnou geologii) a to Marsu, nasnímkovaného sondou Mariner 9. Následovala mapa Merkuru nafoceného sondou Mariner 10 v roce 1974 a viditelné strany Měsíce. Rovněž mapy některých planet obíhajících Saturn a Jupiter nasnímkované sondami Voyager v letech 1971–1981. Pro všechny výše zmíněné mapy bylo použito Mercatorovo zobrazení. (Snyder, 1987)

Obrázek 5 - Mercatorovo zobrazení



Zdroj: (Snyder, 1987)

5.8.3 *Tranverse Mercator*

Jelikož obyčejné Mercatorovo zobrazení má velmi malou chybu blízko rovníku (měřítko 10° vzdálené je pouze o 1,5 % větší než měřítko na rovníku), bylo nalezeno jako velmi užitečné také v příčné formě s rovníkem zobrazení otočeným o 90° tak, aby se shodoval s požadovaným centrálním poledníkem. Je to stejné jako obalení koule či elipsoidu reprezentujícího Zemi válcem tak, že se dotýká hlavního poledníku, a to celou svojí délkou místo zemského rovníku. Hlavní poledník může být věrný měřítku bez ohledu na to, jak daleko na sever či jih mapa zasahuje. Stejně jako běžný Mercator je i toto zobrazení konformní.

Příčné Mercatorovo zobrazení bylo vynalezeno matematikem a kartografem Johannem Friedrichem Lambertem, který jej publikoval v roce 1772 ve své knize *Beiträge* jako jedno ze sedmi nových zobrazení. (Snyder, 1987)

5.8.4 *Elipsoidní transverse (příčný) Mercator*

Lambert se elipsoidickou formou zabýval pouze nepřímo. To rozvinul až Carl Friedrich Gauss (1777–1855) v roce 1822 a v L. Krüger v letech 1912 a 1919 publikoval studie, které poskytovaly rovnice vhodné k výpočtům vztahujícím se k elipsoidu.

Zobrazení získalo název Gauss – Krügerovo, či Gauss Konformní, ale ve Spojených státech amerických se užívá obecného názvu Transverse Mercator (příčný Mercator). (Snyder, 1987)

5.8.5 Gauss – Krügerovo zobrazení

Patří do skupiny takzvaných zobrazení pro potřeby státních průzkumů. Je matematickým základem pro všechny výpočetní procesy s rozvojovými plány a map s vysokým rozlišením. Aktuálně pro potřeby státních výzkumů (má se na mysli zejména zeměměřičský průzkum) většina evropských zemí užívá Gauss – Krügerovo zobrazení. Gaussovo zobrazení rotačního elipsoidu na prostý povrch je definováno jako konformní zobrazení, které navíc splňuje dvě další podmínky: hlavní poledník je udán jako směr a podél hlavního poledníku nejsou žádné délkové deformace.

S výjimkou kartografie, geodetická zobrazení jsou používána pro všechny výpočty na prostém povrchu. Rovněž se užívají v následujících případech.

- Výpočet lineárních měření z geografických a obdélníkových souřadnic.
- Výpočty pro zeměpisnou šířku, délku a azimut.
- Výpočet zmenšení pro směry a délky.
- Výpočet geografických souřadnic z obdélníkových na prostě zobrazeném povrchu.
- Výpočet konvergence poledníku z obdélníkových a geografických souřadnic.
- Převod mezi sousedními souřadnými systémy.

V Gaussově systému je elipsoid zobrazen na prostý povrch za třech podmínek.

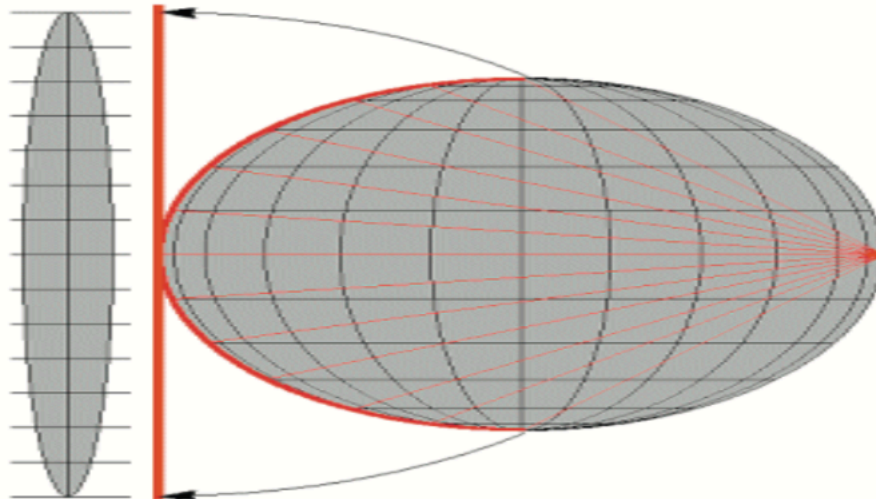
1. Zobrazení musí být provedeno pomocí analytických funkcí komplexních čísel.
2. Hlavní poledník je zobrazen jako směr a jeho zobrazení reprezentuje osu X souřadného systému, ke kterému je zobrazení symetrické, platí $\lambda_0 = \lambda$ $y = 0$
3. Osa X obdélníkového souřadného systému je kompatibilní s hlavním poledníkem, podél něhož nejsou žádné deformace pro $\lambda_0 = \lambda$

$$x = \int_0^{\omega} M d\varphi$$

Kde λ_0 je geodetická délka hlavního poledníku.

V tomto zobrazení jsou rovnoběžky a poledníky zobrazeny jako křivky. Poledníky jsou symetrické při porovnání s hlavním poledníkem, který je zobrazen jako směrnice. Rovnoběžky jsou také zobrazeny jako směrnice. Střed může být náhodně určen v libovolném bodě na hlavním poledníku, ale je obvykle definován mezi hlavním poledníkem a rovníkem.

Obrázek 6 - Gauss – Krügerovo zobrazení



Zdroj: (Van Sickle, 2017)

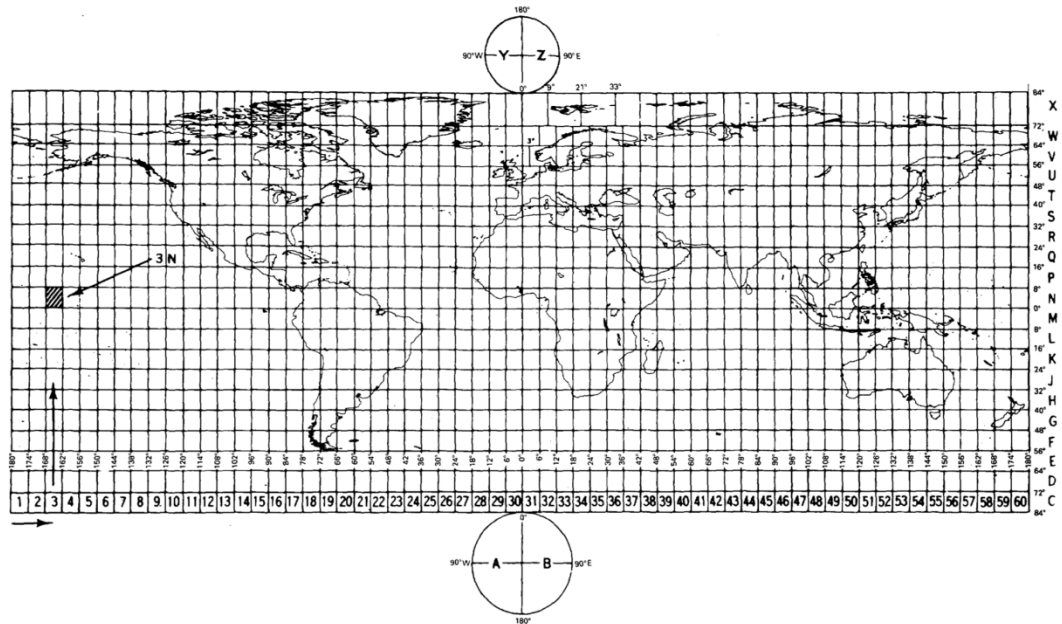
V tomto konformním zobrazení nejsou žádné deformace v úhlech. Hlavní poledník měří $m_0 = 0,9999$. Každá souřadnicová zóna pak má 3 stupně zeměpisné délky. První zóna má hlavní poledník v Greenwich 0 stupňů, druhá pak 3 stupně a tak dále. Číslo zóny je pak přidáváno jako prefix k souřadnici y. (Van Sickle, 2017), (Snyder, 1987)

5.8.6 Universal Transverse Mercator – UTM (univerzální příčné Mercatorovo zobrazení)

Zobrazení UTM bylo přijato armádou Spojených států v roce 1947 pro označování obdélníkových (pravoúhelných) souřadnic na vojenských mapách celého světa o velkých měřítkách. UTM je v podstatě elipsoidický příčný Mercator (Transverse Mercator) se specifickými definovanými parametry – například hlavní poledníky. Země mezi zeměpisnými šířkami 84°S a 80°J je rozdělena do 60 zón, každou o 6° šířky. Hraniční poledníky jsou rovnoměrně dělitelné 6°. Zóny jsou očíslovány od 1 do 60 postupujícím

východně od 180tého poledníku v Greenwichi. Písmenné označení postupuje od jihu k severu. (Snyder, 1987)

Obrázek 7 - UTM a jeho síť



Zdroj: (Snyder, 1987)

5.9 Cassiniho zobrazení

Přestože Cassiniho zobrazení bylo dnes většinou nahrazeno Transverse Mercatorem, stále se někdy využívá a bylo jedním z hlavních mapových zobrazení až do počátku dvacátého století. Vyvinul ho César François Cassini de Thury (žil v letech 1714 – 1784), vnuk Dominique Cassinho. Ten byl významným astronomem, který v roce 1669 začal prvně provádět astronomický výzkum v Paříži a poté započal i mapování celé Francie. Cassini de Thury byl třetím ze čtyř generací, která prováděla první detailní celonárodní mapování. V roce 1745 navrhl zobrazení, které s několika modifikacemi bylo hlavní pro všechny oficiální mapy Francie.

Místo rovnoběžek a poledníků, s výjimkou hlavního poledníku, Cassini zavedl systém čtverců s pravoúhelnou sítí souřadnic a poledníkem v Paříži sloužícím jako osa. Měřítko na tomto hlavním poledníku bylo věrné realitě. Matematická analýza J. G. Von Soldnera z počátku devatenáctého století vedla k více přesným elipsoidickým rovnicím. Proto se někdy toto zobrazení nazývá také Cassini – Soldnerovo. (Snyder, 1987)

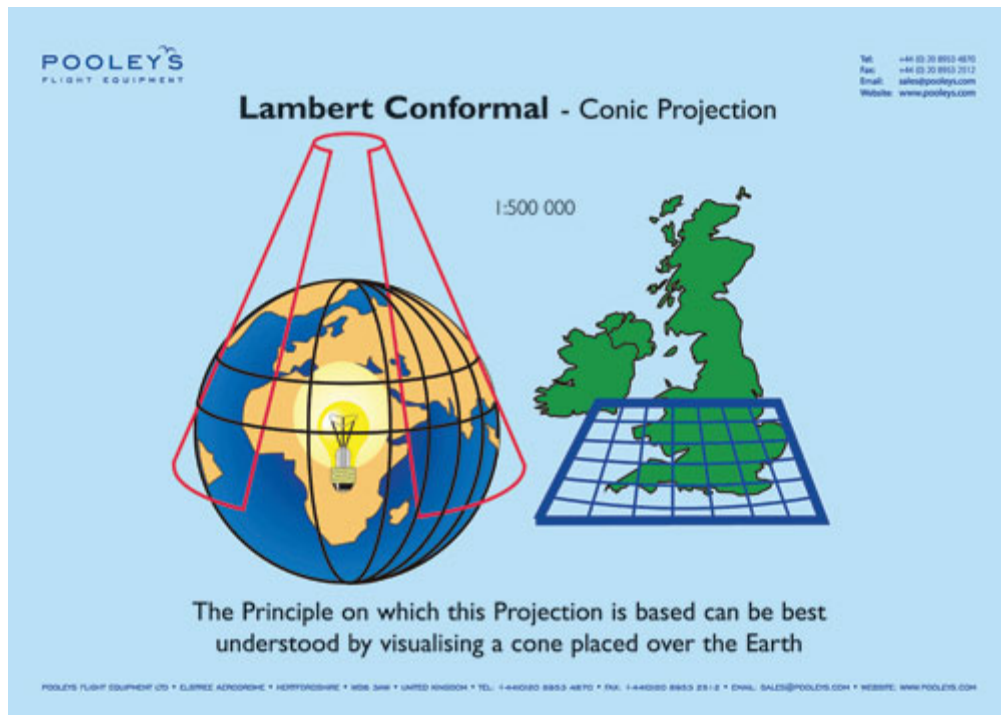
5.10 European Datum 1950

European Datum 1950, zobrazení známé spíše pod svojí zkratkou ED50. Vzniklo krátce po 2. světové válce. Důvodem byla nekompatibilita souřadnic mezi Německem, Nizozemskem a Francií. Bylo používáno ve většině západní Evropy. Využívá Hayfordův elipsoid. NATO jej využívalo jako jeden ze svých systémů přibližně do osmdesátých let. Střed zobrazení je v Helmerturm, Postdam, Německo. Tento bod ležel na území v době vzniku v tehdejší Východním Německu. Záměrem bylo zapojit socialistické státy, což se ale nepovedlo. Později vznikly také další verze, European Datum 1977 (ED77) a European Datum 1979 (ED79). (Maling, 2013; “Datum: European Datum 1950”, 2018)

5.11 Lambertovo zobrazení

Lambertovo zobrazení neboli Lambert Conformal Conic je sečná kuželová projekce se dvěma základními nebo standardními rovnoběžkami. Poledníky zobrazují jako přímky, potkávají se ve vrcholu kužele obvykle za hranicemi mapy. Rovnoběžky se zobrazují jako kružnice, jejichž střed leží ve vrcholu kužele. Poledníky a rovnoběžky se protínají v pravých úhlech. Úhly tvořené dvěma čarami nebo křivkami na zemském povrchu jsou korektní. Vymyslel jej Johann Heinrich Lambert v roce 1772 ve své knize *Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land – und Himmelscharten*. Zejména v britské literatuře jej lze nalézt také pod názvem *Conical Orthomorphic*. Používá se zejména v letecké dopravě, ale také v některých částech amerického State Plane Coordinate Systemu. Zajímavostí je aplikace zjednodušené verze Lamberta Francií pro bojové mapy 1. světové války. (Grafarend & Okeke, 2007; Snyder, 1987)

Obrázek 8 - Lambert Conformal Conic



Zdroj: ("LAMBERT CONFORMAL – CONIC PROJECTION POSTER", 2018)

5.12 Amersfoort

Amersfoort je zobrazení definované a vhodné pro použití v Nizozemsku. Na pevnině včetně Waddenzee, Fríských ostrovů a 20 km vzdálenosti od pobřeží. Pracuje s Besselovým elipsoidem a Greenwichským poledníkem. Hlavním bodem je město Amersfoort, po kterém se toto zobrazení jmenuje. Je vhodné pro geodetický výzkum či katastrální a topografické mapy. ("Datum: Amersfoort", 2018; "RDNAP", 2018)

6 Převod souřadnic

Převody jsou matematické mechanismy používané k převodu souřadnic z jednoho geodetického systému do druhého. Používá se pojem geodetické datum. To je datum popisující vztah souřadnicového systému k Zemi a většinou zahrnuje definici elipsoidu.

Pro převod mezi datумы lze využít několik metod. Mělo by se také rozlišovat mezi převody souřadnicového systému (datumu) a převody souřadnic. Převodem souřadnic se obvykle rozumí vyjádření souřadnic z jedné formy do druhé, ale stále ve stejném souřadnicovém systému. Na druhou stranu, převody datumů – souřadnicových systémů znamená, že souřadnice se převádí z jednoho souřadnicového systému do druhého. Například převod zeměpisné šířky a délky udané v North American Datum 83 (NAD83) do zeměpisné šířky a délky udané v North American Datum 27 (NAD27). V tomto případě dochází ke změně elipsoidu. Další komplikací je, že referenční elipsoidy pro NAD83 a GRS80 a elipsoid pro NAD27 a Clarka 1866 nejsou stejné. Dalším typickým problémem je rozdíl v orientaci původních a cílových os v původním a cílovém souřadném systému. Ty mohou vyžadovat, aby se shodovala například rotace, či měřítko vzdálenosti původního systému může být jiné než cílového a podobně. Každá z těchto změn může být matematicky vyřešena a udrží tak integritu při převodu z jednoho systému do druhého. Jinak řečeno, snahou je nesnížit převodem přesnost souřadnic. Nicméně se rovněž nezlepší. Například pokud je vzdálenost dvou bodů A a B změřena špatně, převodem tato chyba nezmizí. (Van Sickle, 2017)

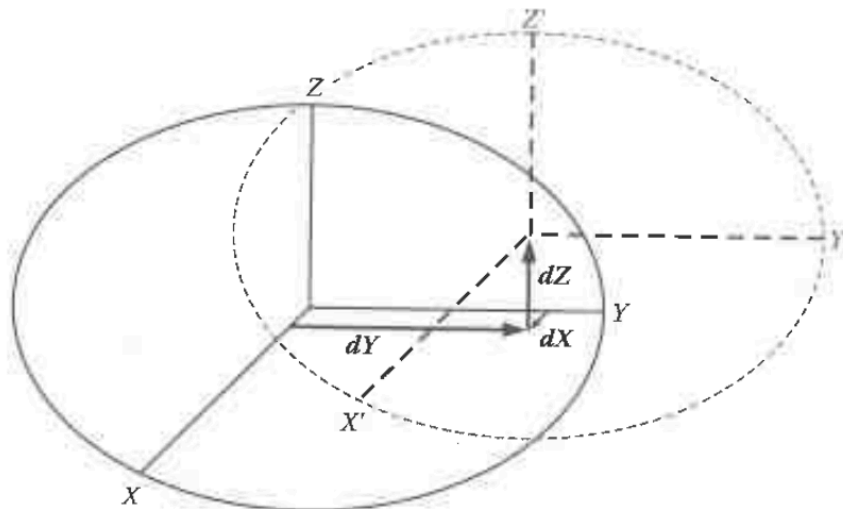
6.1 Referenční body

Při převodu souřadnicových systémů je velmi dobré, když jsou některé body zaměřeny jak v původním systému, tak v cílovém. Obvykle se tyto body nazývají referenční body. Referenční bod má v jednom systému souřadnici a v jiném systému zcela jinou souřadnici, ale stále reprezentuje jedno, a to samé místo. Přesnost zaměření a rozložení těchto bodů je významný faktor při pravdivosti převodu souřadných systémů. Při převodu platí, že čím více referenčních bodů tím lépe. Ještě lepší je, když jsou navíc rozloženy rovnoměrně. Znatelně se tak zlepšuje přesnost. Tyto faktory ovlivňují výsledek převodu zcela stejnou měrou, jako použitá metoda. Pokud je k dispozici síť referenčních bodů, můžeme navíc ověřit přesnost výsledku. (Van Sickle, 2017)

6.2 Molodeskiho převod

Tato metoda je pojmenována po ruském fyzikovi z dvacátého století M.S.Molodenském. Je také známa pod názvy tříparametrová či pětiparametrová konverze. Využívá se v některých GPS přijímačích. S nárůstem využití GPS rovněž vrostl počet využití této metody. Nejčastěji se totiž používá při převodu souřadnic z WGS84 do místního systému. Koncept Molodenskiho transformace je poměrně jednoduchý a dostupný v mnoha GIS systémech. Závisí na posunu do tří geocentrických souřadnic, které jsou přiloženy přímo do geografických souřadnic. Obvykle to vyžaduje parametry elipsoidu původního a cílového systému a také velikost posunutí X , Y , Z geocentrických souřadnic. Jinak řečeno, používá jednoduché přímočaré rovnice k posunutí počátku z původního souřadnicového systému do cílového podél X , Y , Z os založených na průměrných rozdílech mezi X , Y , Z souřadnicemi výše zmíněných referenčních bodů. V této metodě se nepoužívá škálování či rotování.

Obrázek 9 - Molodenskiho transformace



Zdroj: (Van Sickle, 2017)

Jako každá matematická operace tohoto typu je i hodnota tohoto převodu závislá na dostupnosti a přesnosti dostupných referenčních bodů. Molodenskiho transformace je založena na předpokladu, že osy původního a cílového elipsoidu jsou k sobě paralelní. To je pravda pouze málokdy, ale pokud pracujeme pouze s územím o malé rozloze, efekt odhadu může být nevýznamný. Ovšem když vzroste velikost území, se kterým pracujeme, roste rovněž i nepřesnost a odchylka. Stručně lze říci, že Molodenskiho převod je

dostačující, když se nevyžaduje absolutní přesnost. Pokud je přesnost vyžadována, je vhodné do převodu zahrnout také parametry rotace a škálování – zmenšení či zvětšení. (Van Sickle, 2017)

6.3 Bursa-Wolfův převod

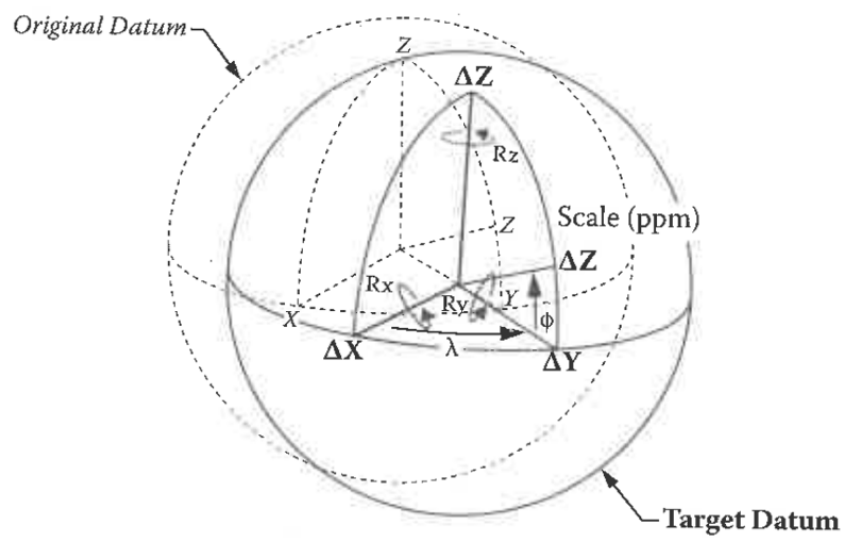
Tento převod je znám také pod jménem Helmertův či sedmiparametrový převod. Bere na vědomí, že převody souřadnicových systémů nemohou zlepšit přesnost souřadnic, které převádějí. Nicméně když se zvýší počet parametrů, výsledkem je zlepšená přesnost souřadnic v cílovém systému.

Pro převod z jednoho geocentrického systému do druhého lze užít sedm parametrů Bursa-Wolfova přístupu. Tři posunutí, tři rotace a jedno zmenšení. Posunutí jsou obvykle vyjádřena jako ΔX ΔY ΔZ , nebo DX , DY , DZ , či také u , v , w . Každopádně v jakémkoliv případě tři vzdálenosti posunutí jsou uváděny v metrech. Jejich cílem je posunout elipsoid podél každé os. Poté skrz rotaci každé z těchto os se dostane do pozice, kdy osy počátečního a cílového systému jsou paralelní. Tři rotační parametry x , y , z , os jsou značeny jako EX , EY , EZ , nebo rX , rY , rZ , nebo ϵ_x , ϵ_y , ϵ_z , nebo ϵ , ψ , ω . Specifikují úhly. Tyto úhly jsou obvykle menší než 5 úhlových vteřin a jsou spočteny vytvořením kombinované rotační matice. Nakonec je transformace škálována (zmenšena či zvětšena). Škálovací faktor je však obvykle pouze v několik jednotek z milionu.

Tato metoda je také známa jako třídímenzionální Helmertova, či dimenzionální konformní. Sedmiparametrová transformace by na začátku měla pracovat alespoň se třemi souřadnicemi, které jsou společné pro počáteční a cílový systém. Ovšem čím více, tím lépe. Nutná je také znalost výškového parametru u referenčních bodů.

Kvalita výsledku opět závisí na konzistenci rozložení bodů počátečního a cílového systému. (Van Sickle, 2017)

Obrázek 10 - Bursa – Wolfův převod



Zdroj: (Van Sickle, 2017)

7 Ukázka algoritmizace převodu souřadnic z WGS84 do SJTSK

Převod lze rozdělit na čtyři kroky. Autorem použitých matematických rovnic je pan Hrdina. (Hrdina, 1997).

7.1 Výpočet pravoúhlých (zeměpisných) souřadnic

Nejdříve je třeba vypočítat pravoúhlé (zeměpisné) souřadnice. Na toto je použita samostatná metoda `Pravouhle_Souradnice_WGS`. K tomu je zapotřebí dvou konstant, e a p .

e je excentricita elipsoidu

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \quad (1)$$

```
double e = Math.Sqrt((1 - (Math.Pow(6356752.3142, 2) / Math.Pow(6378137, 2))));  
//excentricita elipsoidu
```

Je zde využita třída `Math`. Tato třída je používána i dále v celém programu. Za b je dosazen elipsoid WGS84 a za a poloměr zeměkoule.

p je příčný poloměr křivosti

$$p = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2(\phi)}} \quad (2)$$

```
double p = (6378137 / (Math.Sqrt(1 - Math.Pow(e, 2) * Math.Pow(Math.Sin(Math.PI *  
s / 180), 2)))); //pricny polomer krivosti
```

Za písmeno s je zde dosazen vstup, konkrétně pak zeměpisná geodetická šířka ϕ . Nyní se může přikročit k samotnému výpočtu.

$$x = (\rho + H) \cos(\phi) \cos \lambda \quad (3)$$

```
double xwgs = (p + h) * Math.Cos(Math.PI * s / 180) * Math.Cos(Math.PI * d / 180);
```

S je zeměpisná geodetická šířka ϕ a d zeměpisná geodetická délka λ .

$$y = (\rho + H) \cos(\phi) \sin(\lambda) \quad (4)$$

```
double ywgs = (p + h) * Math.Cos(Math.PI * s / 180) * Math.Sin(Math.PI * d / 180);
```

Za h je dosazena elipsoidická výška H . PI je konstanta π její hodnota je 3.14159265358979323846 (“Math.PI Field”, 2017)

$$z = ((1 - e^2)\rho + H) \sin(\phi) \quad (5)$$

```
double zwgs = ((1 - (Math.Pow(e, 2))) * p + h) * Math.Sin(Math.PI * s / 180);
```

Nyní jsou proměnných $xwgs$, $ywgs$, $zwgs$ uloženy pravoúhlé souřadnice.

7.2 Výpočet pravoúhlých zeměpisných souřadnic S-JTSK

Pro tento výpočet je užitá samostatná metoda `Pravouhle_Souradnice`, celou je jí možno vidět v příloze.

Využívá se zde souboru bodů z kampaně DOPNUL (viz níže).

Tabulka 1 - Soubor bodů z Kampaně DOPNUL

X_0 [m]	Y_0 [m]	Z_0 [m]
-570,69	-85,69	-462,84

Zdroj: (Hrdina, 1997)

Posunutí wz

r

```
double wz = 5.2611 / 3600 * Math.PI / 180;
```

Posunutí wy

r

```
double wy = 1.58676 / 3600 * Math.PI / 180;
```

Posunutí wx

r

```
double wx = 4.99821 / 3600 * Math.PI / 180;
```

Měřítka je konstantní, jeho hodnota je -0,000003543

Výpočet x

R

```
double xjtsk = dx + (1 + m) * (xwgs + wz * ywgs - wy * zwgs);
```

Výpočet y

R

```
double yjtsk = dy + (1 + m) * (-wz * xwgs + ywgs + wx * zwgs);
```

Výpočet z

R

```
double zjtsk = dz + (1 + m) * (wy * xwgs - wx * ywgs + zwgs);
```

Nyní byly získány pravoúhlé souřadnice S-JTSK.

7.3 Výpočet geodetických souřadnic S-JTSK z Besselova elipsoidu

Zde se používá samostatná metoda `Geodeticke_Souradnice_Jtsk`. Do této metody jako vstupní parametry slouží výsledky metody přechozí.

Nejdříve je třeba stanovit konstanty. Elipsoid je určen obvykle dvěma hodnotami, velkou poloosou a a zploštěním f . Jsou použity hodnoty pro $a = 6377397.15508$, pro $f = 299.152812853$.

Nyní je ještě nutné vypočítat excentricitu.

```
var ebess = Math.Sqrt((1 - (Math.Pow(bbess, 2) / Math.Pow(abess, 2))));
```

A příčný poloměr křivosti.

```
var ro = abess / Math.Sqrt(1 - Math.Pow(ebess, 2) * Math.Pow(Math.Sin(Math.PI * s / 180), 2));
```

Nyní bude označena p vzdálenost bodu od počátku promítnutou do roviny geodetického rovníku

$$p = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (6)$$

```
double p = Math.Sqrt(Math.Pow(xjtsk, 2) + Math.Pow(yjtsk, 2));
```

Nyní bude využito vztahů platících pro geodetickou délku

$$\cos(\lambda) = \frac{x}{p} \quad (7)$$

$$\sin(\lambda) = \frac{y}{p} \quad (8)$$

z tohoto bude určena délku dle

$$\lambda = 2 \arctan\left(\frac{y}{x + p}\right) \quad (9)$$


```
double lambda = 2 * Math.Atan((yjtsk / (xjtsk + p)));
```

Pokud bude odstraněna délka z hlavní rovnice, budou získány dvě rovnice pro šířku a výšku

$$p = \left(\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2(\phi)}} + H \right) \cos \phi \quad (10)$$

$$z = \left(\frac{a(1 - e^2)}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2(\phi)}} + H \right) \sin \phi \quad (11)$$

Z tohoto je dále eliminována výška a bude získána rovnice pro tangens šířky $t = \tan \phi$

$$t = \frac{z}{p - \frac{ae^2}{\sqrt{1 + (1 - e^2)t^2}}} \quad (12)$$

Tuto rovnici je třeba řešit iteračně

$$t = \frac{z}{p - \frac{ae^2}{\sqrt{1 + (1 - e^2)t_{i-1}^2}}} \quad i = 1, 2, 3, 4 \dots, n \quad (13)$$

Ruční výpočet této iterace je náročný na čas i lidské zdroje. Zde algoritmizace ušetří mnoho času i úsilí a umožní dosáhnout mnohem větší přesnosti díky většímu

počtu iterací. Provést 100 ručních iterací je náročné.

```
double t0 = zjtsk / (1 - Math.Pow(ebess, 2)) * p;  
double t1 = zjtsk / (p - (abess * Math.Pow(ebess, 2)) / Math.Sqrt(1 +  
(1 - Math.Pow(ebess, 2)) * Math.Pow(t0, 2)));  
  
double next_t = t1;  
double previous_t = 0;  
int control = 0;  
  
for (int i = 0; i < 100; i++)  
{  
    next_t = zjtsk / (p - (abess * Math.Pow(ebess, 2)) / Math.Sqrt(1 +  
(1 - Math.Pow(ebess, 2)) * Math.Pow(next_t, 2)));  
  
    if (next_t == previous_t)  
    {  
        control += 1;  
    }  
  
    if (control == 10)  
    {  
        break;  
    }  
  
    previous_t = next_t;  
}
```

7.3.1 For cyklus

Výše pomáhá jednoduchý for cyklus. Někdy se také užívá výrazu smyčka. For obsahuje, podobně jako v jiných programovacích jazycích, tři části. Nejdříve se vykoná příkaz před začátkem cyklu a užívá se k inicializaci proměnné iterátoru. Druhou část tvoří logický výraz, jenž provede určitou část příkazů, pokud je pravdivý. Poslední částí je příkaz, který se provede po každé iteraci a většinou se používá k změně hodnoty iterační proměnné. Lze říci, že se příkaz stále opakuje, doposavad není logický výraz vyhodnocen jako false (nepravdivý). (“Příkazy for”, 2002; “Příkazy smyček”, 2003)

Počet iterací byl vybrán 100, jelikož je to dostatečně vysoký počet pro zajištění kvalitní přesnosti a zároveň příliš nezatěžuje systémové prostředky.

Poté určíme geodetickou šířku

$$\phi = \arctan(t) \tag{14}$$

```
double fijtsk = Math.Atan(next_t);
```

a elipsoidickou výšku

$$H = \sqrt{1 + t^2} \left(p - \frac{a}{\sqrt{1 + (1 - e^2)t^2}} \right) \quad (15)$$

```
double H = Math.Sqrt(1 + Math.Pow(next_t, 2)) * (p - abess / Math.Sqrt(1 + (1 - Math.Pow(ebess, 2)) * Math.Pow(next_t, 2)));
```

7.4 Transformace geodetických souřadnic JT SK na pravoúhlé JT SK

Jako poslední krok je nutné převést spočtené souřadnice na pravoúhlé. Využívá se k tomu metoda nazvaná Transformace_Geodetických_Souradnic_JT SK_Na_Pravouhlej_JT SK.

Tuto operaci je vhodné rozdělit do čtyř částí.

Jako první výpočet sférické šířky a délky.

(ϕ a λ jsou v radiánech, a , e jsou parametry Besselova elipsoidu)

Sférická šířka

$$U = \arctan \left(k \left(\left(\frac{1 - e \sin \phi}{1 + e \sin \phi} \right)^{\frac{e}{2}} \tan \left(\frac{\phi}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right)^a \right) - \frac{\pi}{2} \quad (16)$$

Sférická délka

$$V = \left(\lambda + \frac{53 \pi}{3 \cdot 180} \right) \quad (17)$$

Konstanty a , k , jsou dány střední zeměpisnou šířkou $\phi_0 = 49^\circ 30'$

$$a = \sqrt{1 + \frac{e^2}{1 - e^2} \cos^4(\phi_0)} \cong 1,000597498371542 \quad (18)$$

$$k = \tan \left(\frac{U_0}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \left(\tan^{-1} \left(\frac{\phi_0}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \left(\frac{1 + e \sin(\phi_0)}{1 - e \sin(\phi_0)} \right)^{\frac{e}{2}} \right)^a \cong 1,0034191639665 \quad (19)$$

U_0 je kulová šířka odpovídající ϕ_0

$$U_0 = \arcsin \left(\frac{\sin(\phi_0)}{a} \right) \cong 49^\circ 27' 35,84625477'' \cong 0,863239102658488 \text{ rad} \quad (20)$$

```

//4.1 krok - vypocet sfericke sirky a delky
double k = 1.00341916396657;
double alfa = 1.00059749837154;

//parametry elipsoidu Besselova
var abess = 6377397.15508;
var f1bess = 299.152812853;
double fbess = 1 / f1bess;
double bbess = abess * (1 - fbess);

double ebess = Math.Sqrt((1 - (Math.Pow(bbess, 2) / Math.Pow(abess, 2))));
//excentricita elipsoidu
double ro = (abess / (Math.Sqrt(1 - Math.Pow(ebess, 2) *
Math.Pow(Math.Sin(Math.PI * s / 180), 2)))); //pricny polomer krivosti
double Ukrok0 = (1 - ebess * Math.Sin(fijtsk)) / (1 + ebess *
Math.Sin(fijtsk));
double Ukrok1 = Math.Pow(Ukrok0, (ebess / 2));
double Ukrok2 = Math.Tan(fijtsk / 2 + Math.PI / 4);
double Ukrok3 = Ukrok1 * Ukrok2;
double Ukrok4 = Math.Pow(Ukrok3, alfa);
double Ukrok5 = k * Ukrok4;
double Ukrok6 = 2 * Math.Atan(Ukrok5);
double U = Ukrok6 - Math.PI / 2;

double Vkrok1 = 53.000000000000 / 3; //TADY
double Vkrok2 = Math.PI / 180;
double Vkrok3 = lambda + Vkrok1 * Vkrok2;
double V = alfa * (Vkrok3);

```

Druhý krok je výpočet kartografických souřadnic

Kartografická šířka S

$$S = \arcsin(\sin(Uq) \sin(U) + \cos(Uq) \cos(U) \cos(\Delta V)) \quad (21)$$

```

var lambdaq = 0.7417649321;
var Uq = 1.04216856379751;

double deltaV = alfa * lambdaq - V;
double S = Math.Asin(Math.Sin(Uq) * Math.Sin(U) + Math.Cos(Uq) *
Math.Cos(U) * Math.Cos(deltaV));

```

Kartografická délka D

$$D = \arcsin\left(\sin(\Delta V) \frac{\cos(U)}{\cos(S)}\right) \quad (22)$$

```

double D = Math.Asin(Math.Sin(deltaV) * Math.Cos(U) / Math.Cos(S));

```

Třetím krokem je výpočet polárních souřadnic.

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{\tan\left(\frac{S_0}{2} + \frac{\pi}{4}\right)}{\tan\left(\frac{S}{2} + \frac{\pi}{4}\right)} \right)^n \quad (23)$$

$$\varepsilon = nD$$

konstanty jsou dány $n = 0.97992470462083$; a $\rho_0 = 1298039,004638987$

```
var S0 = 1.370083463;
var ro0 = 1298039.00463898;
var n = 0.97992470462083;

double Ro = ro0 * Math.Pow(Math.Tan(S0 / 2 + Math.PI / 4) /
Math.Tan(S / 2 + Math.PI / 4), n);
double eta = n * D;
```

Posledním krokem je už výpočet pravouhlých souřadnic X, Y

$$Y = \rho \sin(\varepsilon) \quad (24)$$

```
var Y = Ro * Math.Sin(eta);
```

$$X = \rho \cos(\varepsilon) \quad (25)$$

```
var X = Ro * Math.Cos(eta);
```

8 Program

8.1 O programu

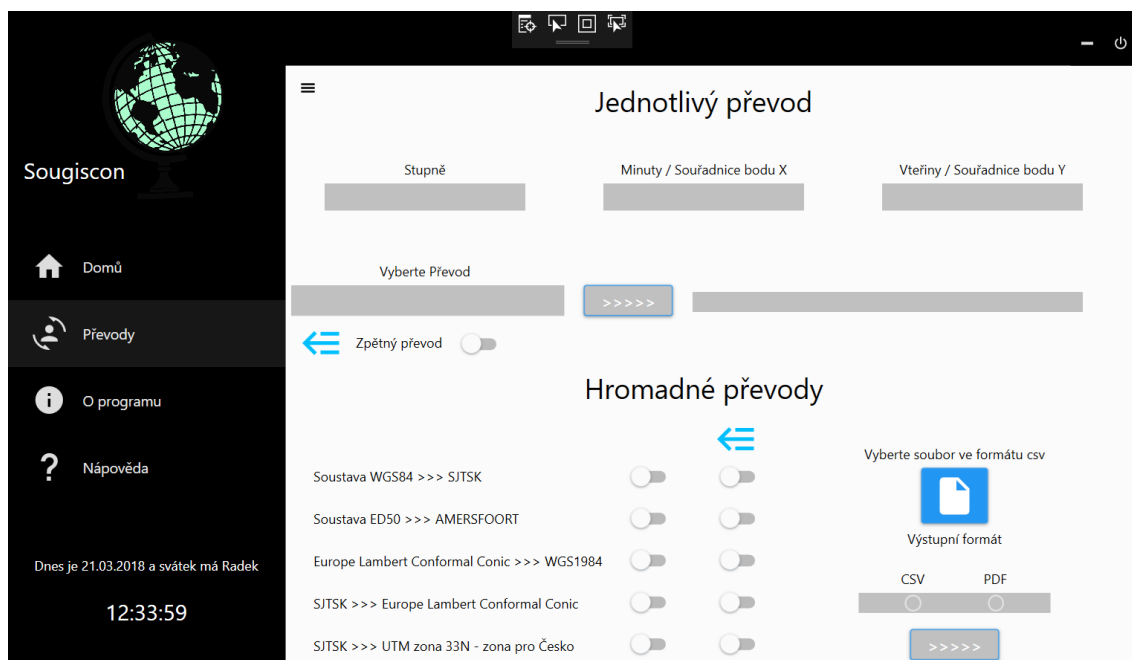
Byl vytvořen program nazvaný Sougiscon, a to za pomoci výše zmíněných vývojových nástrojů. Převádí různé souřadnice. Umožňuje jednotlivý i dávkový převod. Převedené souřadnice je možné exportovat do csv nebo pdf souboru. U převodů je možno vidět postup výpočtu. Převádí geodetické souřadnice v systému WGS-84 (ITRF) do rovinných souřadnic S-JTSK. Zpětný převod převádí souřadnice v S-JTSK do běžných zeměpisných souřadnic WGS-84. Dále souřadnice v systému WGS-84 do ETRS / LAEA a zpět. Dále souřadnice v Europe Lambert Conformal Conic a zpět. Dále souřadnice v S-JTSK do Europe Lambert Conformal Conic a zpět. Dále souřadnice v UTM v zóně 33 N, což je zóna, ve které se nachází i Česká republika do S-JTSK a zpět. Dále souřadnice v ED50 do Amersfoort.

Souřadné systémy pro převod byly vybrány s ohledem na požadavky cílových uživatelů.

8.2 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je vytvořeno tak, aby bylo přehledné a intuitivní i pro nezkušené uživatele.

Obrázek 11 - Okno s převody



Zdroj: vlastní tvorba

Na obrázku 11 lze vidět obrazovku zvanou Převody. Toto je nejdůležitější pracovní prostředí. Samotné převody jsou rozděleny na sekci pro jednotlivý a hromadný převod. Pro jednotlivý převod se systémy vybírají z rolovacího menu. Program obsahuje část s popisem programu, zde se píše o jednotlivých funkcích a také nápovědu. Jako doplňková funkce je uvedení aktuálního času, data a jmenin. Celé uživatelské rozhraní lze vidět v příloze.

9 Licence

Uvedení licence, a tudíž specifikace, jak lze zacházet s programem je poměrně důležitá, ačkoliv často opomíjená záležitost. Správný výběr licence často určí další osud programu. Nikdo po nás sice její uvedení nepožaduje, rozhodnutím nevyužít žádnou se ovšem vzdáváme zásadního vlivu. Pokud totiž chceme náš program zveřejnit široké veřejnosti, uvedení licence je takřka nutné. Dnešní veřejnost si z velké části myslí, že žádná licence rovná se program je kompletně zdarma a mohu si s ním dělat, co chci. Upravovat, šířit či prodávat. Opak je ale pravdou. Bez uvedení licence je copyright náš a bez našeho svolení není dovoleno cokoli měnit. Někdy ale chceme náš výtvar dát k dispozici veřejnosti a zároveň zabránit nějaké úpravě ve formě, kdyby někdo třetí použil část našeho kódu a následně svůj program zpoplatnil. Toto je i náš konkrétní případ.

9.1 Open source a výběr správné licence

Nyní, když jsme se rozhodli plně se oddat myšlence open source, nastal čas vybrat z několika různých licencí. Nejdříve však krátce připomenou, co lze pod pojmem open source chápat.

Standard byl definován organizací Open Source Initiative a obsahuje deset základních pravidel. (“The Open Source Definition”, 2007).

1. Volná redistribuce – licence nesmí zakazovat šíření programu a nesmí požadovat žádné poplatky za případné použití.
2. Zdrojový kód – program musí obsahovat zdrojový kód a musí dovolovat jeho úpravy a šíření. Zároveň musí být v dobře použitelné formě, aby ho mohl programátor použít. Zdrojový kód uveřejněný v textovém dokumentu, například ve formě souboru vytvořeném Microsoft Wordem není vhodná forma.
3. Odvozená díla – licence musí dovolovat úpravy a tvorbu odvozených děl a jejich šíření pod stejnou licenci jako původní software
4. Integrita autora zdrojového kódu – licence může omezit zdrojový kód a jeho použití pouze k originálnímu účelu.
5. Zákaz diskriminace osob či skupin – licence nesmí nikoho diskriminovat.
6. Zákaz diskriminace určitých úsilí – licence nesmí zakazovat využití programu ve specifickém odvětví.
7. Distribuce licence – práva k programu se musí vztahovat na všechny, jejichž program je redistribuován bez nutnosti přidávat další licence.

8. Licence nesmí být konkrétně k jednomu produktu – práva k programu nesmí záviset na tom, že program je součástí nějaké softwarové distribuce
9. Licence nesmí zakazovat ostatní software – licence nesmí udávat zákazy na další software, se kterými je program šířen. Například nesmí říkat, že další programy na stejném DVD musí být také open source.
10. Licence musí být technologicky neutrální – licence nesmí preferovat nějaký druh technologie či rozhraní.

Open source licencí je velké množství, praxi se ale používá pouze několik z nich. (“Open Source Licenses by Category”, 2007)

- Apache License 2.0 (Apache-2.0)
- 3-clause BSD license (BSD-3-Clause)
- 2-clause BSD license (BSD-2-Clause)
- GNU General Public License (GPL)
- GNU Lesser General Public License (LGPL)
- MIT license (MIT)
- Mozilla Public License 2.0 (MPL-2.0)
- Common Development and Distribution License version 1.0 (CDDL-1.0)
- Eclipse Public License version 2.0

Jsou však mezi nimi značné rozdíly a při výběru je vhodné zodpovědět pár otázek.

- a) Jak budou upraveny budoucí formy modifikací?
- b) Chceme umožnit šíření našeho programu i pod jinou než námi vybranou licenci?
- c) Záleží nám na právní jurisdikci licence?
- d) Vlastníme nějaké patenty?
- e) Chceme nařídit uvádění našeho autorství i ve více viditelné formě?
- f) Chceme zakázat využití našeho jména při eventuální propagaci programu?

Vyznat se v těchto otázkách je poměrně komplikované, proto bylo využito jakési kalkulačky. (“Licence differentiator”, 2018)

V aktuálním případě jsou odpovědi následující:

- a) Ano, chci upravit budoucí formy modifikace.
- b) Ne, nechci umožnit šíření mého programu pod jinou licenci.
- c) Na otázce jurisdikce mi nezáleží.
- d) Ne
- e) Ne
- f) Ano

Na základě těchto odpovědí nejlépe vychází licence GNU General Public License (GPL), která také byla použita.

10 Prezentace a distribuce

V dnešní době je nedílnou součástí vývoje programu, či spíše práci na něm, také jeho prezentace a rozšíření mezi uživatele. Lze nalézt mnoho velmi kvalitních a užitečných programů, které skončily v propadlišti dějin jen proto, že nebyly dostatečně dobře či správně prezentovány své cílové uživatelské skupině.

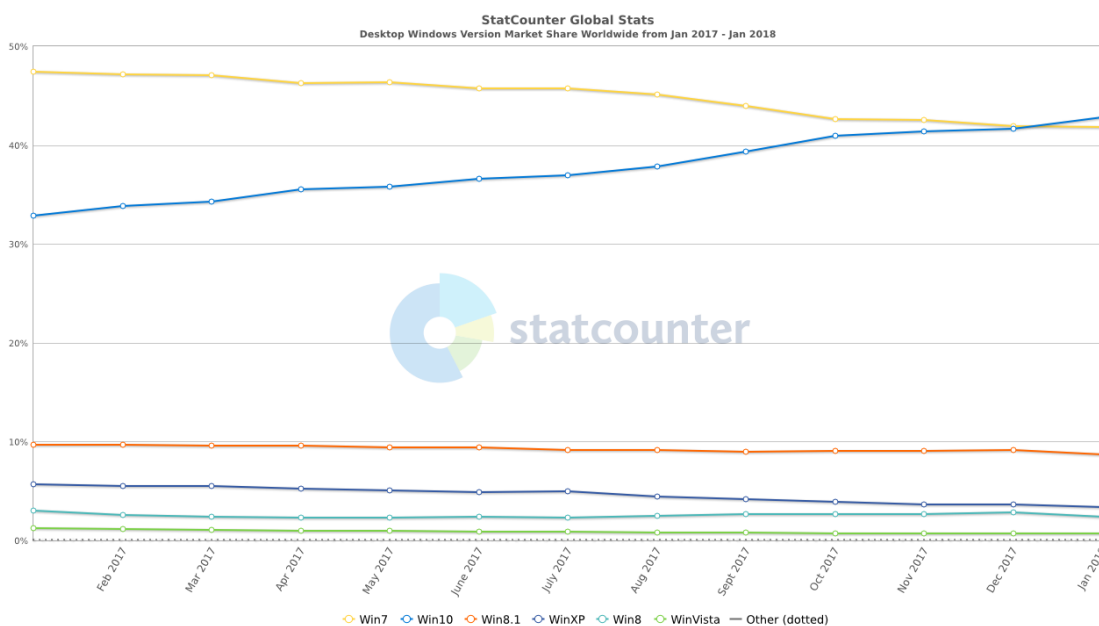
10.1 Trendy

Trendem dnešní doby je publikace aplikací v takzvaných obchodech. Zejména to platí na mobilních platformách. V systému společnosti Apple si na své mobilní zařízení s operačním systémem iOS stáhnete pouze z oficiálního obchodu zvaného AppStore. Na druhé hlavní platformě Android od Google je sice možné stahovat i mimo oficiální kanály, je to však obtížné. Na desktopových systémech není situace tak centralizována, ale i zde se trend se zaváděním obchodů projevuje stále silněji, kdy se na všech třech hlavních platformách dle tržního podílu (Microsoft Windows, Apple MacOS, Linux) objevila nějaká forma obchodu. Vzhledem k zaměření programu na Microsoft Windows se podrobněji rozebere situace zde.

10.1.1 *Varianty systému Windows*

Dominance Windows jako takového je vcelku jasná a dlouhodobě poměrně stabilní. Ovšem podíl jednotlivých verzí se postupně mění a je třeba na to brát ohled. Windows 7 tvoří stále přes 40 % trhu.

Obrázek 12 - Tržní podíl verzí Windows



Zdroj: ("Desktop Windows Version Market Share Worldwide: Jan 2017 - Jan 2018", 2018)

Obchodem zde je Microsoft Store, jež přišel s verzí Windows 8, ale ve větší míře se prosadil až s Windows 10. V tomto „Storu“ lze nalézt mnoho programů, ale stále netvoří hlavní kanál pro jejich získávání. Publikací programu exklusivně pouze v Obchodě vzniká velké riziko, že zapadne mezi mnoha dalšími, a navíc by se ignorovalo téměř 40 % trhu zaujímaného Windows 7. Ty mají navíc výsadní postavení v enterprise segmentu.

10.2 Programové katalogy a vlastní stránky

Program lze také publikovat v nejrůznějších programových katalogích, v České Republice je jedním z významnějších stránek www.slunecnice.cz. Nalezneme zde však spíše programy či utility s menším významem.

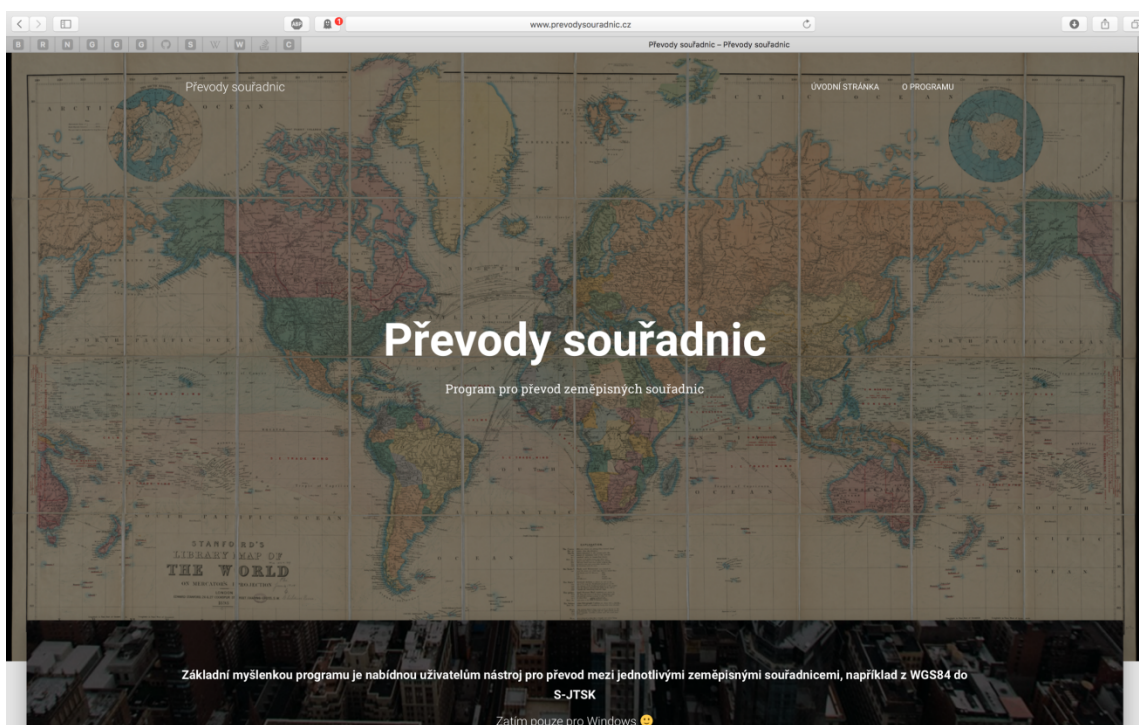
Většina významnějších programů má svojí vlastní webovou prezentaci, které jsou zaměřeny na ukázání hlavních předností produktu. Zároveň je zde lze stáhnout. Uživatelská široká veřejnost na toto distribuční schéma navyklá. Proto doporučujeme založení vlastní webové stránky. Při její správné optimalizaci lze očekávat nejlepší zásah uživatelů.

10.3 Webová prezentace

Webové stránky jsou založeny na systému WordPress, což je webový systém pro správu obsahu – content management systém (CMS), který dává uživatelům možnost jednoduše vytvořit a publikovat webovou stránku. Služba běží na open source. Od svého vzniku v roce 2003 se stal nejpoužívanějším nástrojem, běží na něm více jak 20 % světových webových stránek. (Caffrey, 2016)

Výběr domény se řídil základními pravidly search engine optimization (SEO). Nakonec byla zvolena doména www.prevodysouradnic.cz, která jasně vystihuje podstatu stránky. Ta byla zaregistrována u registrátora domén certifikovaného správcem domény .cz společností CZ.NIC. Dále byl zakoupen hosting u společnosti Ebola. Zde byl vybrán základní tarif, který zatím zcela postačuje současnému účelu. (“Ebola webhosting”, 2018)

Obrázek 13 - Úvodní stránka



Zdroj: vlastní tvorba

Úvodní stránka je jednoduchá a přehledná. Dále následuje krátký popis funkcí programu. Uživatelům je k dispozici také kontaktní formulář, kde se mohou obracet na autora se svými dotazy a připomínkami. Obrázky v pozadí stránky jsou z volně licencovaného zdroje. Celé stránky lze vidět v příloze.

11 Výzkum uživatelské spokojenosti

Mezi uživateli byl proveden krátký výzkum metodou dotazníkového šetření. Odpovídali na níže uvedené otázky. Dotazník byl prováděn papírovou formou. Dotazováno bylo celkem 10 uživatelů ze dvou firem, Povodí Vltavy, s. p. a Hydroprojekt, a. s.

11.1 Dotazník

Celý dotazník s otázkami týkajícími se celkové spokojenosti s programem lze nalézt v příloze.

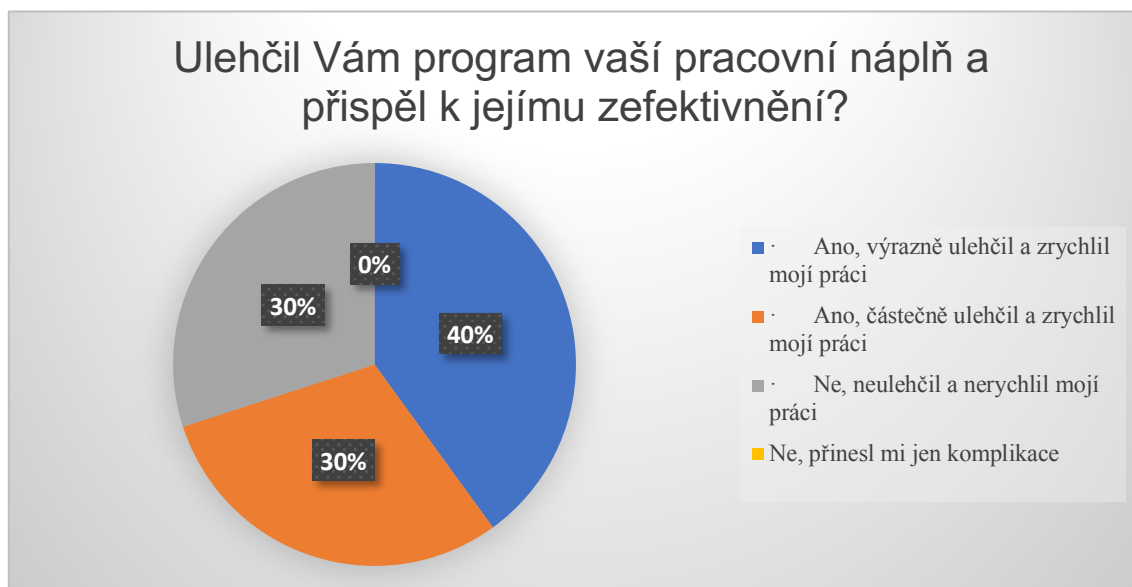
11.1.1 Výsledky dotazníku

Obrázek 14 - Otázka z dotazníku číslo 1



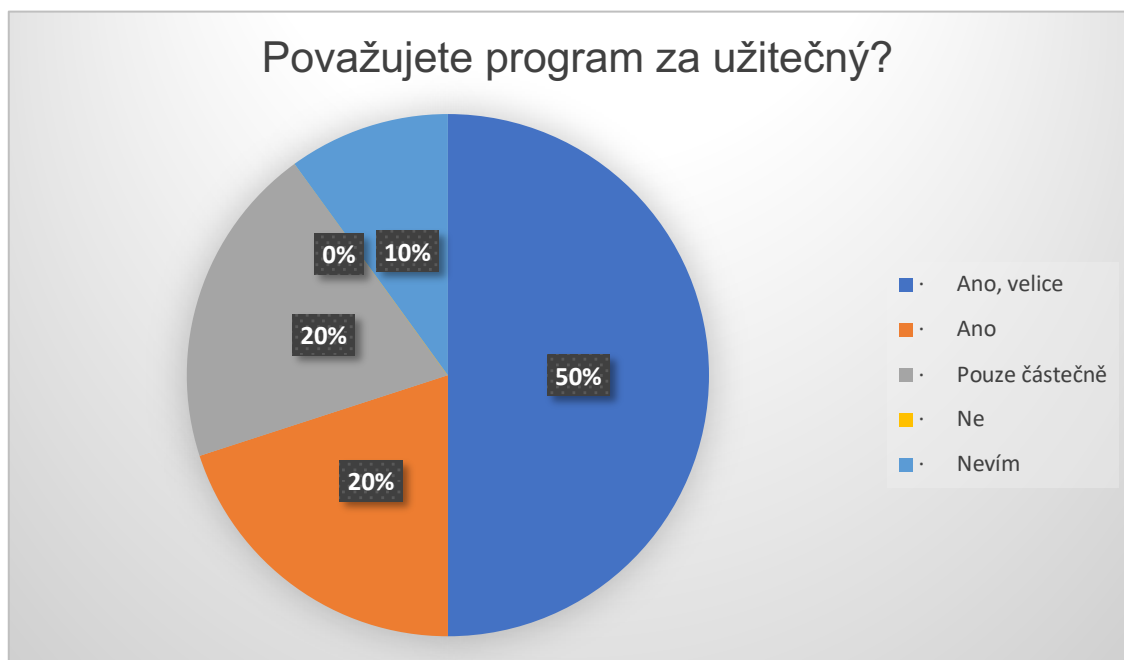
Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek 15 – Otázka z dotazníku číslo 2



Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek 16 – Otázka z dotazníku číslo 4



Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek 17 – Otázka z dotazníku číslo 4



Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek 18 - Otázka z dotazníku číslo 5



Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek 19 - Otázka z dotazníku číslo 6



Zdroj: vlastní tvorba

11.1.2 Vyhodnocení odpovědí

Většina uživatelů je dle výzkumu s programem spokojena a považují ho za užitečný. Drtivě většině z nich alespoň částečně ulehčil práci, za čímž lze vidět částečně i fakt, že mnoho jich nezná alternativy, či jsou finančně nedostupné. Nespokojený uživatel byl osloven znovu, důvodem nespokojenosti zde byl chybějící oblíbený systém. Překvapením je pak poměrně vysoká ochota uživatelů zaplatit za program nějaký finanční obnos i přesto, že je uveřejněn zcela zdarma. Tento obnos se pohyboval v řádu desetikorun, typická odpověď byla cena jedné kávy jako spíše symbolické gesto podpory. Jeden uživatel však dokonce uvedl částku okolo tisíci korun. Jako zajímavá se ukázala otázka na případná zlepšení. Většina uživatelů si přeje podobné, totiž vytvoření mobilní aplikace či webové verze a další rozšíření nabídky soustav pro převod. Tyto návrhy jsou velice podnětné a budou určovat další vývoj programu.

12 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvoření programu pro zpracování zeměpisných souřadných systémů. Návrh na toto téma vzešel z iniciativy několika zaměstnanců firmy Povodí Vltavy s. p., kteří byli nespokojeni se současnou nabídkou programů pro převod mezi systémy, z důvodu například vysoké ceny nebo náročnosti na obsluhu. Těmi bude program nadále používán a ulehčí jim vykonávání vlastní práce.

Tato práce přináší náhled do oblasti problematiky převodu zeměpisných souřadnic. Analyzuje situace na trhu s GIS a dává je do kontextu pro běžné uživatele. Předkládá a vysvětluje základní teoretická východiska nutná pro pochopení převodní problematiky. Poté předvádí algoritmizaci vybraného převodu do programovacího jazyka, vysvětluje výhody počítačového zpracování převodu. Následně se zabývá tvorbou programu pro převod mezi jednotlivými souřadnými systémy a problematikou jeho zveřejnění. Pomocí dotazníkového výzkumu mezi cílovými uživateli byla zjišťována spokojenost s vytvořeným programem. Z dotazníkového šetření vyplynulo, že očekávání většiny uživatelů byla naplněna.

I. Summary and keywords

In these days, with rise of Global Position System (GPS) and Geographical Informatics Software (GIS) lot of people are in need of conversion between geographical coordinate systems. The main goal of this work is developing computer application for conversion between geographical coordinate systems using C# programming language and Microsoft Visual Studio environment. There are descriptions of several geographical coordinate system that are used in the programme. This includes history and insight into mathematical background behind the conversion. The work describes process of development, creating algorithms based on mathematical calculations. The characteristics of application structure, such as classes and methods follow. Furthermore, the explanation of decisions about user interface layout and appearance are given. In conjunction with interface, testing process is defined and finished application is applied to the real users. Successively feedback from testing is noticed and implemented back to the programme.

Keywords: geographical coordinate systems conversion, C# programming language, Microsoft Visual Studio software

II. Literatura

A PRINCIPLE OF FORMING AND DEVELOPING GEODETIC BASES IN THE CZECH REPUBLIC [Online]. (2010). *Geodesy*, 36(3), 103-112.

<https://doi.org/10.3846/gc.2010.17>

About ESRI [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2018, from

<https://www.esri.com/en-us/about/about-esri>

About OSGeo [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2018, from

<https://www.osgeo.org/about/>

An introduction to NuGet [Online]. (2018). Retrieved March 21, 2018, from

<https://docs.microsoft.com/en-us/nuget/what-is-nuget>

Auerbach, M. P. (2013). *Geographic information systems (GIS)* [Online]. Salem Press Encyclopedia Of Science. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=88806495&lang=cs&site=eds-live>

Autocad Map 3D [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2018, from <https://www.autodesk.eu/products/autocad-map-3d/overview>

Buchar, P. (1996). *Matematická kartografie (Vyd. 3., přeprac.)*. V Praze: Nakladatelství ČVUT.

Caffrey, C. (2016). *WordPress* [Online]. Salem Press Encyclopedia. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=87323247&lang=cs&site=eds-live>

Cai, J. (2000). The systematic analysis of the transformation between the German geodetic reference system (DHDN, DHHN) and the ETRF system (DREF91). *Earth, Planets And Space*, 52(11), 947-952. <https://doi.org/10.1186/BF03352310>

Coordinate Reference Systems in Europe [Online]. (2014). Retrieved April 09, 2018, from <http://www.crs-geo.eu/homepage.html>

Čechurová, M., & Veverka, B. (2009). Cartometric analysis of the Czechoslovak version of 1:75 000 scale sheets of the Third Military Survey (1918–1956): 75 000 scale sheets of the Third Military Survey (1918–1956). *Acta Geodaetica Et Geophysica Hungarica*, 44(1), 121-130. <https://doi.org/10.1556/AGeod.44.2009.1.12>

Česká Republika, Nařízení vlády č. 430/2006 Sb.: Nařízení vlády o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, 2006 Sbírka zákonů § (2006). Tiskárna Ministerstva vnitra.

Česká Republika, Nařízení vlády č. 81/2011 Sb.: Nařízení vlády o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, 2011 Sbírka zákonů § (2011). Tiskárna Ministerstva vnitra.

Dajbych, V. (2009). Mvvm: model-view-viewmodel [Online]. Retrieved March 21, 2018, from <https://www.dotnetportal.cz/clanek/4994/MVVM-Model-View-ViewModel>

Datum: Amersfoort [Online]. (2018). Retrieved March 23, 2018, from http://georepository.com/datum_6289/Amersfoort.html

Datum: European Datum 1950 [Online]. (2018) Retrieved March 23, 2018, from http://georepository.com/datum_6230/European-Datum-1950.html

Desktop Windows Version Market Share Worldwide: Jan 2017 - Jan 2018 [Online]. (2018). In Statcounter. Retrieved from <http://gs.statcounter.com/os-version-market-share/windows/desktop/worldwide>

DotSpatial.Projections [Online]. (2018). Retrieved March 23, 2018, from <https://www.nuget.org/packages/DotSpatial.Projections/>

Ebola webhosting [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2018, from <https://www.ebola.cz>

Ellipsoid: Clarke 1866 [Online]. (2018). Retrieved March 23, 2018, from http://georepository.com/ellipsoid_7008/Clarke-1866.html

Ellipsoid: International 1924 [Online]. (2018). Retrieved March 23, 2018, from http://georepository.com/ellipsoid_7022/International-1924.html

Ellipsoid: Krassowsky 1940 [Online]. (2018). Retrieved March 23, 2018, from http://georepository.com/ellipsoid_7024/Krassowsky-1940.html

Ellipsoid: WGS 84 [Online]. (2018). Retrieved March 23, 2018, from http://georepository.com/ellipsoid_7030/WGS-84.html

EPPlus [Online]. (2018). Retrieved March 24, 2018, from <https://www.nuget.org/packages/EPPlus/4.5.0.3-rc>

Fiala, F. (1955). *Matematická kartografie*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.

Ganić Aleksandar, Milutinović Aleksandar, & Ganić Meri. (2014). User defined function for transformation of ellipsoidal coordinates [Online]. *Podzemni Radovi*, Vol 22, Iss 24, Pp 35-47 (2014), 22(24), 35-47. <https://doi.org/10.5937/podrad1424035G>

Grafarend, E., & Okeke, F. (2007). Transformation of Lambert Conic Conformal Coordinates from a Global Datum to a Local Datum [Online]. *Marine Geodesy*, 30(4), 297-313. <https://doi.org/10.1080/01490410701568509>

GRASS GIS General overview [Online]. (2015). Retrieved February 28, 2018, from <https://grass.osgeo.org/documentation/general-overview/>

Hankovský Juraj. (2000). Transformation of GPS measurements and post transformation arrangement of the coordinates [Online]. *Acta Montanistica Slovaca*, Vol 5, Iss 1, Pp 83-90 (2000), 5(1), 83-90. Retrieved from <https://doaj.org/article/d522d6eadae04e179430a75a0b3190aa>

Hexagon Geospatial Products [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2018, from <https://www.hexagongeospatial.com/products>

Hojovec, V., Daniš, M., Hájek, M., & Veverka, B. (1987). *Kartografie* (1st ed.). Praha: Geografický a kartografický podnik n.p.

Hrdina, Z. (1997). *Transformace souřadnic ze systému WGS-84 do systému S-JTSK: skriptum*. Praha: ČVUT.

Chivers, I. (2003). *Essential C# fast* (1st ed.). London: Springer London.

Independent Report Highlights Esri as Leader in Global GIS Market [Online]. (2015). Retrieved December 04, 2017, from <http://www.esri.com/esri-news/releases/15-1qtr/independent-report-highlights-esri-as-leader-in-global-gis-market>

ISO 19111:2007: *Geographic information -- Spatial referencing by coordinates*. (2007). Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/41126.html>

Klufová, R. (2000). *Geografické informační systémy: Cvičení* (1st ed.). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

LAMBERT CONFORMAL – CONIC PROJECTION POSTER [Online]. (2018).
 In Pooleys. Retrieved from <https://www.pooleys.com/media/4942/487.jpg>

Licence differentiator [Online]. (2018). Retrieved February 13, 2018, from <http://oss-watch.ac.uk/apps/licdiff/>

Maling, D. H. (2013). *Coordinate Systems and Map Projections*. Elsevier Science.

MapInfo Pro – Desktop GIS: See it faster, solve it sooner [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2018, from <https://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence/geographic-information-systems/mapinfo-pro.html>

Maršík, Z. (1998). *Základy geodézie a kartografie: (pro zemědělské inženýry) (2. opr. vyd.)*. České Budějovice: Jihočeská univerzita.

Mataija, M., Pogarčić, M., & Pogarčić, I. (2013). Helmert Transformation of Reference Coordinating Systems for Geodesic Purposes in Local Frames [Online]. *Annals Of Daaam*, 24(1), 168-176. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.217>

MaterialDesignColors [Online]. (2018). Retrieved March 24, 2018, from <https://www.nuget.org/packages/MaterialDesignColors/>

MaterialDesignThemes [Online]. (2018). Retrieved March 24, 2018, from <https://www.nuget.org/packages/MaterialDesignThemes/>

Math.PI Field [Online]. (2017). Retrieved December 06, 2017, from [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.math.pi\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.math.pi(v=vs.110).aspx)

MDA Information Systems LLC [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2018, from <http://www.mdAus.com/about-us/company-overview>

Microsoft.VisualStudio.Designer.Interfaces [Online]. (2018). Retrieved March 24, 2018, from <https://www.nuget.org/packages/Microsoft.VisualStudio.Designer.Interfaces/>

Molèiková Soða, & Hurèiková Viera. (2000). Adjustment GPS measurements in a combination position geodetic network in S-JTSK for the motorway D1 [Online]. *Acta Montanistica Slovaca*, Vol 5, Iss 1, Pp 91-101 (2000), 5(1), 91-101. Retrieved from <https://doaj.org/article/ba9f7ec288b24bfa88dff82af78cf3be>

Moravec, D. (2001). *Kartografické a geoinformatické modelování*. Praha: Karolinum.

- Open Source Licenses by Category [Online]. (2007). Retrieved February 13, 2018, from <https://opensource.org/licenses/category>
- Panigrahi, N. (2014). *Computing in geographic information systems* (1st ed.). Boca Raton: CRC Press.
- PR Newswire. (2017). *Research and Markets – Global GIS Market 2017-2021 with Autodesk, ESRI, Hexagon, MDA, Pitney Bowes & SuperMap Dominating* [Online]. Pr Newswire Us. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bwh&AN=201706050510PR.NEWS.USPR.IO06023&lang=cs&site=eds-live>
- Příkazy for. (2002). In *Microsoft Visual C# .NET krok za krokem* (pp. 109-111). Praha: Mobil Media.
- Příkazy smyček. (2003). In *C# v kostce: pohotová referenční příručka* (pp. 36-42). Praha: Grada.
- Pukanská Katarína, Zemen Marián, Silvia Gaincová, Weiss Gabriel, & adera Milan. (2001). Transformation of measured quantities into 2D computation space S-JTSK [Online]. *Acta Montanistica Slovaca*, Vol 6, Iss 1, Pp 34-38 (2001), 6(1), 34-38. Retrieved from <https://doaj.org/article/c9335f2af112436398b1a9f6ffd403cf>
- RDNAP [Online]. (2018). Retrieved March 23, 2018, from <https://www.kadaster.nl/rdnap>
- Smetanová, D., Vargová, M., Biba, V., & Hinterleitner, I. (2016). Mercator's Projection – a Breakthrough in Maritime Navigation [Online]. *Nase More*, 63, 182-184. <https://doi.org/10.17818/NM/2016/SI19>
- Snyder, J. P. (1987). *Map projections: A working manual: A working manual* (- ed., Vol. -). Washington, D.C. <https://doi.org/>
- Souřadnicové referenční systémy [Online]. (2018). Retrieved April 09, 2018, from <http://inspire.ec.europa.eu/theme/rs:1>
- Stellman, A., & Greene, J. (c2007). *Head first C#*. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- SuperMap [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2018, from https://www.supermap.com/en/html/SuperMap_GIS_Company.html

Sütti Juraj. (1998). Accuracy and reliability of plane networks transformed from WGS84 into S-JTSK [Online]. *Acta Montanistica Slovaca*, Vol 3, Iss 4, Pp 439-443 (1998), 3(4), 439-443. Retrieved from <https://doaj.org/article/798b8f6d2e164140a80bae589fe90645>

The 1569 Mercator map of the world [Online]. In Wikimedia Commons. Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mercator_1569.png#/media/File:Mercator_1569.png

The MVVM Pattern [Online]. (2012). Retrieved March 21, 2018, from <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh848246.aspx>

The Open Source Definition [Online]. (2007). Retrieved February 13, 2018, from <https://opensource.org/docs/osd>

Van Sickle, J. (2017). *Basic GIS coordinates* (Third edition.). Boca Raton.

Veverka, B., Ambrožová, K., & Čechurová, M. (2011). Mathematical approaches to evaluation of old maps contents and accuracy. *Acta Montanistica Slovaca*, 16(4), 291.

Visual C# IntelliSense [Online]. (2017). Retrieved November 29, 2017, from <https://docs.microsoft.com/en-us/visualstudio/ide/visual-csharp-intellisense>

III. Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázek 1 - Systém IntelliSense	10
Obrázek 2 - Polární bloudění a pohyb od roku 1992 do roku 2000.....	15
Obrázek 3 - Tři dimenzionální Kartézský systém v Conventional Terrestrial Reference System	16
Obrázek 4 - Mercatorova mapa světa z roku 1569	21
Obrázek 5 - Mercatorovo zobrazení.....	23
Obrázek 6 - Gauss - Krügerovo zobrazení	25
Obrázek 7 - UTM a jeho síť.....	26
Obrázek 8 - Lambert Conformal Conic.....	28
Obrázek 9 - Molodenskiho transformace	30
Obrázek 10 - Bursa – Wolfův převod	32
Obrázek 11 - Okno s převody	41
Obrázek 12 - Tržní podíl verzí Windows	47
Obrázek 13 - Úvodní stránka.....	48
Obrázek 14 - Otázka z dotazníku číslo 1.....	49
Obrázek 15 – Otázka z dotazníku číslo 2	50
Obrázek 16 – Otázka z dotazníku číslo 4	50
Obrázek 17 – Otázka z dotazníku číslo 4	51
Obrázek 18 - Otázka z dotazníku číslo 5.....	51
Obrázek 19 - Otázka z dotazníku číslo 6.....	52
Tabulka 1 - Soubor bodů z Kampaně DOPNUL	34

IV. Seznam příloh

Příloha A – Dotazník

Příloha B – Uživatelské rozhraní programu

Příloha C – Webová prezentace

Příloha D – Diagram tříd

Příloha E – Program Sougiscon

V. Přílohy

A) Dotazník

1. Jak jste spokojeni s programem?
 - Velmi spokojen
 - Spokojen
 - Mírně nespokojen
 - Nespokojen
 - Nevím
2. Ulehčil Vám program vaší pracovní náplň a přispěl k jejímu zefektivnění?
 - Ano, výrazně ulehčil a zrychlil mojí práci
 - Ano, částečně ulehčil a zrychlil mojí práci
 - Ne, neulehčil a nerychlil mojí práci
 - Ne, přinesl mi jen komplikace
3. Považujete program za užitečný?
 - Ano, velice
 - Ano
 - Pouze částečně
 - Ne
 - Nevím
4. Znáte nějaké alternativy?
 - Ano, prosím, uveďte jaké
 - Ne
 - Nevím
5. Doporučili byste program svým kolegům a známým?
 - Určitě ano
 - Spíše ano
 - Spíše ne
 - Určitě ne
6. Byli byste případně ochotni za program zaplatit nějakou drobnou částku?
 - Určitě ano, prosím, uveďte kolik
 - Spíše ano, prosím, uveďte kolik
 - Spíše ne

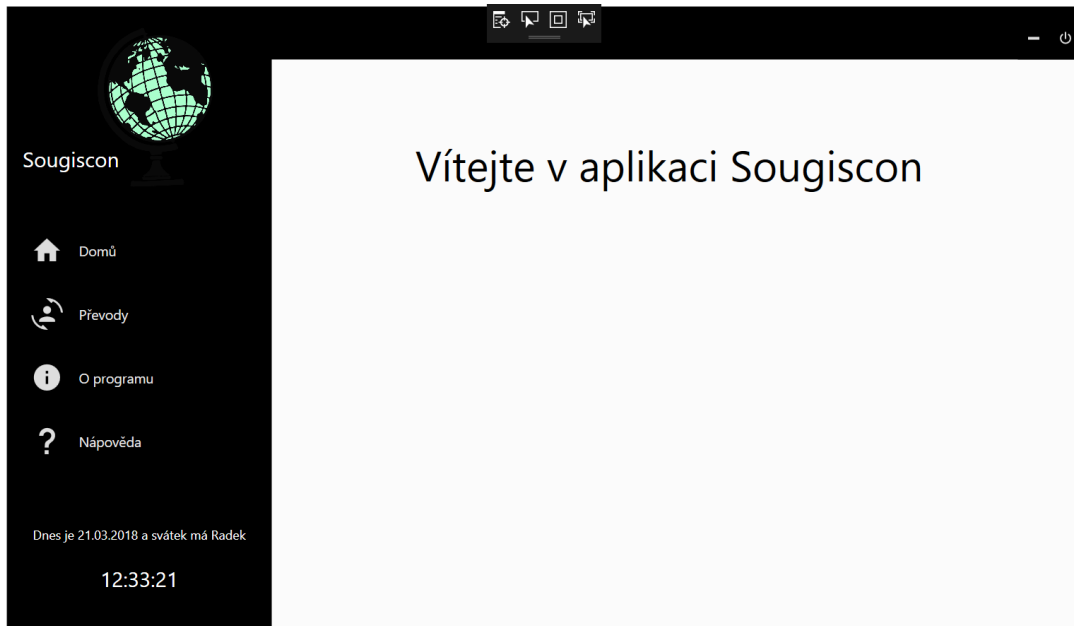
- Určitě ne

7. Máte nějaké návrhy na zlepšení či nové funkce?

- Ano, prosím, uveďte jaké
- Ne

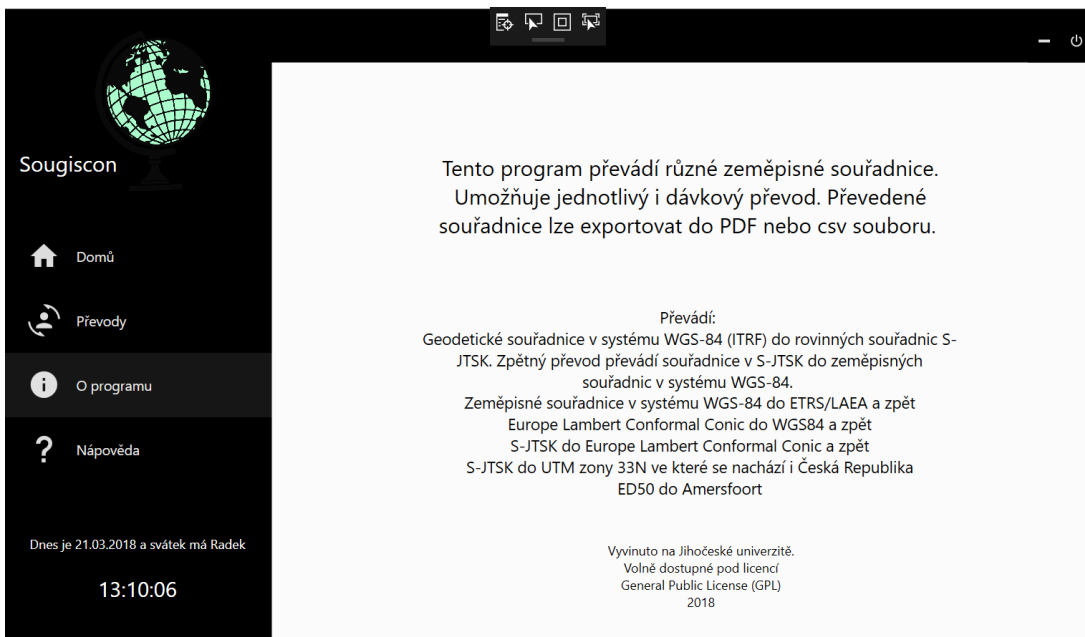
A) Uživatelské rozhraní programu

Úvodní obrazovka



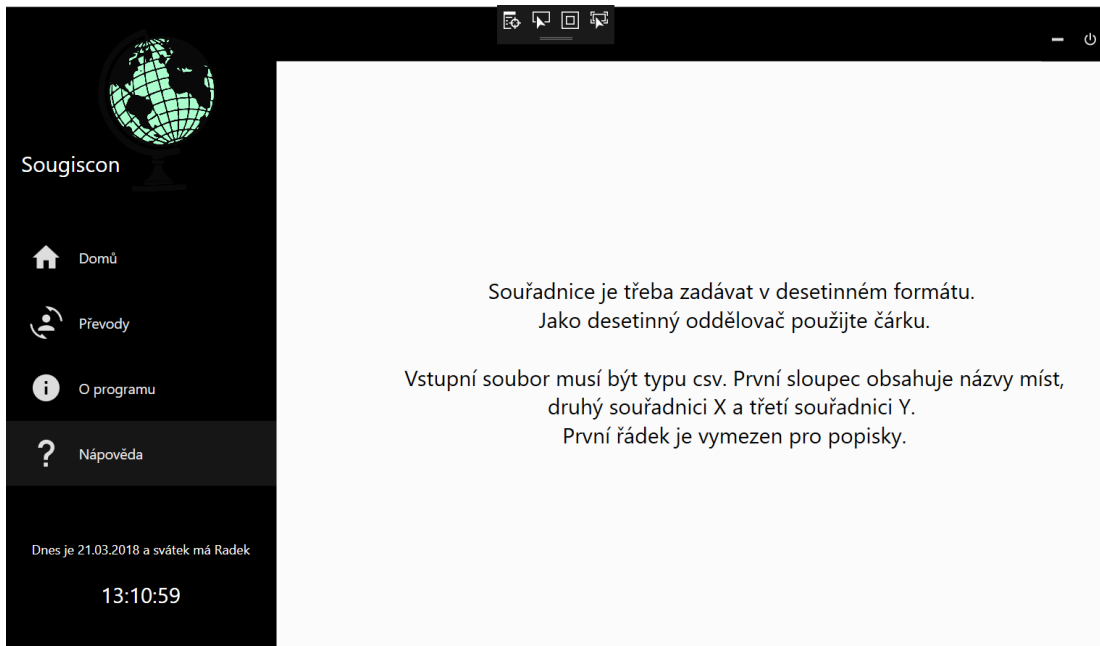
Zdroj: vlastní tvorba

O programu



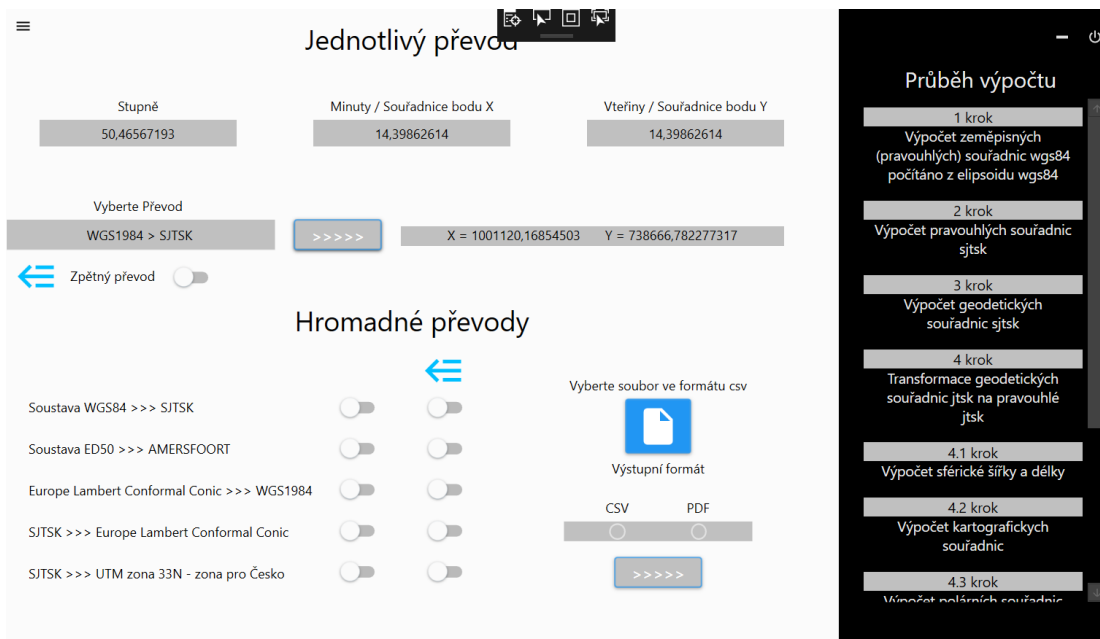
Zdroj: vlastní tvorba

Nápověda



Zdroj: vlastní tvorba

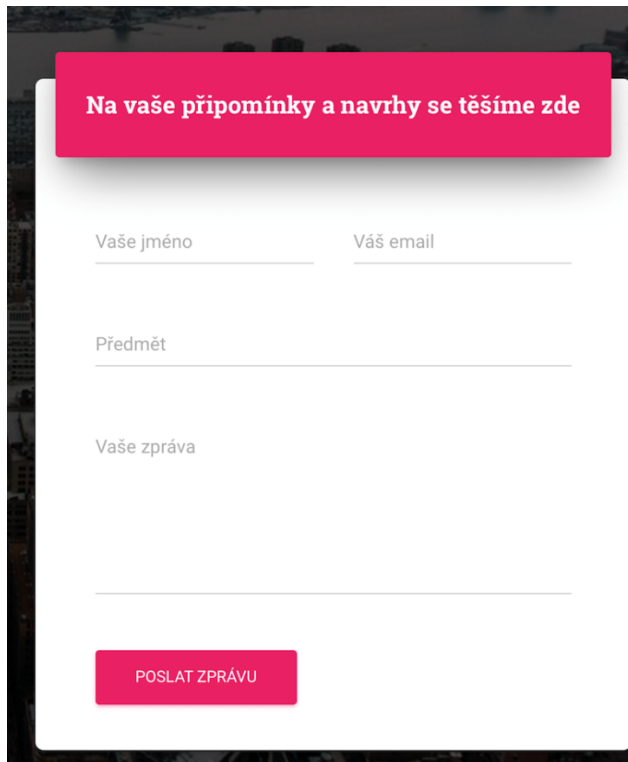
Průběh výpočtu



Zdroj: vlastní tvorba

B) Webová prezentace

Kontaktní formulář



Na vaše připomínky a návrhy se těšíme zde

Vaše jméno

Váš email

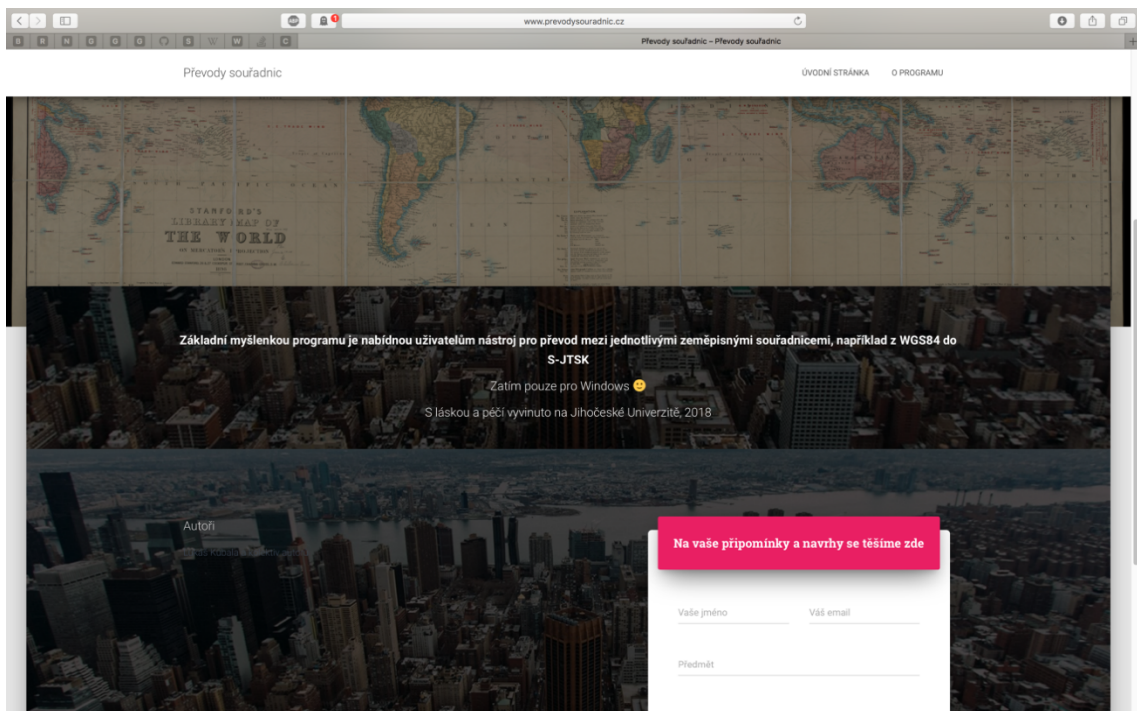
Předmět

Vaše zpráva

POSLAT ZPRÁVU

Zdroj: vlastní tvorba

Popis programu



Převody souřadnic

ÚVODNÍ STRÁNKA O PROGRAMU

Základní myšlenkou programu je nabídnout uživatelům nástroj pro převod mezi jednotlivými zeměpisnými souřadnicemi, například z WGS84 do S-JTSK. Zatím pouze pro Windows 😊. S láskou a péčí vyvinuto na Jihočeské Univerzitě, 2018.

Autoři

Na vaše připomínky a návrhy se těšíme zde

Vaše jméno

Váš email

Předmět

POSLAT ZPRÁVU

Zdroj: vlastní tvorba

C) Diagram tříd



Zdroj: vlastní tvorba

D) Program Sougiscon

Na datovém nosiči je přiložen zdrojový kód programu vytvořeného v této práci. Na tomto nosiči je také přiložen soubor s plným textem této práce ve formátu vhodném pro tisk.