

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Diplomová práce

**Využití GIS nástrojů pro analýzu dat z oblasti
zemědělství**

Jan Ctibor

© 2025 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Ctibor

Informatika

Název práce

Využití GIS nástrojů pro analýzu dat z oblasti zemědělství

Název anglicky

Usage of GIS tools for agriculture data analysis

Cíle práce

Hlavním cílem práce je vytvoření webové aplikace ve formě interaktivní storymapy, která bude vizualizovat a analyzovat data z oblasti zemědělství za účelem poskytování přehledných informací o rozložení plodin na území České republiky s využití nástrojů ArcGIS Pro, Insights, Map Viewer a Storymaps.

Dílní cíle práce jsou:

- představit dostupné nástroje pro zpracování geografických dat
- analyzovat možnosti a přínosy využití GIS nástrojů v zemědělství
- pomocí základních statistických a analytických metod a nástrojů ArcGIS Pro, Map Viewer a Insights připravit data a následně vytvořit storymapu, představující vybrané datové sady

Metodika

Za účelem dosažení stanovených cílů práce budou nejprve prostudovány a analyzovány odborné informační zdroje na téma GIS a prostorová data a představena aplikace ArcGIS Pro a některé její nástroje. Následně budou importovány a stručně představeny použité datové sady. Poté budou využity nástroje ArcGIS Pro k provedení statistických a prostorových analýz, zaměřených na identifikaci rozložení a typů plodin na jednotlivých polích. Výsledky těchto analýz budou seskupeny dle dalších datových sad, jako jsou například správní jednotky (kraje, okresy) a na jejich základě budou vytvořeny tematické mapy, které zobrazí souhrnné statistiky a další relevantní informace. Na závěr bude vytvořena interaktivní webová aplikace ve formě storymapy, která poskytne uživatelům intuitivní přístup k výsledným zemědělským datům.

Doporučený rozsah práce

60-80

Klíčová slova

GIS, zemědělství, chytré zemědělství, geografické informační systémy, prostorová data

Doporučené zdroje informací

CAITLIN, Dempsey. GIS 101: Learn About GIS. Online. Geography Realm. 2023. Dostupné z: <https://www.geographyrealm.com/gis-essentials/>.

CAMPBELL, Jonathan a SHIN, Michael. Essentials of Geographic Information Systems. Saylor Foundation, 2011. ISBN 9781453321966.

FAZAL, Shahab. GIS Basics. New Age International, 2008. ISBN 9788122423761.

GHOSH, Parmita a P. KUMPATLA, Siva. GIS Applications in Agriculture. Online. In: ZHANG, Yuezhi a CHENG, Qiuming (ed.). Geographic Information Systems and Applications in Coastal Studies. IntechOpen, 2022. ISBN 978-1-80355-741-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/intechopen.104786>.

KLUFOVÁ, Renata. Geographic Information Systems 1. Online, Textbook. Faculty of Economics, University of South Bohemia in České Budějovice. Dostupné z: http://home.ef.jcu.cz/~klufova/GIS/GIS1AJ/_book/index.html.

Předběžný termín obhajoby

2024/25 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Jakub Konopásek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačního inženýrství

Elektronicky schváleno dne 04. 11. 2024

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 07. 11. 2024

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2025

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití GIS nástrojů pro analýzu dat z oblasti zemědělství" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2025

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jakubu Konopáskovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace a připomínky ohledně této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval mým nejbližším za jejich podporu.

Využití GIS nástrojů pro analýzu dat z oblasti zemědělství

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá využitím geografických informačních systémů (zkr. GIS) pro analýzu dat z oblasti zemědělství. Hlavním cílem bylo vytvoření interaktivní webové aplikace ve formě storymapy, která vizualizuje a analyzuje data o rozložení plodin na území České republiky. Za tímto účelem byly využity nástroje z ekosystému ESRI, konkrétně ArcGIS Pro, Insights, Map Viewer a StoryMaps. Teoretická část práce představuje kontext geografických informačních systémů, základní teoretické poznatky a dále dostupný software pro zpracování prostorových dat.

Vlastní práce představuje použitý software a porovnává ho s dostupnou open-source alternativou, dále dokumentuje proces získání a následné analýzy dostupných geografických dat, jejich zpracování pomocí statistických a prostorových metod a následnou vizualizaci výsledků prostřednictvím tematických map a interaktivních nástrojů. Finálním výstupem je interaktivní aplikace ve formě storymapy dostupná online, která umožňuje uživatelům intuitivní přístup k výsledkům analýz.

Klíčová slova: GIS, zemědělství, ArcGIS Pro, ESRI, prostorová analýza, storymapa, vizualizace dat, zpracování dat, rozložení plodin, python

Usage of GIS tools for agriculture data analysis

Abstract

This thesis focuses on the application of Geographic Information Systems (GIS) for analyzing data in the field of agriculture. The primary objective was to create an interactive web application in the form of a storymap that visualizes and analyzes data on crop distribution across the Czech Republic. To achieve this, tools from the ESRI ecosystem were utilized, specifically ArcGIS Pro, Insights, Map Viewer, and StoryMaps. The theoretical part of the thesis provides context on GIS, fundamental theoretical knowledge, and available software for spatial data processing.

The practical part of the thesis compares the used software with available open-source alternatives, documents the process of acquiring and analyzing available geographic data, processing them using statistical and spatial methods, and visualizing the results through thematic maps and interactive tools. The final output is an interactive storymap application available online, providing users with an intuitive access to the analysis results.

Keywords: GIS, agriculture, ArcGIS Pro, ESRI, spatial analysis, storymap, data visualization, data processing, crop distribution, python

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce a metodika	11
2.1 Cíl práce	11
2.2 Metodika	11
3 Teoretická východiska	13
3.1 Geoinformatika	13
3.2 GIS	13
3.3 Kartografie	14
3.4 Historie GIS	15
3.5 Mapová projekce	17
3.6 Souřadnicový systém	20
3.6.1 Geografický souřadnicový systém.....	21
3.6.2 Projekční souřadnicový systém	22
3.7 Prostorová data využívaná GIS	24
3.7.1 Získávání dat.....	26
3.7.2 Kvalita a přesnost dat.....	27
3.7.3 Atributová data	29
3.7.4 Metadata.....	30
3.8 GNSS.....	30
3.8.1 Struktura GNSS (GPS)	30
3.9 Oblasti využití GIS.....	32
3.9.1 Zemědělství.....	33
3.10 Software pro zpracování geografických dat.....	37
3.10.1 QGIS	37
3.10.2 Ekosystém produktů ArcGIS	38
3.10.3 Jazyk Python	42
4 Vlastní práce.....	43
4.1 Volba SW	43
4.1.1 Software ArcGIS.....	43
4.1.2 Open-source alternativy	44
4.2 Získání dat.....	45
4.3 Vytvoření projektu a import dat.....	46
4.3.1 Nastavení systému souřadnic.....	47
4.4 Popis dat a základní kontrola dat	49
4.4.1 Shapefile soubory dílů půdních bloků	49
4.4.2 Shapefile soubory s informacemi o plodinách.....	51

4.4.3	Excelové tabulky s informacemi o plodinách.....	53
4.4.4	Shapefile soubory RÚIAN.....	54
4.5	Základní statistiky o půdních blocích	55
4.5.1	Analýza rozložení půdy podle typu kultury.....	55
4.5.2	Analýza celkových výměr jednotlivých plodin	57
4.6	Statistiky agregované podle krajů a okresů.....	58
4.6.1	Výpočet zemědělských ploch podle krajů a okresů.....	58
4.6.2	Výměry jednotlivých plodin podle krajů a okresů.....	59
4.6.3	Rozdíl ve výměrách mezi roky 2024 a 2016, 2020	68
4.7	Export dat na ČZU Portál.....	69
4.8	Příprava grafů a statistik v ArcGIS Insights	71
4.9	Úprava a vytvoření map v ArcGIS Map Viewer	73
4.10	Tvorba výsledné aplikace v ArcGIS StoryMaps.....	75
5	Výsledky a diskuse	76
5.1	Souhrn výsledků provedených analýz.....	76
5.2	Výsledná Storymapa	77
6	Závěr.....	81
7	Seznam použitých zdrojů	82
8	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk.....	87
8.1	Seznam obrázků	87
8.2	Seznam tabulek	89
8.3	Seznam zkratk	89
8.4	Přílohy	89

1 Úvod

Využití počítačů se stalo v dnešní době natolik důležité, že na ně téměř všechny aktivity spoléhají nebo s nimi mají nějakou souvislost. Jejich schopnost rychle a efektivně zpracovávat zadané úkoly zcela změnila náš život. Prostorová informační technologie je výsledkem vývoje počítačové technologie. Geografie, stejně jako jiné obory, vyžaduje využití informačních technologií pro přístup k dalším informačním zdrojům a pro pomoc při zpracování, prezentaci a analýze prostorových informací. Data představující reálný svět mohou být uložena, zpracována a prezentována v relativně zjednodušených formách, aby vyhovovala specifickým potřebám. To poskytuje základ pro geografické informační systémy (GIS).

Geografické informační systémy se proto staly nedílnou součástí mnoha odvětví, včetně zemědělství. A právě v zemědělství hrají GIS důležitou roli při monitorování změn v zemědělské půdě, sledování růstu plodin, plánování a optimalizaci zemědělských postupů. Tato diplomová práce se zaměřuje na aplikaci GIS technologií pro analýzu dat z oblasti zemědělství. Cílem práce je představit, porovnat a použít dostupné nástroje a technologie GIS pro zpracování prostorových dat o plodinách pěstovaných na půdních blocích v České republice. Výsledkem je pak interaktivní webová aplikace ve formě storymapy, která vizualizuje data o rozložení plodin na území České republiky a poskytuje tak uživatelům intuitivní přístup k výsledkům analýzy o rozložení plodin na úrovni krajů a okresů.

Teoretická část představuje kontext geografických informačních systémů, základní teoretické poznatky a dostupný software pro zpracování prostorových dat. Praktická část se soustředí na proces získání a analýzy dostupných geografických dat, jejich zpracování pomocí statistických a prostorových metod a následnou vizualizaci výsledků prostřednictvím tematických map a interaktivních nástrojů.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je vytvoření webové aplikace ve formě interaktivní storymapy, která bude vizualizovat a analyzovat data z oblasti zemědělství za účelem poskytování přehledných informací o rozložení plodin na území České republiky s využitím nástrojů ArcGIS Pro, Insights, Map Viewer a StoryMaps.

Dílčí cíle práce jsou:

- představit dostupné nástroje pro zpracování geografických dat
- analyzovat možnosti a přínosy využití GIS nástrojů v zemědělství
- pomocí základních statistických a analytických metod a nástrojů ArcGIS Pro, Map Viewer a Insights připravit data a následně vytvořit storymapu, představující vybrané datové sady

2.2 Metodika

Za účelem dosažení stanovených cílů práce byly nejprve prostudovány a analyzovány odborné informační zdroje zaměřené na problematiku geografických informačních systémů, prostorových dat a jejich využití v zemědělství. Byly představeny základní principy GIS technologií a softwarové nástroje dostupné pro práci s prostorovými daty, zejména pak platforma ArcGIS od společnosti ESRI a open-source alternativa QGIS.

Následně byla získána potřebná geografická data z několika různých zdrojů: Portálu farmáře Ministerstva zemědělství ČR (data LPIS), Geoportálu ČÚZK (data RÚIAN) a Státního zemědělského intervenčního fondu (data „deklarace plodin“). Získaná data byla stručně představena a importována do prostředí ArcGIS Pro, kde proběhla jejich kontrola a příprava. Poté byly využity nástroje ArcGIS Pro k provedení statistických a prostorových analýz za účelem identifikace celkových výměr jednotlivých typů kultur a plodin a dále byly realizovány prostorové analýzy zaměřené na agregaci výměr plodin podle krajů a okresů. Výsledky analýz byly následně vizualizovány prostřednictvím tematických map vytvořených v aplikacích ArcGIS Insights a Map Viewer.

Finálním krokem bylo vytvoření interaktivní webové aplikace ve formě storymapy pomocí aplikace ArcGIS StoryMaps. Tato aplikace integruje vytvořené tematické mapy, grafy i doprovodný text do jednoho komplexního celku, který je dostupný online široké veřejnosti. Uživatelé mohou intuitivně procházet výsledky analýz podle jednotlivých let či regionů České republiky.

3 Teoretická východiska

3.1 Geoinformatika

Geoinformatika může být označována jako akademická disciplína nebo kariéra zabývající se prací s geodaty za účelem lepšího porozumění a interpretace interakcí člověka s povrchem Země. V širším smyslu zahrnuje různé technologie, přístupy, procesy a metody, které se používají k interpretaci problémů týkajících se zemského povrchu pro podporu spolupráce a rozhodování. [25, 48]

Geoinformatika se zabývá strukturou a charakterem prostorových informací a tím, jak jsou tyto informace zachycovány, klasifikovány a vyhodnocovány. Dále se zaměřuje na jejich ukládání, zpracování, zobrazování a šíření, včetně infrastruktury nezbytné pro optimální využití těchto informací. [25, 48]

Kombinuje různé typy datových sad a technologií, jako jsou GIS, dálkový průzkum Země a další, aby generovala výsledky ve formě map a jiných zpráv, které umožňují lepší interpretaci a řízení lidských činností na zemském povrchu. [25, 48]

3.2 GIS

GIS je zkratkou pro „Geografické informační systémy“. Jsou to technologie k vytváření, správě, analýze, mapování a prezentaci všech typů geografických dat. GIS propojuje data s mapou, integruje lokalizační údaje (kde se věci nacházejí) s různými typy popisných informací (jaké tyto věci jsou). Tím poskytuje základ pro mapování a analýzu, které se využívají ve vědě a téměř všech dalších odvětvích. GIS pomáhá uživatelům lépe porozumět vzorcům, vztahům a geografickému kontextu. Je součástí geoinformatiky, což je širší obor zabývající se všemi aspekty GIS – jako je hardware a software, programovací jazyky, geoprostorová data a jejich vzájemná interakce. [1, 2]

GIS propojuje a překrývá často považované nesourodé datové sady, aby pomohl lidem a firmám lépe porozumět světu, identifikovat dosud nevyužité vzorce a vztahy. Díky mapování a analýzám mohou organizace zlepšit komunikaci, efektivitu, rozhodovací

procesy a optimalizaci správy zdrojů, správy aktiv, hodnocení dopadů na životní prostředí, marketingu, řízení dodavatelských řetězců a mnoho dalších činností. [1, 2]

GIS jako software

Ze softwarového pohledu se GIS skládá ze speciálního typu počítačového programu, který je schopen ukládat, upravovat, zpracovávat a prezentovat geografická data a informace ve formě map. Existuje několik poskytovatelů GIS softwaru, jedním z nejznámějších je Environmental Systems Research Institute Inc (ESRI) distribuující ArcGIS. Ačkoli firmy jako Google, Yahoo! a Microsoft poskytují online mapové služby a rozhraní, tyto služby nebývají považovány za plnohodnotné GIS platformy. Všechny GIS softwarey obsahují systém pro správu databází, který je schopen zpracovávat a integrovat prostorová a atributová data. Prostorová data se týkají reálných geografických objektů, jako jsou ulice, budovy, jezera a jejich příslušných umístění. Kromě polohy mají tyto objekty určité vlastnosti nebo atributy, jako je název, počet podlaží, hloubka nebo populace. GIS software sleduje jak prostorová, tak atributová data a umožňuje tak propojit tyto dva typy dat. [4]

GIS jako hardware

Z pohledu hardwaru se GIS skládá z počítače, paměti, úložných zařízení, jednotek globálního pozičního systému (GPS) a dalších fyzických komponent. Pokud je počítač připojen do sítě, může být tato síť také považována za nedílnou součást GIS, protože nám umožňuje sdílet data a informace, které GIS používá jako vstupy a vytváří jako výstupy. [4]

GIS jako nástroj

Jako nástroj nám GIS umožňuje spravovat, analyzovat a sdílet velké množství dat a informací. Od relativně jednoduchých úkolů, jako je mapování dráhy hurikánu, až po složitější úkoly, například určení nejefektivnějších tras pro sběr odpadu ve městě, je GIS využíván ve veřejném i soukromém sektoru. Online a mobilní mapování, navigace a služby založené na poloze také personalizují a popularizují GIS tím, že přinášejí mapy a mapování široké veřejnosti. [4]

3.3 Kartografie

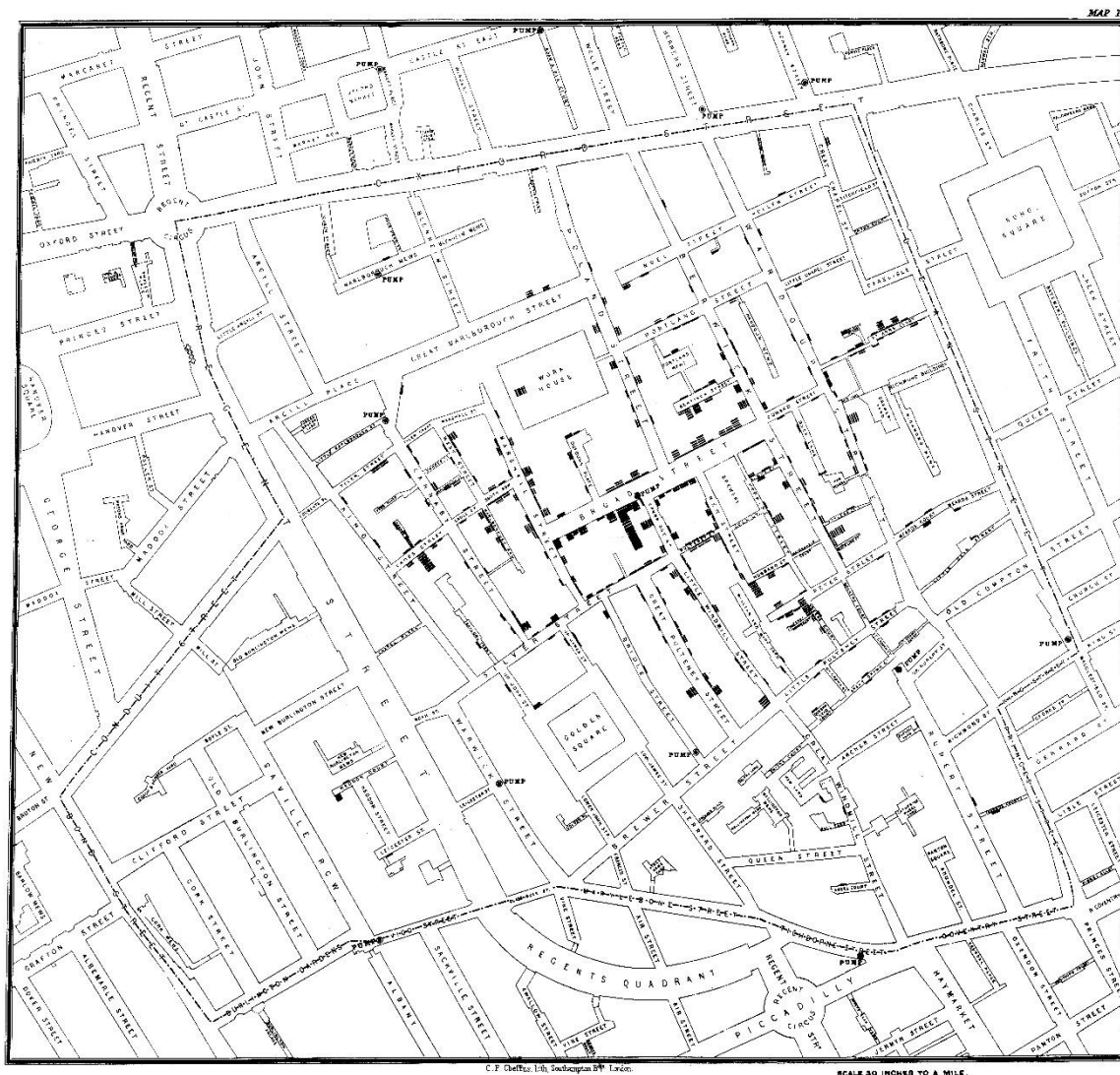
Kartografie je umění a věda grafického znázornění geografické oblasti, obvykle na mapě. Je to starodávná disciplína, která sahá až do pravěkých zobrazení lovišť a rybářských oblastí.

Babylóňané zobrazovali svět jako zploštělý disk, ale základy moderní kartografie položil Klaudios Ptolemaios ve 2. století n. l. svým osmidílným dílem *Geōgraphikē hyphēgēsis* (Průvodce zeměpisem), ve kterém představil koncept kulaté Země. Mapy středověku se držely Ptolemaiova přístupu, ale často zobrazovaly Jeruzalém jako střed světa a východ umísťovaly nahoru. Přesnější geografická znázornění začala vznikat ve 14. století, kdy byly pro navigaci sestavovány námořní mapy. [16]

Moderní kartografie se do značné míry opírá o využití leteckých a stále častěji satelitních snímků jako základ pro tvorbu map. Postupy pro převod fotografických dat do map se řídí zásadami fotogrammetrie (rekonstrukce tvarů, měření rozměrů a určování polohy předmětů na fotografiích), která přináší úroveň přesnosti dříve nedosažitelnou. Významná vylepšení v oblasti satelitní fotografie od konce 20. století a obecná dostupnost satelitních snímků na internetu umožnily vznik platforem, jako je Google Earth, a dalších databází, které jsou široce dostupné online. Satelitní fotografie byly také využity k tvorbě velmi podrobných map povrchu Měsíce, několika planet v naší sluneční soustavě a jejich měsíců. [16, 48]

3.4 Historie GIS

Jeden z prvních případů prostorové analýzy se odehrál v roce 1854, kdy došlo k epidemii cholery v Londýně. V té době lidé věřili, že se nemoc šíří vzduchem. Avšak anglický lékař Dr. John Snow měl pochybnosti. Rozhodl se zmapovat místa výskytu epidemie, silnice, hranice pozemků a vodní pumpy. Díky tomu následně objevil vzorec, který ukázal, že nemoc se nešířila vzduchem, ale vodou, konkrétně z jedné nakažené vodní pumpy. Snowova mapa cholery se stala zásadním mezníkem ve spojení „co“ s „kde“. Tato událost nejen zahájila éru prostorové analýzy, ale také založila nový obor studia – epidemiologii, tedy vědu o šíření nemocí. Snowova práce ukázala, že GIS je nástrojem pro řešení problémů. [5]



Obrázek 1 – Mapa výskytu cholery – John Snow - 1854 (<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Snow-cholera-map-1.jpg>)

V následujících sto letech byl však vývoj pomalý. Mapování bylo založeno pouze na papírových modelech a počítačové mapování neexistovalo. Avšak s nástupem počítačů a výpočetní geografie v 60. letech se obor GIS začal skutečně rozvíjet. V období mezi lety 1960 až 1975 tři zásadní technologické pokroky v oblasti počítačových technologií vedly ke zrodu moderního GIS. Těmito pokroky byly: schopnost vytvářet mapové grafiky pomocí tiskáren, pokroky v ukládání dat a zvýšení výpočetního výkonu sálových počítačů. Díky tomu bylo možné zaznamenávat souřadnice jako vstupní data a provádět na nich výpočty. Roku 1969 byla také založena společnost ESRI, která je dnes

lídrem ve vývoji GIS softwaru. Esri později vyvinula mnoho GIS metod a technologií, jako například ArcGIS. [5, 6, 7]

Důležitými milníky v tomto období byly také roky 1972 a 1978. V roce 1972 USA vypustila první ze satelitů Landsat určených k pozorování Země. Tento program poskytuje aktuální satelitní snímky celého světa, které jsou propojeny s geografickými body. Tím se Landsat stal hlavním zdrojem dat pro GIS a zahájil éru dálkového průzkumu, což zásadně změnilo způsob, jakým vnímáme Zemi. Následně v roce 1978 vypustily Spojené státy první GPS satelit Navstar I. V roce 1994 dosáhli plného globálního pokrytí systémem GPS. Další země začaly vyvíjet podobné globální navigační satelitní systémy (GNSS). Díky globálnímu pokrytí může prakticky jakýkoli objekt hlásit svou polohu, což způsobuje exponenciální růst množství prostorových dat. [7]

Výrazný růst v užívání GIS nastal mezi lety 1990 a 2010. Tento proces byl umožněn několika pokroky v IT: počítače se stávaly levnějšími, rychlejšími a výkonnějšími; přibývalo možností GIS softwaru a digitalizovaná mapová data byla snadněji dostupná. Tyto pokroky, spolu se spuštěním nových satelitů pro pozorování Země a integrací dálkového průzkumu s GIS, vedly k vývoji stále více aplikací. GIS se postupně dostával do škol, firem i vlád po celém světě. [5]

Budoucnost GIS

Díky přesunu GIS na web a do cloudového prostředí a jeho integraci s informacemi v reálném čase prostřednictvím internetu věcí se GIS stal platformou, která je relevantní téměř pro každou lidskou činnost. Hraje v našem životě významnou roli, ať už přímo či nepřímo. Jak náš svět čelí problémům, jako je rostoucí populace, úbytek přírody a znečištění, GIS bude hrát stále důležitější roli v tom, jak tyto problémy chápeme a jak je řešíme. Stále více průmyslových odvětví a sektorů bude objevovat rozsáhlé možnosti GIS technologie a hodnotu, kterou přináší prostorová data. [56]

3.5 Mapová projekce

Mapová projekce označuje různé techniky používané v kartografii k zobrazení trojrozměrného povrchu Země nebo jiných sférických objektů na dvojrozměrné ploše. Tyto

metody mapové projekce často zahrnují matematické výpočty, ale některé také spoléhají na grafické přístupy. [17]

Ploché mapy, protože jsou dvourozměrné, nevyhnutelně zkreslují jednu nebo více vlastností, což komplikuje přesné zobrazení prostorových vztahů. Přestože mají zkreslení, nabízejí ploché mapy mnoho výhod:

- Vytváření velkých nebo dokonce středně velkých globusů je nepraktické.
- Měření na mapách je snazší.
- Mapy jsou pohodlnější na přenášení.
- Světové mapy umožňují zobrazit celý svět najednou, aniž by bylo nutné otáčet globus.

Kartografové používají různé typy mapových projekcí v závislosti na účelu mapy a oblasti, kterou představují. Tyto projekce jsou užitečné, ale nevyhnutelně přinášejí zkreslení alespoň jedné z následujících vlastností: plocha, tvar, směr, vzdálenost a měřítko. [17]

Mercator Projection

Mercatorovo zobrazení je konformní válcová kartografická projekce, která byla původně vytvořena pro přesné zobrazení kompasových směrů při námořní navigaci. Toto zobrazení představil Gerardus Mercator v roce 1569. Varianta Web Mercator se stala de facto standardem pro webové mapy a online služby. [27, 45]

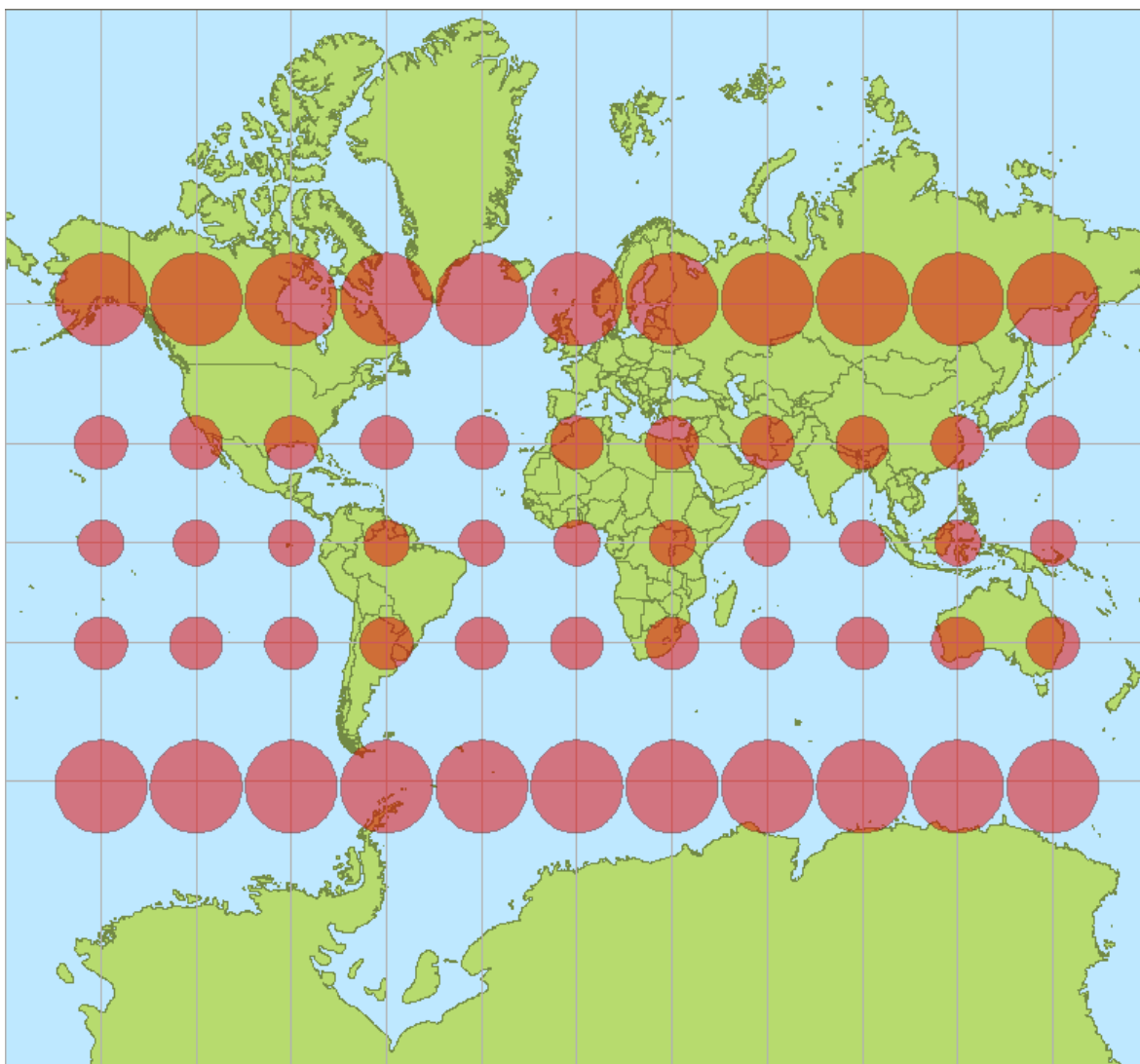
Poledníky jsou zobrazeny jako svislé čáry, které jsou rovnoběžné a rovnoměrně rozmístěné, přičemž směrem k pólům se rozprostírají do nekonečna. Zeměpisné rovnoběžky jsou vodorovné přímky, kolmé k poledníkům, a mají stejnou délku jako rovník, avšak směrem k pólům se od sebe stále více vzdalují. Póly jsou v této projekci zobrazeny do nekonečna, a proto je nelze na mapě znázornit. Sít souřadnic je symetrická podle rovníku a centrálního poledníku. [27, 45]



Obrázek 2 – Mercatorovo zobrazení

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Mercator_projection_Square.JPG)

Rozloha je stále více zkreslena směrem k polárním oblastem. Například Grónsko, které je ve skutečnosti pouze osminou rozlohy Jižní Ameriky, se na Mercatorově projekci zdá větší než Jižní Amerika. Hodnoty zkreslení jsou stejné podél určité rovnoběžky a jsou symetrické podél rovníku a centrálního poledníku. [27]



Obrázek 3 – Zkreslení v kartografickém zobrazení

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Tissot_mercator.png)

3.6 Souřadnicový systém

Součástí jakýchkoli GIS dat je prostorový referenční systém. Ten může být jednoduchý a libovolný, například vzorkovací mřížka 10 m x 10 m v lese nebo hranice fotbalového hřiště, anebo může jít o geografický referenční systém, kde jsou prostorové prvky mapovány podle zemského referenčního systému. Ten může být založen na geografickém souřadnicovém systému (GCS) nebo na projekčním souřadnicovém systému (PCS). GCS určuje, kde se data nacházejí na zemském povrchu. PCS naopak říká, jak je zobrazit na plochem povrchu, jako je papírová mapa nebo obrazovka počítače. [18, 28]

3.6.1 Geografický souřadnicový systém

Geografický souřadnicový systém je systém, který využívá trojrozměrnou sférickou plochu k určení polohy na Zemi. Jakékoliv místo na Zemi lze lokalizovat pomocí bodu s hodnotami zeměpisné délky a šířky. Tento souřadnicový systém je vhodný pro globální datové sady a aplikace, jako jsou například úložiště satelitních snímků. [19]

Čáry, které vedou východním a západním směrem, mají konstantní hodnotu zeměpisné šířky a nazývají se rovnoběžky. Tyto čáry jsou rovnoběžné mezi sebou a rovnoměrně vzdálené, přičemž tvoří soustředné kruhy kolem Země. Rovník je největším kruhem a rozděluje Zemi na dvě poloviny. Nachází se ve stejné vzdálenosti od obou pólů a jeho zeměpisná šířka má hodnotu nula. Polohy severně od rovníku mají pozitivní hodnoty šířky v rozmezí od 0 do +90 stupňů, zatímco polohy jižně od rovníku mají záporné hodnoty šířky v rozmezí od 0 do -90 stupňů. [19]

Čáry, které vedou severním a jižním směrem a mají konstantní hodnotu zeměpisné délky, se nazývají poledníky. Tyto čáry tvoří kruhy stejné velikosti kolem Země a protínají se na pólech. Nultý poledník je poledník, který definuje výchozí bod (nula stupňů) pro souřadnice zeměpisné délky. Jedním z nejčastěji používaných nultých poledníků je ten, který prochází městem Greenwich v Anglii. Dalšími příklady nultých poledníků jsou poledníky, které procházejí Bernem, Bogotou nebo Paříží. Místa východně od nultého poledníku až k jeho protilehlému poledníku (pokračování nultého poledníku na druhé straně Země) mají kladné hodnoty zeměpisné délky v rozmezí od 0 do +180 stupňů. Místa západně od nultého poledníku mají záporné hodnoty v rozmezí od 0 do -180 stupňů. [19]

Čáry zeměpisné šířky a délky mohou pokrývat celý zemský povrch a tvořit mřížku, která se nazývá síť poledníků a rovnoběžek. Počáteční bod této mřížky je (0,0), kde se rovník protíná s nultým poledníkem. Rovník je jediné místo, kde je lineární vzdálenost odpovídající jednomu stupni zeměpisné šířky přibližně stejná jako vzdálenost odpovídající jednomu stupni zeměpisné délky. Protože se poledníky sbíhají na pólech, vzdálenost mezi dvěma poledníky se mění v závislosti na tom, na které rovnoběžce se nacházíte. Jak se přibližujete k pólům, vzdálenost odpovídající jednomu stupni zeměpisné šířky je mnohem větší než vzdálenost odpovídající jednomu stupni zeměpisné délky. [19]

WGS-84

WGS-84 je světově uznávaný geodetický standard vydaný Ministerstvem obrany USA v roce 1984. Jedná se o třírozměrný souřadnicový referenční systém, který představuje současný celosvětový standard používaný v navigaci, mapování, dronech, autonomních vozidlech, robotice, satelitní komunikaci a geoprostorové analýze. WGS84 používá zeměpisné souřadnice, polohu lze tedy určit pomocí zeměpisné délky, šířky a výšky. Je používán k definování souřadnic různých míst na povrchu Země, k přesnému určení konkrétního místa nacházejícího se na specifických souřadnicích zeměpisné šířky a délky. [19, 20]

3.6.2 Projekční souřadnicový systém

Projekční souřadnicový systém (PCS) představuje dvourozměrnou zploštělou reprezentaci Země. Tento systém je založen na geografickém souřadnicovém systému, který používá sférický nebo elipsoidní model Země, ale místo úhlových jednotek používá lineární jednotky měření, což usnadňuje výpočty vzdáleností a ploch v těchto jednotkách. PCS je vhodný pro regionální datové sady a aplikace. Proto si každý stát volí pro souvislé zobrazení svého území vhodný souřadnicový systém. [20, 21]

Souřadnice zeměpisné šířky a délky jsou převedeny na souřadnice x a y v plošném zobrazení. Průsečík os x a y je počátek soustavy souřadnic a obvykle má hodnotu $(0,0)$. Hodnoty nad osou x jsou kladné, pod osou záporné. Čáry rovnoběžné s osou x jsou od sebe stejně vzdálené. Hodnoty vpravo od osy y jsou kladné a vlevo od ní záporné. Čáry rovnoběžné s osou y jsou rovněž od sebe stejně vzdálené. [20, 21]

K převodu třírozměrného geografického souřadnicového systému na dvourozměrný plochý projektovaný souřadnicový systém se používají matematické vzorce. Tento proces se nazývá mapová projekce. Projekce se obvykle klasifikují podle typu projekční plochy, například na kuželovou, válcovou nebo plošnou projekci. V závislosti na použité projekci mohou být různé prostorové vlastnosti zkreslené. Projekce jsou navrženy tak, aby minimalizovaly zkreslení jedné nebo dvou vlastností dat, přičemž vzdálenost, plocha, tvar, směr nebo kombinace těchto vlastností nemusí přesně odpovídat skutečným datům. Existuje několik typů projekcí. Zatímco většina mapových projekcí se snaží zachovat určitou přesnost

prostorových vlastností, jiné, jako například Robinsonova projekce, se snaží minimalizovat celkové zkreslení. [20]

WGS-84 Web Mercator

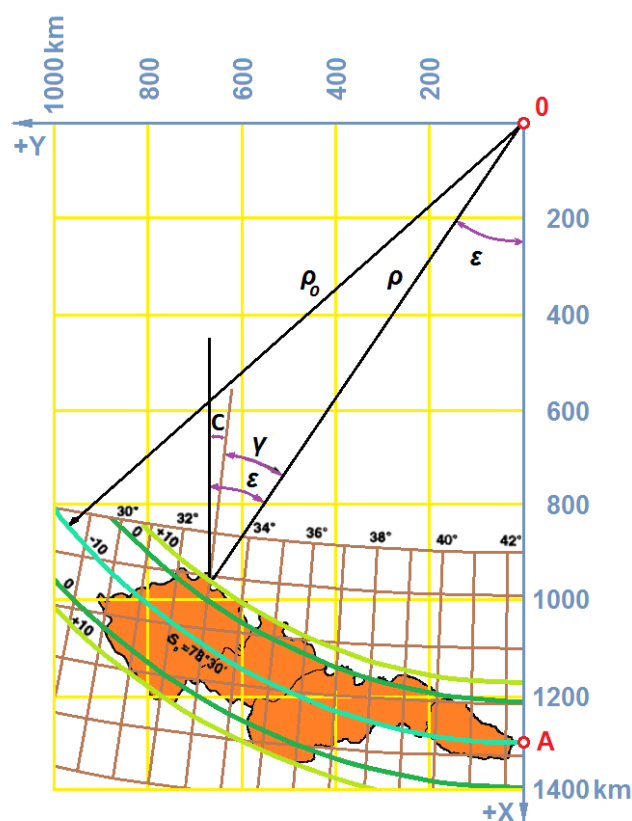
Web Mercator, také známý jako Google Web Mercator, Spherical Mercator, WGS 84 Web Mercator a Pseudo-Mercator je válcová mapová projekce. Jedná se o variantu standardní Mercatorovy projekce, s tím rozdílem, že výpočty se provádějí na kouli, přičemž se používá velká poloosa elipsoidu. Jedná se o de facto standard pro webové mapy a online služby, jako jsou Google Maps, Bing Maps a ArcGIS Online. [21, 26]

S-JTSK

Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) je specifický pravoúhlý souřadnicový systém, který se používá v geodézii na území České republiky a Slovenska. Vychází z Křovákova zobrazení, které bylo vyvinuto Josefem Křovákem v roce 1922. Tento systém byl navržen tak, aby celé území Československé republiky bylo umístěno v prvním kvadrantu, kde jsou obě souřadnice kladné, což usnadňuje souřadnicové výpočty.

V rámci tohoto systému:

- Kladná část osy X směřuje k jihu.
- Kladná část osy Y směřuje k západu.
- Hodnota souřadnice Y je vždy menší než souřadnice X pro libovolný bod na území České republiky a Slovenska. [22]



Obrázek 4 – Křovákovo zobrazení

(https://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99ov%C3%A1kovo_zobrazen%C3%AD#/media/Soubor:K%C5%99ov%C3%A1kovo_zobrazen%C3%AD.png)

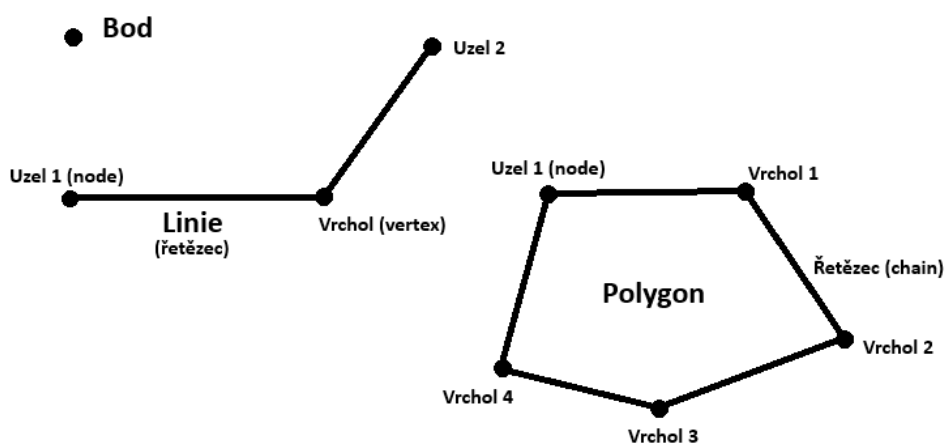
3.7 Prostorová data využívaná GIS

Již z definice lze usoudit, že prostorová data zobrazují polohu prostorových prvků. K určení prostorových prvků na zemském povrchu můžeme použít buď geografický nebo projekční souřadnicový systém. Základním principem v GIS je, že vrstvy map, které představují různá geodata, musí být prostorově zarovnané, tedy musí být založeny na stejném prostorovém referenčním systému. GIS reprezentuje geodata buď jako vektorová data nebo jako rastrová data. [30, 46]

Vektorový datový model používá body, linie a polygony k reprezentaci prostorových prvků s jasnou polohou a hranicí, jako jsou toky, dopravní nebo říční sítě, pozemky nebo vegetační plochy. Každému prvku je přiřazeno ID, aby mohl být spojen s jeho atributy. Mezi základní prvky vektorových dat patří:

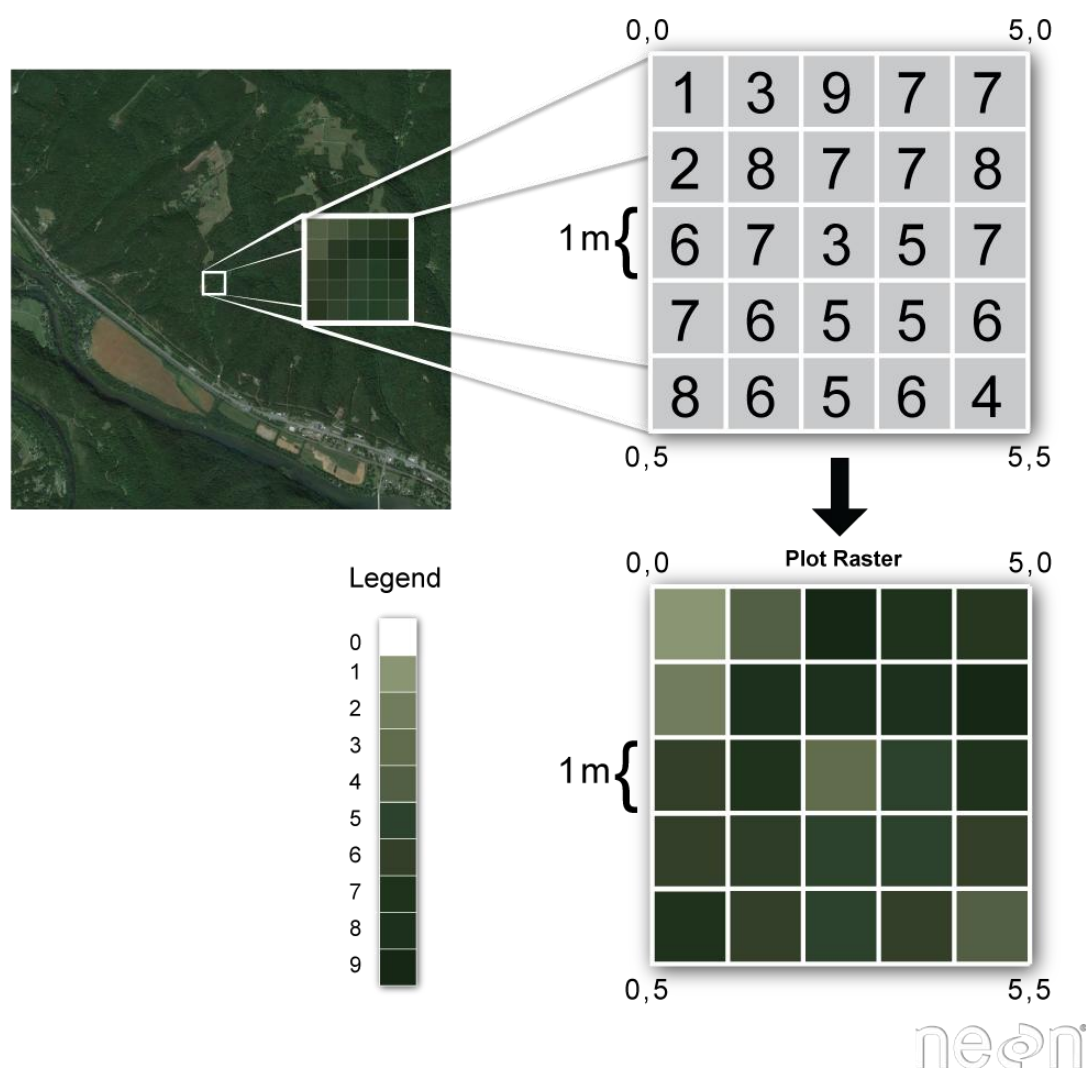
- **Bod** – reprezentuje diskrétní polohu v prostoru pomocí souřadnic x,y
- **Linie** – tvořena posloupností orientovaných úseček, které jsou definovány souřadnicemi jejich počátečního a koncového bodu.
- **Polygon** – vyjádřen jako uzavřená obrysová linie.

Prostorové vztahy mezi těmito prvky vycházejí z teorie grafů. [46]



Obrázek 5 - Body, linie, polygony (vlastní tvorba)

Rastrový datový model používá mřížku a buňky mřížky k reprezentaci prostorových prvků: bodové prvky jsou reprezentovány jednotlivými buňkami, liniové prvky sekvencemi sousedních buněk a plošné (polygonové) prvky soubory souvislých buněk. Hodnota buňky odpovídá atributu prostorového prvku v daném místě buňky. Rastrová data jsou ideální pro kontinuální prvky, jako jsou například výškové údaje nebo srážky. [30]



Obrázek 6 - Rastrová data - příklad (<https://datacarpentry.github.io/organization-geospatial/01-intro-raster-data>)

3.7.1 Získávání dat

Pořízení dat je obvykle prvním krokem při realizaci projektu GIS. Potřeba geodat u uživatelů GIS vedla k rozvoji datových clearinghousů a geoportálů. Od počátku 90. let 20. století zřídily vládní agentury mnoha zemí webové stránky pro sdílení veřejných dat a směřování uživatelů k různým zdrojům dat. Při využívání veřejných dat je důležité získat metadata, která poskytují informace o daných datech. Pokud veřejná data nejsou dostupná, nová data lze digitalizovat z papírových map nebo ortofotomap, vytvořit ze satelitních snímků nebo převést z GPS dat, geodetických měření, adres nebo textových souborů s x-y souřadnicemi. V posledních letech se také častým zdrojem stávají data pořízená dronem. Získávání dat tedy zahrnuje sestavování existujících i nových dat. Aby bylo možné nově digitalizovanou mapu

nebo mapu vytvořenou ze satelitních snímků použít v GIS, vyžaduje geometrickou transformaci (tj. georeferencování). Kromě toho je třeba existující i nová prostorová data upravit, pokud obsahují chyby v digitalizaci nebo topologii. [30]

3.7.1.1 Dálkový průzkum země (DPZ)

Dálkový průzkum země se věnuje pořizování, zpracování a analýze leteckých a družicových snímků povrchu Země. Základem je možnost měřit některé vlastnosti objektů na Zemi pomocí odraženého elektromagnetického záření o různých vlnových délkách – frekvencích. Toto elektromagnetické záření vychází ze svého zdroje směrem k objektu našeho zájmu a následně se vrací zpět ke snímacímu zařízení. [14, 15]

Pokud je snímáno odražené sluneční záření od objektů na Zemi, mluvíme o snímání pasivním senzorem. Zdrojem tohoto záření je zpravidla Slunce a není proto možné tento typ senzoru využívat v noci nebo při oblačnosti. Alternativou je použití aktivního senzoru, který vysílá své vlastní záření a měří, jak se toto záření mění při odrazu zpět. Typickým příkladem takového senzoru je radar. Zaznamenaná data jsou následně dále analyzována za účelem získání požadovaných informací o objektech zájmu. [14]

3.7.2 Kvalita a přesnost dat

Reprezentace reálných objektů jako bodů, linií, polygonů nebo rastrových dat vždy zahrnuje určitou míru generalizace, tedy zjednodušení dat pro digitální uložení, například při zobrazení domu jako obdélníkového polygonu nebo dokonce jako bodu. Žádný datový soubor nemůže zachytit všechny prostorové nebo atributové vlastnosti jakéhokoli objektu. Míra generalizace se zvyšuje s tím, jak se měřítko mapy zmenšuje. Na standardní topografické mapě má řeka šířku a může být modelována jako polygon se dvěma břehy. Město by bylo zobrazeno jako polygonová plocha. Na národní mapě by však řeka byla zobrazena jen jako čára a město jako bod. [29]

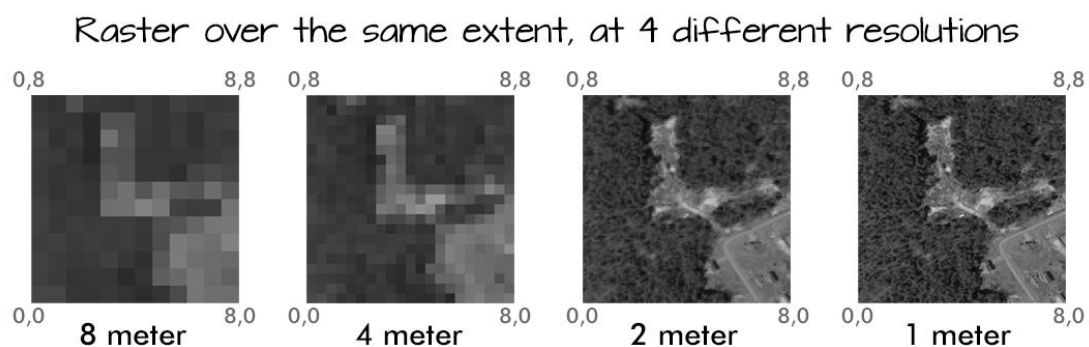
Ani detailní reprezentace objektu není vždy věrným zobrazením skutečnosti. Řeky a jezera se mohou na jaře při záplavách zvětšit nebo během sucha zmenšit. Hranice města se mění, jak se město rozrůstá. Uživatelé GIS dat nesmí nikdy zapomínat na to, že data, která sbírají a používají, budou obsahovat chyby, a že mají etickou a právní odpovědnost zajistit, aby

data použitá pro daný účel byla pro tento úkol vhodná. Při hodnocení kvality datového souboru zohledňují odborníci na geoinformatiku následující aspekty:

Geometrická přesnost popisuje, jak přesně odpovídají x-y hodnoty datového souboru skutečným polohám na zemském povrchu. Přístroje GPS mají přesnost, která se pohybuje od centimetrů po desítky metrů. Mapy odvozené z leteckých fotografií nebo satelitních snímků mohou mít velmi různorodou geometrickou kvalitu v závislosti na faktorech, jako je měřítko snímku, rozlišení obrazu, nedokonalosti a zkreslení v zobrazovacích systémech a typy oprav aplikovaných na obraz. [29]

Tematická přesnost se týká atributů uložených v tabulce. Některé typy dat jsou poměrně jednoduché k zaznamenání, například název města nebo počet jízdních pruhů na silnici. I v tomto případě však může být hodnota určitého prvku nesprávně zaznamenána. Jiné typy informací však nikdy nelze přesně zjistit. Například údaje o populaci se sbírají prostřednictvím průzkumů a sebehodnocení, což je proces, který trvá několik měsíců. Není možné zahrnout každého člověka. Navíc se během sběru dat lidé rodí a umírají nebo se stěhují do měst či z měst. Údaje o populaci nikdy nemohou být více než odhadem. Je důležité porozumět omezením a potenciálním zkreslením spojeným s tematickými daty. [29]

Rozlišení se týká vzorkovacího intervalu, ve kterém jsou data získávána. Rozlišení může být prostorové, tematické nebo časové. Prostorové rozlišení udává, v jakém vzdálenostním intervalu jsou měření prováděna nebo zaznamenávána. Jak velký je jeden pixel satelitních dat? Pokud někdo sbírá GPS body při jízdě po silnici, v jakém intervalu je každý bod zaznamenán? Tematické rozlišení může být ovlivněno použitím kategorií namísto měřených veličin: pokud se sbírají informace o procentuálním pokryvu korun stromů v lese, je každé měření zaznamenáno jako spojitá hodnota (32 %) nebo jako zařazení do určitého rozmezí (20–30 %)? Časové rozlišení udává, jak často jsou měření prováděna. Údaje ze sčítání lidu jsou sbírány každých 10 let. Teplotní údaje zaznamenané na klimatické stanici mohou být zaznamenávány každých 15 minut, ale mohou být také hlášeny jako měsíční nebo roční průměry. [29]



Obrázek 7 – Rastrová data – stejná oblast při různém rozlišení (<https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/raster-res-extent-pixels-r>)

Přesnost se vztahuje buď k počtu platných číslic použitých pro zaznamenání měření, nebo ke statistické odchylce opakovaného jednotlivého měření.

Logická konzistence hodnotí, zda datový model nebo datová sada přesně reprezentují vztahy mezi prvky ve skutečném světě. Například ve skutečném světě dva sousední státy sdílejí společnou hranici, která je přesně stejná. V databázi však mohou být státy uloženy jako dva oddělené prvky s mírně odlišnými hranicemi. Čáry, které představují ulice, by měly být propojeny, pokud se silnice, které reprezentují, setkávají. Čára nebo hranice polygonu by neměla překračovat sama sebe. Kraj by neměl zasahovat za hranice svého státu. Vytváření a správa vztahů mezi prvky uvnitř i mezi datovými sadami vyžaduje zvláštní úsilí, takže ne všechny datové sady jsou logicky konzistentní.[29]

3.7.3 Atributová data

Atributová data v geografických informačních systémech se vztahují k dodatečným informacím o prostorových prvcích, které jsou uloženy v tabulární formě a propojeny s prostorovými daty. Tento typ dat, známý také jako neprostorová data, je popisnou informací nebo charakteristikou prostorových dat, která jim dodává větší hloubku a kontext. Atributová data obohacují prostorová data, protože uživatelé nejenže znají umístění událostí nebo prvků, ale také vlastnosti těchto událostí nebo prvků. [31]

Atributy mohou mít různé typy, včetně kategoriálních (např. typ využití půdy), číselných (např. populace) nebo binárních (např. přítomnost nebo absence určité charakteristiky). Tento datový soubor je obvykle uložen v databázi, kde každý řádek reprezentuje geografický

prvek a každý sloupec představuje konkrétní atribut těchto prvků. Například v aplikaci GIS může bod na mapě reprezentovat umístění školy. Tento bod by měl asociovaná atributová data, která podrobně popisují informace o škole, jako je název školy, typ školy (základní, střední atd.), počet studentů a další. [31]

3.7.4 Metadata

Hodnocení kvality datového souboru může být obtížné, zvláště pokud byla data vytvořena někým jiným. Profesionálové, kteří data vytvářejí, obvykle poskytují také metadata, která uchovávají informace o datovém souboru, například odkud pochází, jak byla vyvinuta, kdo je sestavil, jak přesná jsou a zda je možné je poskytnout jiné osobě. Uživatel může metadata využít k rozhodnutí, zda je konkrétní datový soubor vhodný pro daný účel. Metadata mohou obsahovat stručný popis nejdůležitějších informací, nebo mohou zahrnovat mnoho stránek podrobností. [29]

3.8 GNSS

Globální navigační systém (GNSS) je navigační systém využívající satelity, přijímače a algoritmy k synchronizaci dat o poloze, rychlosti a čase. Prvotním systémem byl NAVSTAR GPS, vytvořen armádou USA pro vojenské účely. V dnešní době existuje několik globálních navigačních systémů, například evropský GALILEOS, ruský Glonas, nebo čínský Bei Dou.

Globální navigační systém v kombinaci s GIS nástroji a moderními navigačními přístroji významně přispívají k optimalizaci vstupů a snižování chyb při zemědělských pracích. Navigační systémy se proto společně s GIS stávají stále důležitější součástí strojních souprav používaných v zemědělství. Mezi jejich hlavní přínosy patří úspora paliva, chemických přípravků, času a snížení opotřebení strojů, zároveň však také snižují pracovní zátěž řidičů zemědělských strojů. [42, 43, 55]

3.8.1 Struktura GNSS (GPS)

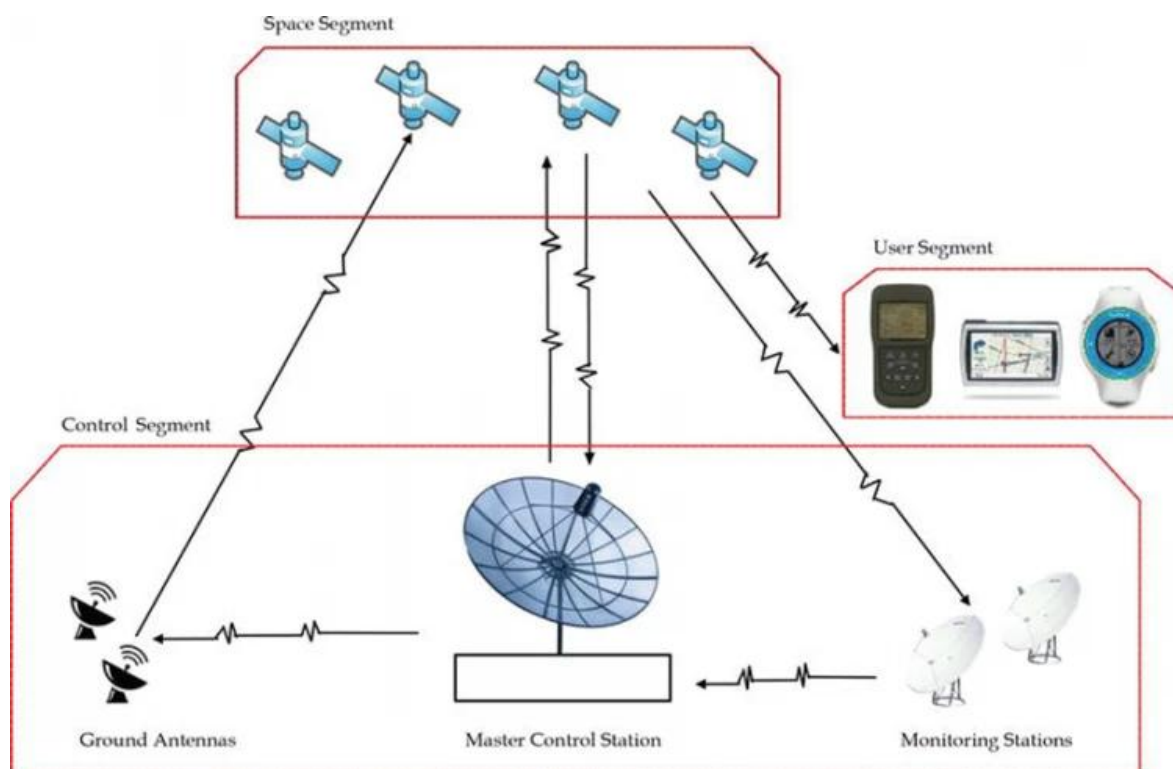
Princip fungování je až na technické detaily u všech systémů podobný. Následující informace jsou pro systém GPS NAVSTAR, který je předobrazem všech ostatních. Systém GPS se skládá z konstelace 24 satelitů (družic) rozdělených do šesti oběžných drah, přičemž v každé dráze jsou čtyři satelity. Tyto satelity obíhají Zemi ve výšce 20 000 km

rychlostí 14 000 km/h. K určení polohy na zemském povrchu jsou potřeba minimálně tři satelity, čtvrtý satelit však často slouží k ověření správnosti získaných dat. Navíc umožňuje výpočet nadmořské výšky, čímž systém poskytuje údaje ve třech dimenzích. [42, 43]

GPS se skládá ze tří hlavních komponent, nazývaných segmenty, které spolupracují na poskytování informací o poloze. Satelity obíhající Zemi a vysílající signály uživatelům s informacemi o geografické poloze a čase se řadí do takzvaného kosmického segmentu. Každý satelit obsahuje antény pro komunikaci s pozemními stanicemi, detektory a senzory pro detekci startů balistických raket a jaderných výbuchů, solární panely, baterie a 3 nebo 4 přesné atomové hodiny. [42, 43]

Pozemní řídicí segment se skládá z pozemních monitorovacích stanic, hlavních řídicích stanic a pozemních antén. Tyto komponenty zajišťují sledování a provoz satelitů ve vesmíru a monitorují jejich přenosy. Monitorovací stanice se nacházejí téměř na všech kontinentech.

Posledním segmentem je uživatelský segment. Ten zahrnuje GPS přijímače a vysílače, jako jsou hodinky, chytré telefony a další telematická zařízení. Tato zařízení přijímají signály ze satelitů a na jejich základě určují polohu, rychlost a čas. [42, 43]



Obrázek 8 – Segmenty GPS (<https://www.tualcom.com/wp-content/uploads/2023/09/what-is-gnss-3.png>)

3.9 Oblasti využití GIS

S technologickým pokrokem, ke kterému během posledních let došlo, se GIS technologie stávají stále více využívanými. Poskytují klíčové poznatky pro mnoho odvětví a oborů a mají široké využití v každodenním životě. Jelikož jsou tyto technologie využívány téměř v každém odvětví, zmínit všechny oblasti užití není tedy prakticky možné. Některým konkrétním případům využití GIS se věnují následující odstavce. Podrobněji je následně rozebráno využití GIS v zemědělství.

Územní plánování

Vlády využívají data a GIS technologie pro územní plánování. Může se jednat o projekty územního plánování, využití půdy, reakce na přírodní katastrofy, návrhy silničních systémů, nebo mnoho dalších činností, GIS technologie hrají v tomto oboru důležitou roli. [8]

Obchod

GIS umožňuje zlepšovat strategická rozhodnutí v oblastech, jako je řízení dopravy a dodávek, segmentace zákazníků, správa majetku, nebo nalezení nejvhodnější lokality pro nový obchod, restauraci, pobočku a jiné. [8]

Ochrana proti pohromám

V ochraně proti přírodním pohromám plní GIS důležitou roli. Pomáhá s plánováním reakcí na přírodní katastrofy. GIS umožňuje modelování povodní, směřování záchranných prostředků nebo jednodušší nalezení nouzových úkrytů. [8]

Zdravotnictví

Již v roce 1854 zmapoval John Snow místa výskytu cholery. Obrovský potenciál GIS přinést užitek ve zdravotnictví je stále více a více využíván. Veřejný i soukromý sektor vyvíjí inovativní způsoby, jak využít schopnosti GIS pro integraci dat a prostorovou vizualizaci. Typy společností a organizací, které začínají používat GIS, se pohybují napříč celým zdravotnickým spektrem – od oddělení veřejného zdraví a organizací zabývajících se výzkumem a politikou veřejného zdraví až po nemocnice, lékařská centra a zdravotní pojišťovny. GIS hraje klíčovou roli při určování, kde a kdy zasáhnout, zlepšuje kvalitu péče, zvyšuje dostupnost služeb a nachází nákladově efektivnější způsoby poskytování služeb. [24]

3.9.1 Zemědělství

Zemědělství je jedním z nejdůležitějších odvětví, které využívá GIS. Technologie GIS podporují produktivní a udržitelné zemědělství tím, že poskytují přesná a komplexní data. Informace o změnách půdy ovlivňujících zdraví plodin a o tom, kde se určitým plodinám bude lépe dařit, pomáhají zlepšovat rozhodování a zefektivňovat správu plodin. GPS, robotika, monitorování pomocí dronů a satelitů přispěly k automatizaci zemědělství. Vizualizace dat pak pomáhají farmářům odhalovat trendy a vzorce, detekovat změny a rychle řešit problémy. Toto vše lze pak zařadit do takzvaného precizního zemědělství, které se silně opírá o GIS pro sběr a interpretaci rozsáhlých dat z polí. [8, 9]

3.9.1.1 Precizní zemědělství

Precizní zemědělství je soubor technologií s cílem zefektivnit hospodaření a ochranu životního prostředí a celkově zlepšit udržitelnost zemědělské výroby. Existuje několik definic precizního zemědělství. Ministerstvo zemědělství definuje precizní zemědělství jako: *„Strategii řízení založenou na sběru a analýze prostorových, klimatických, biologických a fyzikálně-chemických parametrů, a to s ohledem na jejich variabilitu v čase a prostoru, na jejichž základě jsou stanoveny optimální agrotechnická, zootechnická či manažerská opatření, vedoucí k zajištění ekonomicky a environmentálně udržitelných systémů zemědělského hospodaření.“* [57]

Tradiční přístup k zemědělství vychází z předpokladu, že základní jednotkou je pozemek, který je vnímán jako homogenní celek. Precizní zemědělství tento pohled překonává tím, že využívá nové technologie v rostlinné produkci a zohledňuje heterogenitu půdních podmínek v rámci jednotlivých pozemků a rozdílů v časové dynamice produkčních procesů. Tímto způsobem se snaží optimalizovat produkci a zlepšit efektivitu využívání zdrojů. Základem precizního zemědělství je sledování změn na poli a stanovení jejich příčin a s tím následné zavádění příslušných opatření a opakování tohoto procesu. Precizní zemědělství se stalo významným trendem a směrem ve vývoji moderního zemědělství po celém světě. Aplikace se netýkají pouze pěstování pšenice, rýže, kukuřice a dalších plodin, ale i procesu pěstování ovoce a zeleniny. Dále zahrnují počítání plodin, detekci škůdců a odhady výnosů. [11, 12, 13]

Mezi základní technologie precizního zemědělství se obvykle řadí výpočetní technika, senzory, aplikační kontrolní prvky, GNSS a v neposlední řadě také GIS. GIS jsou základním nástrojem precizního zemědělství a používají se k analýze dat z různých zdrojů, včetně satelitů a dronů, pro správu polí na velmi podrobné úrovni. Tento přístup umožňuje přesnou aplikaci vody, hnojiv a pesticidů, čímž zvyšuje výnosy a zároveň minimalizuje dopad na životní prostředí. [11, 12, 13]

Hodnocení vhodnosti půdy a plánování využití krajiny

Nacházíme se v době, kdy čelíme výzvě uživit miliardy lidí, zatímco úrodná půda se zmenšuje. Proto je nutné optimalizovat využívání přírodních zdrojů, abychom maximalizovali jejich přínos. GIS poskytuje vhodnou platformu pro hodnocení kvality půdy. Nejoblíbenější metodou mezi výzkumníky pro plánování využití půdy je přístup založený na vícekritériálním rozhodování s využitím GIS. Výzkumníci využívají různé funkce GIS, jako jsou distribuce typů půdy, distribuce hladiny podzemní vody, distribuce úrodnosti půdy, znečištění půdy, hydraulická vodivost půdy, sklon klimatické podmínky a mnohé další vlastnosti, a identifikují různé interakce, závislosti a dopady těchto interakcí na udržitelné využívání půdy. To vše napomáhá posoudit zdravotní stav půdy a její vhodnost pro různé plodiny, což umožňuje farmářům aplikovat přesné množství hnojiv a přísad tam, kde je to potřeba. [23]

Sledování růstu plodin a predikce výnosů

Sledování růstu plodin, jejich zdravotního stavu a přesná, nebo téměř přesná predikce výnosů je klíčové nejen pro odhad ekonomického výnosu, ale také pro posouzení potravinové produkce, což pomáhá v oblasti řízení potravinové bezpečnosti. Mnohé studie ukazují, že tradiční metody odhadu výnosů plodin mohou vést k nepřesnému hodnocení a špatnému odhadu ploch osázených plodinami. Kromě toho jsou tyto metody časově náročné, vyžadují značné úsilí a jsou nákladné, pokud jde o sběr dat o plodinách a výnosech. Zde přicházejí na řadu technologie, jako je dálkový průzkum Země, GPS a GIS, které poskytují významné výhody, jelikož umožňují zkoumat časovou a prostorovou variabilitu dynamiky plodin a výstupních výnosů. [23]

Využití půdy a management plodin

Jedna z aplikací GIS v zemědělství je mapování a monitorování druhů plodin, jejich zdravotního stavu a výnosů na různých geografických místech. Tyto informace jsou zásadní pro optimalizaci rotace plodin, plánování výsadby a sklizně.

Monitorování škůdců a nemocí

GIS umožňuje identifikovat vzorce a ohniska výskytu škůdců a chorob. Tyto informace mohou být využity k cíleným zásahům, což pomáhá snížit šíření škůdců a chorob a minimalizovat ztráty plodin. [10]

Řízení zavlažování

Prostřednictvím analýzy terénu, typů půdy a potřeb plodin na vodu pomáhá GIS navrhnout efektivní zavlažovací systémy. Může určit oblasti, které vyžadují více či méně vody, čímž optimalizuje využití vody a přispívá k jejímu šetření. [10]

Správa zdrojů a plánování

GIS podporuje správu zemědělských zdrojů tím, že umožňuje efektivní plánování zemědělské infrastruktury, jako jsou cesty, skladovací zařízení a odvodňovací systémy. Také napomáhá při plánování využití půdy a ochraně přírodních zdrojů. [10]

Analýza trhu a logistika

Analýzou prostorových dat může GIS pomoci farmářům a zemědělským podnikům pochopit poptávku na trhu, optimalizovat dodavatelské řetězce a plánovat dopravu a distribuci, což zajišťuje efektivní doručení produktů na trh. [10]

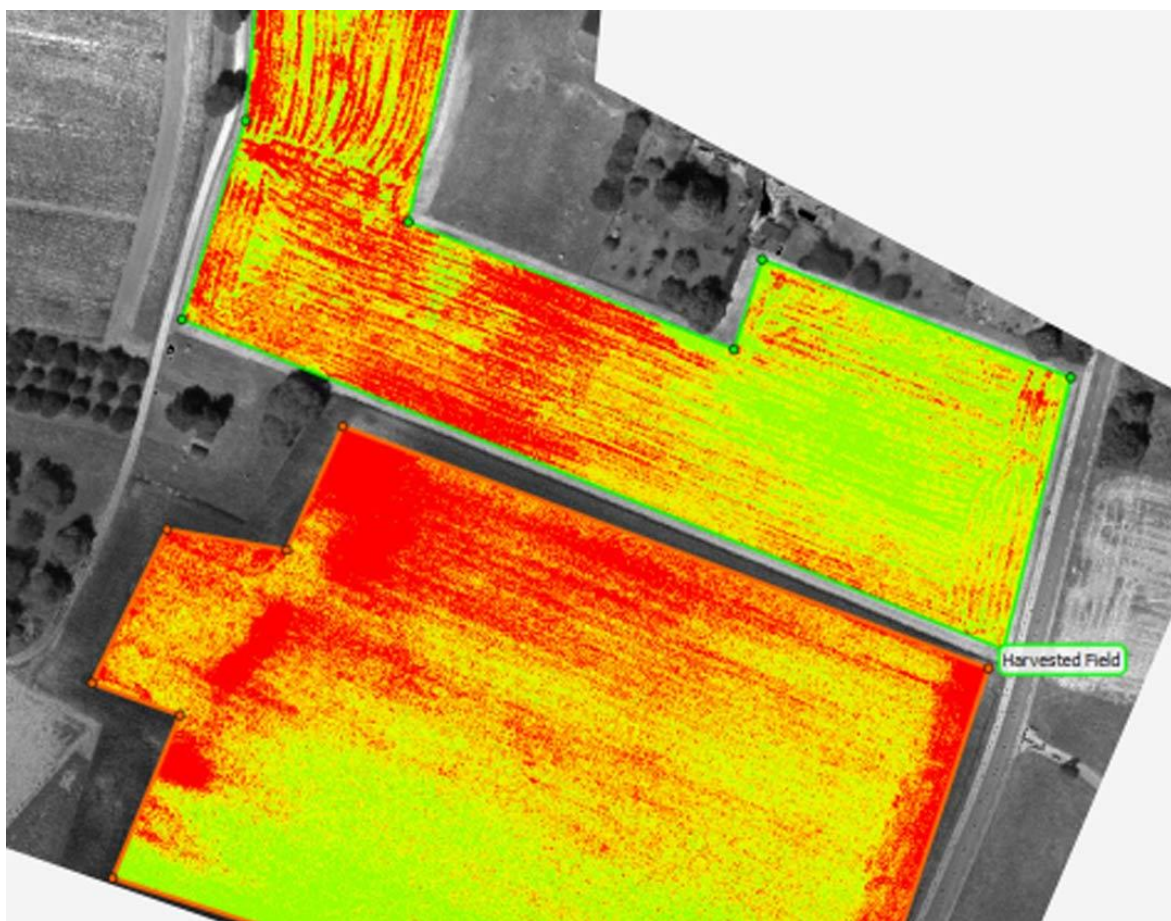
Monitorování životního prostředí a udržitelnost

GIS se také používá k monitorování změn v životním prostředí a jejich dopadů na zemědělství, jako jsou změny klimatických vzorců, degradace půdy a dostupnost vody. Tyto informace jsou zásadní pro rozvoj udržitelných zemědělských postupů, které se mohou přizpůsobit a zmírnit dopady změn životního prostředí. [23]

Dálkový průzkum Země v zemědělství

DPZ hraje zásadní roli při monitorování vegetace, což přináší významný potenciál i pro zemědělství. Informace získané prostřednictvím DPZ mohou být využívány jak pro každodenní zemědělské činnosti, tak i pro zjednodušení administrativních procesů –

například při žádostech o zemědělské dotace. DPZ také pomáhá analyzovat vlivy zemědělské činnosti na životní prostředí. Jednou z organizací, která v České republice pracuje s družicovými daty v oblasti zemědělství, je Státní zemědělský intervenční fond. Ten je zapojen do několika projektů, které zahrnují například tvorbu plodinových map, detekci sečí trvalých travních porostů a další. V roce 2023 byl do praxe zaveden systém AMS – Area Monitoring System, implementovaný v celé Evropské unii. Záměrem projektu je kontrolovat a odhalovat pochybení a vyhodnotit, zda na pozemku proběhly požadované zemědělské aktivity pro způsobilost poskytnutí dotací. [14, 15]



Obrázek 9 – Mapování vegetace (<https://www.pro-drony.cz/wp-content/uploads/2017/09/ndvi.jpg>)

3.10 Software pro zpracování geografických dat

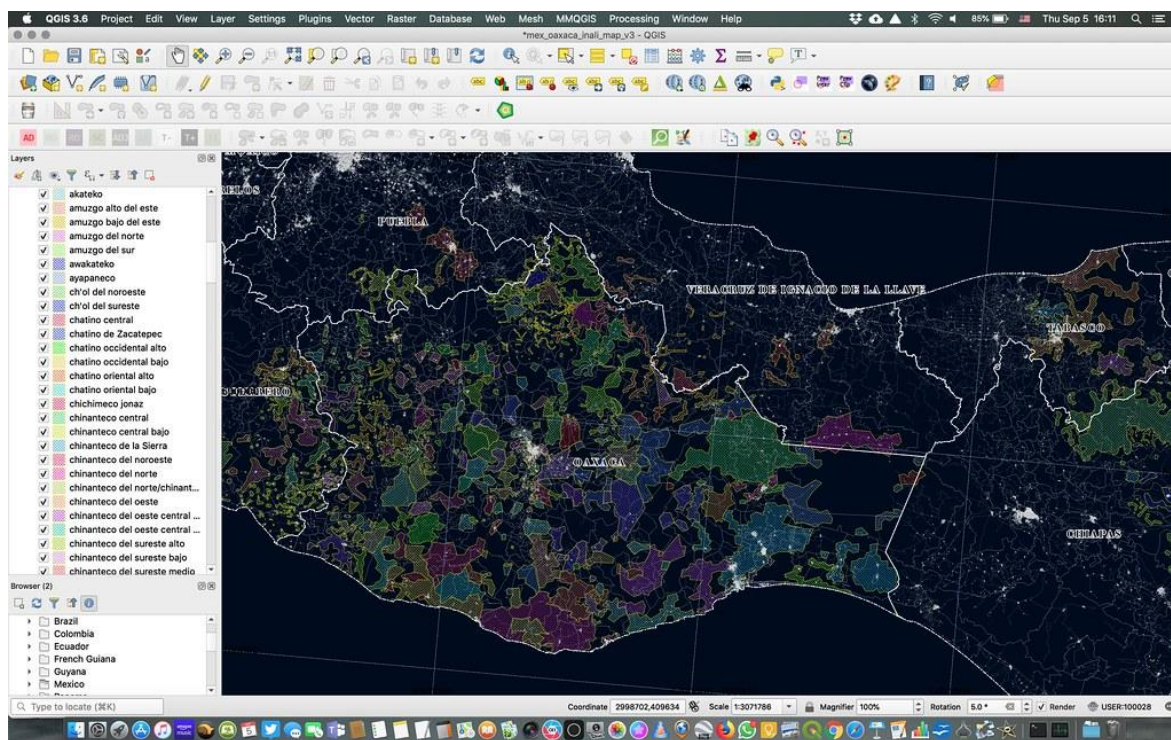
Programové vybavení geografických informačních systémů lze rozdělit na dva základní typy. Prvním typem je zjednodušená verze, která je určena primárně k prohlížení geografických dat pro běžného uživatele počítače. Tyto aplikace nedisponují velkým množstvím funkcí. Jedná se například o Google Maps, Google Earth a další podobné mapové aplikace. Druhým typem GIS jsou profesionální verze softwaru, jako například ArcGIS, QGIS a další. Tyto produkty poskytují komplexní sady funkcí pro analýzu geografických dat odborníky.

3.10.1 QGIS

QGIS je geografický informační systém poskytovaný zdarma jako open-source software. Tento systém je dostupný pro operační systémy Windows, macOS a Linux a umožňuje prohlížení, editaci, tisk a analýzu geodat ve formátech široce využívaných v GIS. QGIS byl dříve znám pod názvem Quantum GIS. [36]

Software je kompatibilní s formáty shapefile, osobními geodatabázemi, dxf, MapInfo, PostGIS a dalšími standardními formáty v GIS. Podporuje také webové služby jako Web Map Service a Web Feature Service, což umožňuje využívat data z externích zdrojů. Funkcionalitu QGIS lze rozšířit pomocí pluginů napsaných v Pythonu nebo C++. Tyto pluginy umožňují například geokódování pomocí Google Geocoding API, provádění geoproceních funkcí podobných standardním nástrojům ArcGIS a práci s databázemi PostgreSQL/PostGIS, Spatialite a MySQL. [36]

QGIS umožňuje uživatelům vizualizovat jejich data pomocí map, grafů a diagramů s možností přizpůsobení prezentace díky širokému výběru symboliky. Mezi nástroje pro geografickou analýzu, které QGIS nabízí, patří tvorba bufferů, prostorové dotazování a geoprocening. Pro složitější geografické analýzy mohou uživatelé využívat také pluginy a algoritmy. Dále usnadňuje sdílení a publikování geoprostorových dat ve formě map, online služeb nebo tištěných map v různých formátech, jako jsou shapefiles, GeoTIFF a KML soubory. [36]



Obrázek 10 – Software QGIS 3.6 (https://live.staticflickr.com/65535/48685270827_7030b49860_b.jpg)

3.10.2 Ekosystém produktů ArcGIS

GIS se nástupem chytrých technologií v zemědělství a dalších odvětvích stávají stále důležitější součástí našich životů. Tento důraz na využívání geografických informačních systémů v mnoha odvětvích vyžaduje také stále se vyvíjející software odpovídající nárokům uživatelů. Jednou z předních platform nabízející široké možnosti sběru, analýzy a správy dat je ekosystém produktů ArcGIS od společnosti Esri. Systém ArcGIS nabízí širokou škálu jednotlivých aplikací a vzájemné propojení produktů celého ekosystému poskytuje uživatelům komplexní řešení zahrnující desktopové aplikace, serverové řešení, mobilní aplikace, webové služby a další cloudové platformy. Umožňuje efektivní práci s daty díky jeho flexibilitě a škálovatelnosti. [47]

3.10.2.1 ArcGIS Online

ArcGIS Online je cloudová platforma pro mapování a analýzu dat přístupná prostřednictvím webové stránky v prohlížeči. Vše je zpracováváno a ukládáno na serverech, nikoli v samotném počítači. Umožňuje vytvářet mapy, provádět analýzy a sdílet výsledky, případně spolupracovat s ostatními uživateli. Nabízí přístup k aplikacím zaměřených na specifické pracovní postupy, globálním mapám a datovým sadám, a nástrojům pro mobilní

práci v terénu. Data a mapy jsou uloženy v bezpečné a soukromé infrastruktuře, kterou lze přizpůsobit požadavkům na mapování a IT. [32, 33]

ArcGIS Online umožňuje pracovat s chytrými, datově řízenými styly pro vizualizaci 2D a 3D dat, sdílet mapy veřejně nebo je udržovat soukromé. Uživatelé mohou spolupracovat na vytváření map, scén, aplikací a poznámkových bloků a využívat intuitivní analytické nástroje pro lepší pochopení dat. [32, 33]

Vytváření map, scén, aplikací a poznámkových bloků

ArcGIS Online zahrnuje všechny nástroje potřebné pro tvorbu webových map, 3D scén, webových aplikací a poznámkových bloků. Pomocí aplikací Map Viewer a 3D Scene Viewer lze přistupovat ke galerii podkladových map a chytrým stylům pro zkoumání a vizualizaci dat. K dispozici jsou také šablony a widgety pro tvorbu webových aplikací, které lze publikovat na ArcGIS Online. Díky ArcGIS Notebooks lze navíc přistupovat ke zdrojům v jazyce Python pro analýzu, automatizaci pracovních postupů a vizualizaci dat. [32, 33]

Sdílení a spolupráce

ArcGIS Online umožňuje sdílení obsahu uvnitř i vně organizace. Uživatel může vytvářet soukromé nebo veřejné skupiny, které jsou buď na pozvání, nebo otevřené pro všechny. Lze také spolupracovat s dalšími organizacemi a sdílet obsah. Obsah, jako jsou mapy, je možné také vkládat na webové stránky, blogy, webové aplikace nebo sdílet prostřednictvím sociálních médií. Pro spolupráci v terénu, kanceláři nebo komunitě slouží specializované aplikace. [32, 33]

Průzkum a analýza dat

ArcGIS Online poskytuje interaktivní mapy a 3D scény, které umožňují celým organizacím zkoumat, porozumět a analyzovat geografická data. Přístup k ArcGIS Living Atlas of the World, dynamické sbírce map, scén, datových vrstev, snímků, analytických nástrojů a aplikací od komunity ArcGIS, umožňuje rozšířit možnosti analýzy. Pomocí analytických nástrojů v Map Viewer může uživatel odhalovat nové vzorce, vyhledávat vhodné lokality, obohacovat data, zjišťovat, co je poblíž, a sumarizovat data. S využitím ArcGIS Notebooks a ArcGIS API pro Python lze provádět datově-vědecké skripty pro lepší vhled do svých dat. [32, 33]

Správa dat

ArcGIS Online umožňuje přidávat, spravovat a sdílet vlastní data. Data je možné publikovat jako webové vrstvy, které jsou hostovány v cloudu Esri a dynamicky škálovány podle poptávky. Tyto vrstvy lze přidávat do map a sdílet je s ostatními uživateli. Data lze publikovat přímo z ArcGIS Pro nebo ArcGIS Online a následně je sdílet s ostatními.

Práce v terénu

ArcGIS Online je navržen tak, aby podporoval aktivity v terénu. Integrované nástroje a aplikace slouží k sběru dat, navigaci, koordinaci a monitorování projektů. Uživatelé mají možnost vytvářet mapové oblasti pro offline použití map a nastavovat synchronizaci, která zajišťuje aktuálnost dat pro editory. Přístup k organizaci je umožněn prostřednictvím mobilní aplikace ArcGIS Companion, která poskytuje funkce pro prohlížení obsahu a skupin při práci v terénu.

Konfigurace prostředí

Administrátor v ArcGIS Online nastavuje a konfiguruje prostředí podle potřeb organizace. K dispozici jsou nástroje a nastavení pro správu uživatelů, monitorování aktivit, udržování bezpečnostních opatření a specifikaci podmínek užívání dat.

Rozšíření práce

ArcGIS Online je možné rozšířit o širokou škálu dalších produktů ArcGIS. ArcGIS Pro umožňuje vytvářet, vizualizovat a sdílet 2D a 3D data a provádět analýzy. ArcGIS Enterprise nabízí kompletní GIS řešení v rámci vlastního prostředí a infrastruktury, ať už v lokálním prostředí, nebo v soukromém cloudu. [32, 33]

3.10.2.2 ArcGIS Desktop (ArcMap)

ArcGIS Desktop, známý také jako ArcMap, je tradiční GIS software využívaný již od roku 1999. Jde o aplikaci pro systém Windows, která je nainstalována na počítači uživatele a nabízí širokou škálu nástrojů pro tvorbu, editaci a analýzu prostorových dat. Rozhraní ArcMapu, s lištou menu, nástrojovými lištami a mapovým oknem, je navrženo tak, aby bylo uživatelsky přívětivé pro GIS profesionály a snadno ovladatelné pro dlouhodobé uživatele.

Vzhledem k technologickému pokroku však společnost Esri postupně vydává novější software s rozšířenými funkcemi a lepší podporou nových datových formátů. [37, 39]

3.10.2.3 ArcGIS Pro

ArcGIS Pro je nejnovější přírůstek do softwarové sady ArcGIS, uvedený na trh v roce 2015 a považovaný za další generaci GIS softwaru. Jde o moderní 64bitovou aplikaci s vícevláknovým zpracováním, která využívá výkon stolních a webových technologií k zajištění integrovaného, plynulého a efektivního uživatelského zážitku. ArcGIS Pro umožňuje vytvářet a upravovat data, provádět analýzy a sdílet projekty a mapy ve 2D i 3D s využitím nových nástrojů a pracovních postupů, které v ArcMapu nejsou k dispozici. Jeho rozhraní je navrženo tak, aby bylo intuitivní, s páskovým menu a kontextovým panelem, který se přizpůsobuje aktuálnímu úkolu, což usnadňuje učení a používání softwaru novým uživatelům. [37, 40]

3.10.2.4 ArcGIS Enterprise

ArcGIS Enterprise je webová GIS platforma, která umožňuje organizacím nasazovat a spravovat GIS zdroje lokálně, v cloudu nebo v hybridním prostředí. Obsahuje sadu serverových softwarových komponent, jako jsou ArcGIS Server, Portal for ArcGIS a ArcGIS Data Store, které společně poskytují kompletní GIS infrastrukturu. ArcGIS Enterprise umožňuje uživatelům publikovat a sdílet GIS data a služby, vytvářet a spravovat webové mapy a aplikace a spolupracovat s dalšími uživateli uvnitř i mimo organizaci. Nabízí podnikové zabezpečení, škálovatelnost a vysoký výkon, což jej činí vhodným pro velké organizace s komplexními GIS požadavky. [37, 38]

3.10.2.5 Jazyk Arcade

Arcade je přenosný, lehký a bezpečný výrazový jazyk používaný k tvorbě vlastního obsahu v aplikacích ArcGIS. Stejně jako ostatní výrazové jazyky umožňuje provádět matematické výpočty, formátovat text a vyhodnocovat logické výrazy. Arcade podporuje také víceřádkové výrazy, proměnné a řídicí příkazy a poskytuje jednotnou syntaxi, kterou lze spustit na stolních počítačích, webových a mobilních zařízeních. Od jiných výrazových a skriptovacích jazyků se odlišuje svou schopností pracovat s datovými typy funkcí a geometrie. [41]

Jazyk Arcade byl navržen výhradně pro použití v rámci systému ArcGIS a nelze jej využít k vývoji samostatných aplikací. Síla jazyka Arcade spočívá v jeho přenositelnosti napříč aplikacemi v systému ArcGIS, což znamená, že výraz Arcade vytvořený v jedné aplikaci ArcGIS bude konzistentně interpretován i v dalších aplikacích. Například výraz definující obsah vyskakovacího okna v ArcGIS Pro lze uložit do webové mapy, a s konzistentními výsledky využít v mobilní aplikaci vyvinuté pomocí ArcGIS Maps SDK pro nativní aplikace, webové aplikaci jako ArcGIS Online, nebo jiné aplikaci vyvinuté s ArcGIS Maps SDK pro JavaScript. [41]

3.10.3 Jazyk Python

Python představuje jeden z nejrozšířenějších programovacích jazyků současnosti, který se vyznačuje především svou přístupností, čitelností a všestranností. Jedná se o vysokoúrovňový, interpretovaný programovací jazyk s dynamickou typovou kontrolou, který byl vyvinut v roce 1991 Guidem van Rossumem. Jeho filozofie klade důraz na jednoduchou syntaxi a čitelnost kódu, což značně usnadňuje jeho osvojení i pro začínající programátory.

V kontextu geografických informačních systémů hraje Python klíčovou roli díky integraci s předními GIS platformami, především s produkty společnosti ESRI, včetně ArcGIS Pro. Tato integrace je realizována prostřednictvím modulu arcpy, který poskytuje programátorský přístup k funkcím a nástrojům GIS. Modul arcpy umožňuje automatizaci pracovních postupů, tvorbu vlastních analytických nástrojů a rozšíření funkcionalit základní platformy ArcGIS Pro. Druhou možností využití Pythonu je open-source projekt geopandas, který rozšiřuje populární knihovnu pandas o podporu geografických dat. Využití Pythonu v oblasti GIS sahá od jednoduchých skriptů pro automatizaci rutinních úkolů až po komplexní aplikace pro analýzu prostorových dat. [49, 53, 54]

4 Vlastní práce

Praktická část diplomové práce je zaměřena na zpracování dat z oblasti zemědělství v prostředí ArcGIS Pro. Je popsán proces získání dat, jejich příprava, import a následné zpracování. Následně jsou výsledky provedených analýz vizualizovány pomocí dalších nástrojů od společnosti ESRI, jako je Insights, Map Viewer a StoryMaps. Finálním výstupem práce je interaktivní webová aplikace ve formě storymapy, znázorňující vybrané ukazatele v jednotlivých letech.

4.1 Volba SW

Pro účely vypracování vlastního řešení diplomové práce je nutné zvolit vhodné programové vybavení počítače. Pro tyto účely byl zvolen software od společnosti ESRI a další související nástroje z ekosystému ArcGIS. Primárním důvodem pro použití tohoto softwaru je především skutečnost, že Česká zemědělská univerzita poskytuje licence tohoto softwaru jejím studentům zdarma. S tím dále souvisí možnost přístupu k ArcGIS Portálu a využití dalších souvisejících nástrojů jako součást ArcGIS Enterprise, které univerzita svým studentům poskytuje.

4.1.1 Software ArcGIS

Pro samotnou přípravu a analýzu dat byl využit software ArcGIS Pro 3.2.0. Ten poskytuje komplexní nástroje pro analýzu dat, které jsou připraveny k okamžitému použití bez nutnosti složitějšího technického nastavování. Má intuitivní a moderní rozhraní s integrovanými nástroji pro analýzu dat. ArcGIS Pro je součástí ekosystému ArcGIS od společnosti ESRI, což usnadňuje použití dalších nástrojů z tohoto ekosystému.

Dalšími nástroji z ekosystému ArcGIS, které byly použity, jsou ArcGIS Map Viewer, Insights a StoryMaps. Map Viewer je webový nástroj pro mapování, který umožňuje zobrazovat, vytvářet a ukládat webové mapy pro další aplikace, jako je například ArcGIS StoryMaps. ArcGIS Insights je webová aplikace obsahující nástroje pro vizualizace prostřednictvím map, grafů a tabulek s možností jejich propojení. Výsledné vizualizace a grafy lze opět použít v dalších nástrojích ekosystému ArcGIS.

Posledním použitým nástrojem je ArcGIS StoryMaps. Jedná se o webovou aplikaci pro tvorbu interaktivních příběhů a prezentací, která umožňuje sdílet mapy v kontextu narativního textu a dalších multimediálních prvků. Je ideální pro vzdělávací účely, osvětové kampaně a prezentace, kde je důležitý příběh a kontext dat.

Dalšími alternativami pro prezentaci a vizualizaci prostorových dat z ekosystému ArcGIS jsou například ArcGIS Dashboards a ArcGIS Experience Builder. První jmenovaný je orientován na monitorování a vizualizaci dat v reálném čase s důrazem na klíčové metriky a ukazatele. Nástroj je navržen tak, aby uživatelé mohli přizpůsobit dashboardy podle potřeb různých cílových skupin a umožnit jim filtrovat data pro získání požadovaných odpovědí. Hodí se pro operativní řízení, strategické rozhodování a situace vyžadující rychlý přehled o aktuálním stavu. Druhým nástrojem je ArcGIS Experience Builder, který představuje vysoce konfigurovatelné řešení pro vytváření webových aplikací bez nutnosti programování. Tento nástroj dovoluje uživatelům vytvořit imerzivní webové prostředí pro publikum sjednocením webových map, aplikací, stránek, propojených widgetů, jak 2D, tak 3D dat. Pro pokročilé uživatele nabízí Experience Builder vývoj vlastních widgetů, témat a akcí s nízkokódovým přístupem pro další rozšíření webových aplikací. [50, 51, 52]

4.1.2 Open-source alternativy

Jako alternativu k softwaru ArcGIS Pro lze použít poměrně rozšířené open-source řešení QGIS, které nabízí podobné funkce pro analýzu prostorových dat. Uživatelé mají možnost manuální instalace různých pluginů, díky čemuž je QGIS velice flexibilní a přizpůsobitelný. Tato flexibilita však často vyžaduje hlubší znalosti GIS technologií a pro méně zkušené uživatele může být používání tohoto softwaru složitější oproti ArcGIS Pro.

Při použití tohoto řešení je však dále nutné kombinovat několik různých nástrojů, jelikož QGIS samo o sobě nemá integrované řešení pro publikování dat a následnou tvorbu interaktivních webových map. Pro publikování dat by bylo nutné použít například QGIS Server nebo GeoServer, což jsou open-source serverové aplikace umožňující publikovat geografická data prostřednictvím standardních protokolů. Oproti ekosystému ArcGIS je však konfigurace takového serveru náročnější a vyžaduje širší technické znalosti v této oblasti.

Pro samotnou tvorbu interaktivních map lze dále použít například nástroj Leaflet. Jedná se o open-source JavaScript knihovnu, která se používá k vytváření webových mapových aplikací. Zatímco základní funkce jsou relativně snadno použitelné, pokročilé aplikace vyžadují znalosti programování v jazyce JavaScript a schopnosti pracovat s webovými technologiemi. S tím však přichází výhoda široké možnosti přizpůsobení výsledné webové aplikace. Na rozdíl od nástrojů ArcGIS nenabízí grafické rozhraní pro tvorbu map bez psaní kódu, což může být pro některé uživatele náročnější.

Tabulka 1 - Porovnání QGIS a ArcGIS (vlastní zpracování)

Vlastnost	Open-source (QGIS, GeoServer, Leaflet)	Ekosystém ArcGIS
Cena	Zdarma	Licenční poplatky
Uživatelská přívětivost, konfigurace	Vyžaduje technické znalosti, přizpůsobitelné	Intuitivní rozhraní
Flexibilita	Vysoce přizpůsobitelné	Poměrně omezené na ESRI ekosystém
Podpora	Komunitní podpora	Profesionální technická podpora
Integrace, konfigurace	Nutná manuální konfigurace, vyžaduje technické znalosti	Automatizovaná

4.2 Získání dat

Pro účely práce bylo nejprve nutné identifikovat a shromáždit data potřebná k realizaci práce. Datové podklady byly získány z několika různých zdrojů. Část potřebných dat byla veřejně dostupná na stránkách Ministerstva zemědělství. Další část dat byla získána z Geoportálu ČÚZK, která jsou opět veřejně přístupná. Poslední datový podklad byl získán na vyžádání od Státního zemědělského intervenčního fondu. Detailnějšímu popisu těchto datových sad se věnují kapitoly dále v práci.

Jako základ pro řešení práce poslouží soubory ve formátu shapefile. Tato data byla získána na stránkách Ministerstva zemědělství, konkrétně v Portálu farmáře, pod záložkou „Registr půdy – LPIS > Data LPIS – SHP za celou ČR“, dostupné na adrese:

<https://mze.gov.cz/public/portal/mze/farmer/LPIS/export-lpis-rocni-shp>. Na této stránce lze nalézt několik dostupných datových souborů ke stažení. Pro účely práce byly vybrány dva typy souborů, které budou v práci použity. Prvním typem jsou shapefile soubory samotných dílů půdních bloků (DPB) od roku 2016.

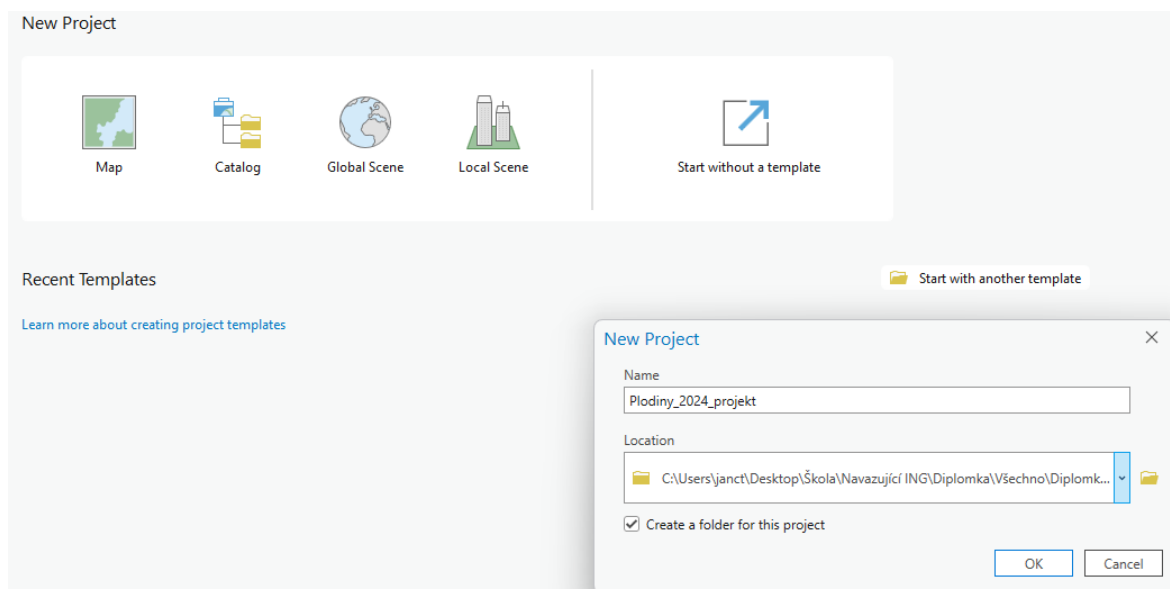
Druhým typem jsou opět shapefile soubory, tentokrát obsahující záznamy o pěstovaných plodinách na jednotlivých půdních blocích v letech 2023 a 2024. Roky 2016 – 2022 nejsou v tomto formátu dostupné. Pro analýzy v letech 2016, 2018, 2020 a 2022 bylo data o plodinách na půdních blocích nutno opatřit z jiného zdroje. Všechny soubory shapefile byly v systému souřadnic S-JTSK Křovák.

Další částí dat potřebných k finálnímu řešení byla data o plodinách pěstovaných na jednotlivých polích – tedy na půdních blocích v letech 2016, 2018, 2020 a 2022. Plodiny v letech 2023 a 2024 byly představeny v předchozím odstavci jako součást shapefile souborů. Data za zbylé roky se nepodařilo dohledat z veřejně přístupných zdrojů. Z tohoto důvodu byla podána žádost na Státní zemědělský intervenční fond o poskytnutí dat o deklaraci plodin z let 2016, 2018, 2020 a 2022. Tato data byla doručena poštovní zásilkou na flashdisku ve formátu .xlsx.

Posledním datovým podkladem, který byl v práci použit jsou vybraná data RÚIAN (kraje, okresy) ve formátu shapefile platná k 17.1.2025. Tyto podklady jsou volně dostupné na Mapovém serveru ČÚZK na <https://services.cuzk.gov.cz/shp/>. Samotný proces nalezení těchto podkladů však nebyl jednoduchý, uživatelsky přívětivý a samotný Mapový server ČÚZK působil poměrně nepřehledně.

4.3 Vytvoření projektu a import dat

Po otevření aplikace ArgGIS Pro může uživatel vytvořit nový projekt. Po stisknutí tlačítka *Map* v horní části obrazovky se zobrazí nové okno vyžadující pojmenování projektu a vybrání cesty pro uložení projektu.



Obrázek 11 - Založení projektu (vlastní tvorba)

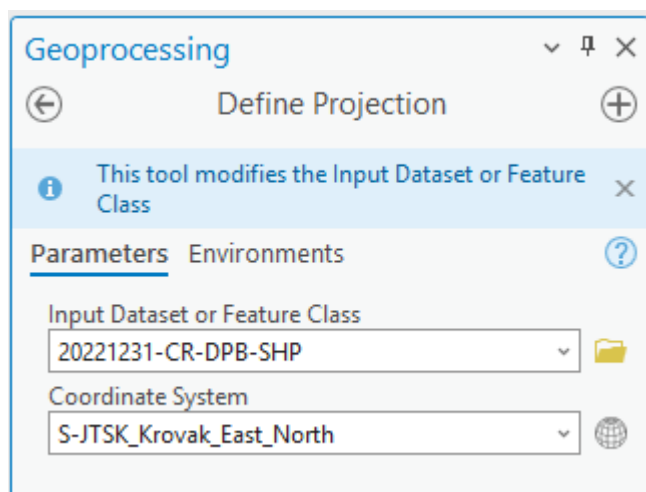
Pro zpracování a analýzu geografických dat byl zvolen souřadnicový systém WGS-84 Web Mercator (EPSG:3857), který je široce používaným standardem pro webové mapové aplikace. Tento systém využívá projekci Web Mercator, která transformuje zeměpisné souřadnice na rovinné souřadnice, což umožňuje snadnější vizualizaci dat na podkladových mapách, jako jsou například mapy od poskytovatelů Google Maps nebo ArcGIS Online. Přestože S-JTSK je přesnější pro území České republiky, WGS-84 Web Mercator byl vybrán kvůli jeho univerzálnosti a širokému využití v rámci webových GIS aplikací.

Před samotným importem dat do projektu byla v adresáři projektu vytvořena složka *_data* a vloženy všechny příslušné soubory. Následně lze jednoduše přidat danou vrstvu do mapy po otevření příslušné složky v panelu *Catalog* v pravé části obrazovky pravým kliknutím a výběrem „Add to current map“. Tento postup lze zopakovat u všech datových podkladů ve formátu shapefile i .xlsx.

4.3.1 Nastavení systému souřadnic

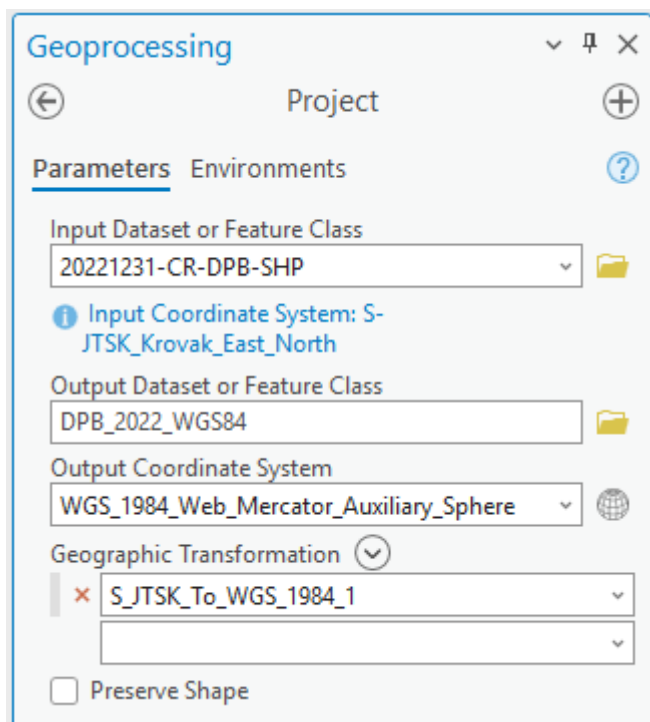
Při importování DPB z let 2016, 2018, 2020 a 2022 je potřeba provést jeden krok navíc, a to definování souřadnicového systému. Ve stažených shapefile souborech totiž chybí soubor s příponou .prj, definující souřadnicový systém. Z informací dostupných na stránkách Ministerstva zemědělství lze zjistit, že veškerá stažená data by měla být v systému souřadnic S-JTSK Krovak East North. Díky této informaci lze použít nástroj *Define Projection*

v ArcGIS Pro pro definování souřadnicového systému k vybraným vrstvám. Po stisknutí možnosti *Analysis* na horní liště lze pak v pravé části obrazovky v panelu *Geoprocessing* vyhledat požadované nástroje. Po zvolení dané vrstvy a souřadnicového systému je k vrstvě přiřazen vybraný souřadnicový systém.



Obrázek 12 - Definování zobrazení S-JTSK Křovák (vlastní tvorba)

Po importování souborů do projektu a definování systému souřadnic je vhodné sjednotit souřadnicové systémy všech vrstev. Při ponechání vrstev v různých souřadnicových systémech jsou vrstvy transformovány v reálném čase, což negativně dopadá na výkon a responzivitu celé aplikace ArcGIS Pro. Podkladová mapa je již při založení projektu nastavena jako WGS-84 Web Mercator, stažené vrstvy jsou však v souřadnicovém systému S-JTSK Křovák EastNorth. K transformaci vrstev slouží nástroj *Project*, který převede souřadnicový systém vrstvy z S-JTSK Krovak do WGS-84 Web Mercator.



Obrázek 13 - Převedení systému souřadnic z S-JTSK do WGS-84 pomocí nástroje Project (vlastní tvorba)

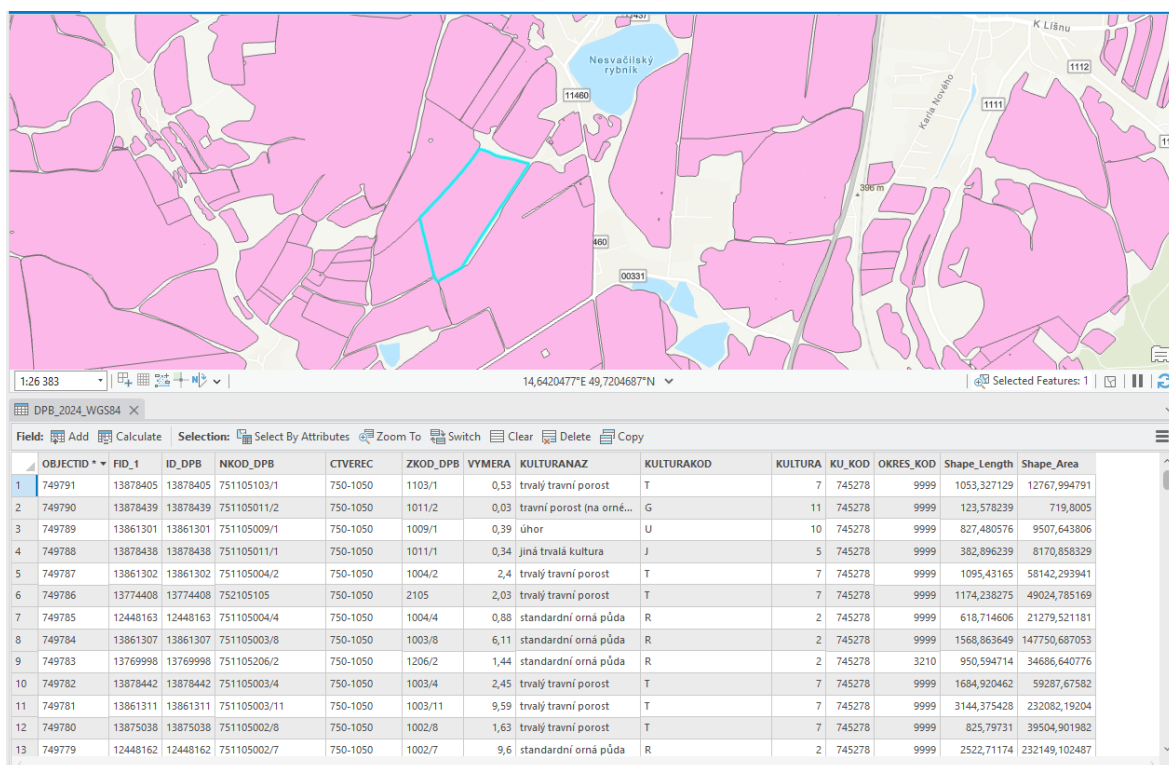
4.4 Popis dat a základní kontrola dat

Po importu veškerých dat bylo možné zobrazit a zkontrolovat získaná data. Celkem byly v práci použity 4 skupiny (typy) datových podkladů. Prvním typem jsou soubory ve formátu shapefile, které obsahují samotné díly půdních bloků (DPB) a jejich atributy. Druhým typem jsou informace o plodinách pěstovaných na půdních blocích, přičemž tato data jsou opět ve formátu shapefile. Zde se jedná pouze o data roku 2023 a 2024. Dalším typem dat jsou soubory ve formátu .xlsx, které obsahují informace o plodinách na půdních blocích. Poslední skupinou dat jsou shapefile soubory RÚIAN znázorňující kraje, okresy, katastrální území a další územní jednotky.

4.4.1 Shapefile soubory dílů půdních bloků

Tyto soubory obsahují geometrické informace o půdních blocích ve formě polygonů. Jeden půdní blok je znázorněn jedním polygonem. Obsahem je také celkem 78 atributů, přičemž většina z nich v této práci nebyla využita. Z toho důvodu byly nepotřebné sloupce dále v práci skryty. Popis všech atributů je dostupný ve formátu .pdf na <https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-a61494---nSTKDXby/popis->

[atributu? linka=a617924](#). Atributy relevantní pro další použití v práci lze vidět na následujícím obrázku a dále v práci jsou popsány.



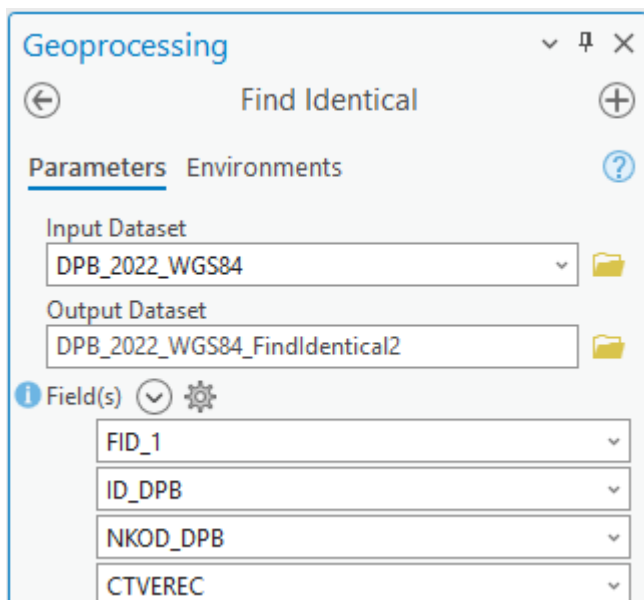
Obrázek 14 – Náhled vrstvy dílů půdních bloků s atributovou tabulkou v programu ArcGIS Pro (vlastní tvorba)

Klíčové atributy:

- **FID_1 a ID_DPB:** Identifikátor půdního bloku.
- **NKOD_DPB:** Národní kód DPB, může sloužit jako identifikátor.
- **CTVEREC:** Čtverec DPB.
- **ZKOD_DPB:** Zkrácený kód DPB, ve spojení se čtvercem DPB může sloužit jako identifikátor.
- **ID_UZ:** Identifikační číslo uživatele půdního bloku
- **VYMERA:** Výměra DPB.
- **KULTURANAZ, KULTURAKOD, KULTURA:** Název typu kultury, kód kultury, ID kultury.
- **KU_KOD:** Kód katastrálního území.
- **OKRES_KOD:** Kód okresu.
- **Shape_Length a Shape_Area:** Automaticky generované, reprezentují obvod a plochu polygonu.

4.4.1.1 Kontrola duplicit

Jelikož každý ze souborů obsahuje mezi 600 – 700 tisíci záznamů, bylo nutné zkontrolovat, zda se mezi nimi nevyskytují duplicitní záznamy. K tomu posloužil nástroj *Find Identical*, který dokáže najít všechny duplicitní záznamy na základě vybraných atributů.

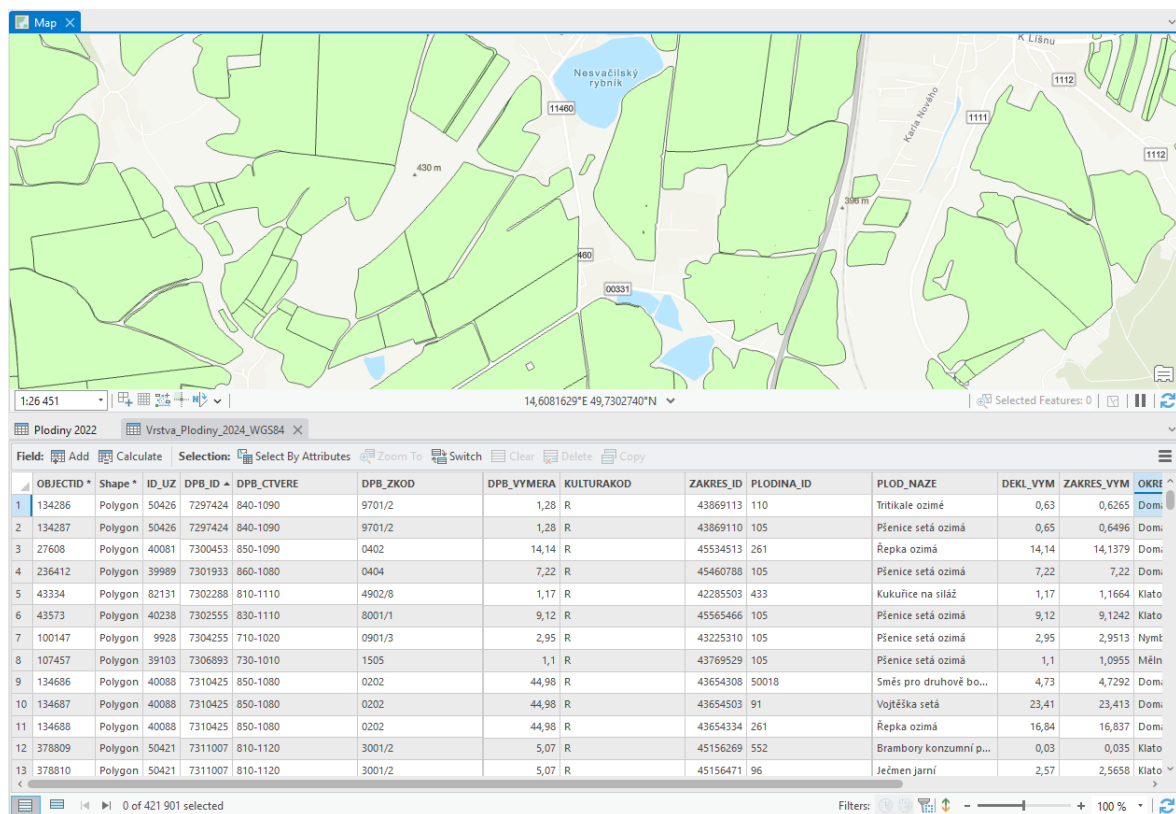


Obrázek 15 - Vyhledání duplicit pomocí nástroje *Find Identical* (vlastní tvorba)

Ve vrstvě DPB 2024 bylo nalezeno téměř 75 tisíc záznamů, které k sobě mají duplicitní záznam shodující se ve všech atributech. Jde tedy o dokonale se překrývající polygony, kdy je jedno pole zaznamenáno vícekrát. Ve starších vrstvách se nenacházely žádné duplicitní záznamy, pouze ve vrstvě z roku 2016 bylo nalezeno několik desítek duplicitních záznamů. Jelikož se jednalo o poměrně velký počet duplicitních záznamů, byl použit nástroj *Delete Identical* ke smazání těchto duplicitních záznamů.

4.4.2 Shapefile soubory s informacemi o plodinách

Tyto soubory obsahují opět informace ve formě polygonů, avšak jeden půdní blok zde může být rozdělen na více polygonů podle toho, kolik různých plodin se na daném polygonu vyskytuje. Pokud se na jednom půdním bloku o velikosti 70 ha vyskytuje 30 ha kukuřice a 30 ha ječmene a 10 ha jetelotravní směsi, je tento půdní blok rozdělen do tří polygonů odpovídající velikosti. Popis všech jednotlivých atributů se nepodařilo dohledat, část se jich však shoduje s atributy v předešlé kapitole a některé další lze odvodit.



Obrázek 16 – Ukázka vrstvy s atributovou tabulkou plodin na jednotlivých DPB (vlastní tvorba)

Shodující se atributy jsou:

ID_DPB, DPB_CTVERE, DPB_ZKOD, DPB_VYMER, KULTURAKOD, OKRES_KOD, Shape_Length a Shape_Area

Další klíčové atributy:

- **ZAKRES_ID:** Identifikátor zakresleného polygonu
- **PLODINA_ID:** Kód plodiny
- **PLOD_NAZE:** Název plodiny
- **DEKL_VYM:** Deklarovaná výměra plodiny
- **ZAKRES_VYM:** Zakreslená výměra plodiny

4.4.2.1 Kontrola duplicit

Při použití stejného nástroje k vyhledání duplicitních záznamů nebyly nalezeny žádné duplicity při použití všech atributů. Avšak při použití pouze atributů Shape_Length, Shape_Area a PLODINA_ID bylo nalezeno 17 duplicitních záznamů ve vrstvě roku 2024 a 4 duplicitní záznamy roku 2023. Tyto záznamy jsou polygony, které se dokonale překrývají

a obsahují shodnou plodinu. Po dalším zkoumání bylo při použití pouze atributů Shape_Length a Shape_Area identifikováno několik dalších shodně překrývajících se polygonů, které však neobsahovaly stejnou plodinu. Dále byl mezi těmito polygony zjištěn rozdíl v dalších attributech, především pak v attributech DPB_ID a ID_UZ. Po prostudování aktuálního veřejného registru půdy - LPIS bylo zjištěno, že se jedná pravděpodobně o pozemky, které změnily v průběhu zaznamenávaného období majitele. Při celkovém počtu přibližně 400 tisíc záznamů se jedná pouze o desítky takovýchto problémových záznamů, proto byly pro další postup práce tyto záznamy ponechány bez dalšího zásahu.

4.4.3 Excelové tabulky s informacemi o plodinách

Tabulky formátu .xlsx obsahují informace o plodinách na jednotlivých půdních blocích. Jako identifikátor půdního bloku je zde sloupec nazvaný *Půdní díl* složený z již dříve představených atributů CTVEREC a ZKOD_DPB. **Dalšími atributy jsou:**

- Kultura
- Kód plodiny
- Plodina
- Výměra

Plodiny 2022						
Field: Add Calculate Selection: Select By Attributes Zoom To Switch Clear Delete Copy						
	Půdní díl	Kultura	Kód plodiny	Plodina	Výměra	ObjectID *
1	590-1060/3701/9	Orná půda	000433	Kukuřice (jinde neuv	15,3	1
2	590-1060/6603/1	Orná půda	040151	Jílek vytrvalý	2,9	2
3	590-1060/9010/1	Orná půda	000105	Pšenice ozimá	10,09	3
4	590-1060/9010/1	Orná půda	000255	Len olejný	10,2	4
5	590-1060/9011/2	Orná půda	000094	Jetel	6,2	5
6	590-1060/9011/2	Orná půda	040151	Jílek vytrvalý	21,52	6
7	590-1060/9111/2	Orná půda	000104	Pšenice jarní	8,64	7
8	600-1060/0012/5	Orná půda	000104	Pšenice jarní	1,82	8
9	650-1020/3102	Orná půda	000105	Pšenice ozimá	2,61	9
10	650-1020/3105	Orná půda	000105	Pšenice ozimá	1	10
11	650-1020/3301/2	Orná půda	000433	Kukuřice (jinde neuv	2,42	11
12	650-1020/3401	Orná půda	000105	Pšenice ozimá	3,38	12
13	650-1020/3406	Orná půda	000433	Kukuřice (jinde neuv	1,49	13

Obrázek 17 - Tabulka .xlsx s údaji o plodinách na jednotlivých půdních dílech (vlastní tvorba)

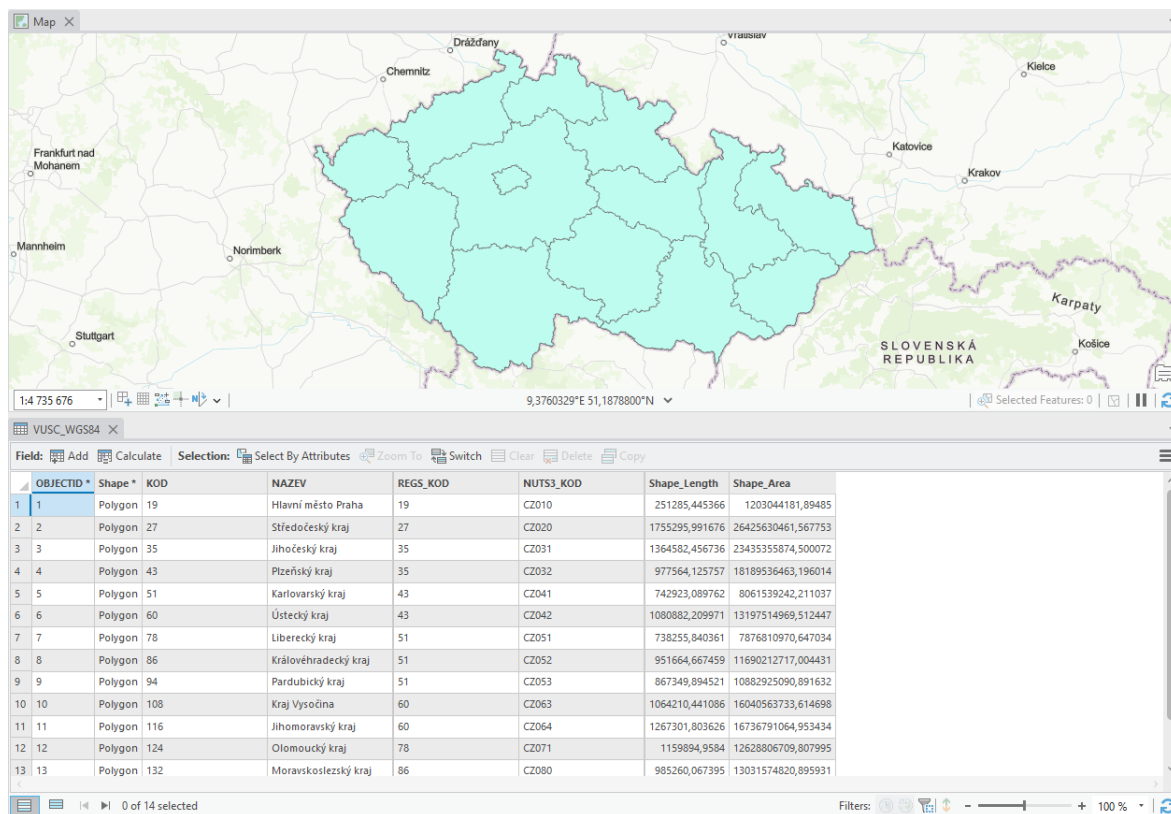
4.4.3.1 Kontrola duplicit

Ve všech zkoumaných letech se nachází několik desítek až stovek duplicitních záznamů. I přestože se nejedná o velký počet duplicit, které by výrazně ovlivňovaly výsledek, byly tyto záznamy odstraněny.

Dále zde byl identifikován řádek, neobsahující žádné hodnoty atribut, pouze atribut *Výměra*. Tento řádek pouze sčítal celkovou výměru všech záznamů. Při pokusu o smazání tohoto řádku nebyla možnost *Delete* k dispozici. Nejprve bylo tedy nutné použít nástroj *Table to Geodatabase*, který převedl tabulky do projektové geodatabáze. Následně bylo možné vybraný řádek smazat.

4.4.4 Shapefile soubory RÚIAN

Posledním podkladem byly shapefile soubory registru územní identifikace, adres a nemovitostí. Obsahem jsou údaje o základních územních prvcích. Pro účely práce jsou to především polygony znázorňující administrativní hranice krajů a okresů. Atributy potřebné pro další průběh práce jsou v obou vrstvách stejné: *NAZEV* a *KOD*, představující název a kód okresu nebo kraje. Tyto vrstvy budou sloužit k agregaci dat na vyšší úrovni (kraj, okres) a vizualizaci výsledku.



Obrázek 18 - Vrstva krajů z datové sady RÚIAN (vlastní tvorba)

4.5 Základní statistiky o půdních blocích

Nejprve byly provedeny analýzy pro zjištění základních statistik o zemědělských plochách v ČR. Jedná se o souhrnné statistiky druhů zemědělských ploch – typy kultur a celkové výměry jednotlivých plodin na území České republiky.

4.5.1 Analýza rozložení půdy podle typu kultury

Pro analýzu rozložení zemědělské půdy podle typu kultury byl použit nástroj *Summary Statistics*. Data byla agregována dle jednotlivých typů kultur, aby bylo možné vyhodnotit jejich celkovou rozlohu v hektarech na území České republiky. Do pole *Case Field* byl vybrán atribut KULTURANAZ, což umožnilo seskupit data podle jednotlivých kultur. Do pole *Input table* byla vybrána příslušná vrstva DPB, *Output table* značí název a umístění výstupní tabulky, jako *Field* byla vybrána výměra, typ statistiky *Sum* pro získání celkové rozlohy podle jednotlivých typů kultur v hektarech.

Summary Statistics ? x

Input Table
 DPB_2023_WGS84

Output Table
 DPB_2023_WGS84_Vymera_Kultury

Statistics Fields

Field	Statistic Type
VYMERAZ	Sum

Case Field

KULTURANAZ

Obrázek 19 - Použití nástroje Summary Statistics pro analýzu typu kultury (vlastní tvorba)

Výsledkem těchto analýz byly tabulky obsahující seznam všech typů kultur a jejich celkovou výměru za daný rok. Tato data mohou být dále využita k porovnání mezi jednotlivými lety a k identifikaci změn ve využití zemědělské půdy.

Název kultury	Četnost	Výměra
standardní orná půda	244706	2403384,84
trvalý travní porost	325218	983133,43
úhor	52214	68581,12
travní porost (na orné...	15957	31289,82
vinice	12422	15121,85
ovocný sad	5189	12223,68
chmelnice	2448	5205
jiná trvalá kultura	7167	3927,4
zalesněná půda	3580	3703,31
rychle rostoucí dřeviny	1286	2304,63
školka	1365	2079,25
jiná kultura	2335	1317,95
plocha s víceletými pro...	104	476,81
rybník	104	356,35
mimoprodukční plocha	544	205,69
plocha s kontejnery	350	144,28
plocha s lanýži	3	1,39

Obrázek 20 – Příklad výsledku analýzy typů kultury (vlastní tvorba)

4.5.2 Analýza celkových výměr jednotlivých plodin

Pro analýzu pěstovaných plodin na území České republiky byla data agregována podle názvů plodin. Zdrojem těchto dat byly tabulky, v případě let 2023 a 2024 vrstvy, obsahující informace o plodinách a jejich výměrách, přičemž každý řádek tabulky představoval jeden záznam o konkrétní plodině na příslušném půdním bloku. Agregace byla provedena pomocí nástroje *Summary Statistics* obdobně jako analýza rozložení půdy podle typu kultury. Nastavení jednotlivých atributů a polí je znázorněno na následujícím obrázku.

The screenshot shows the 'Summary Statistics' tool window. It has a title bar with a question mark and a close button. The interface is divided into several sections:

- Input Table:** A dropdown menu showing 'Plodiny 2016' with a folder icon to its right.
- Output Table:** A text box containing 'Plodiny2016_Statistics' with a folder icon to its right.
- Statistics Fields:** A section with a 'Field' dropdown (showing a gear icon) and a 'Statistic Type' dropdown. Below this is a table with two columns: 'Field' and 'Statistic Type'. The first row has 'Výměra plodiny' in the 'Field' column and 'Sum' in the 'Statistic Type' column. There is a red 'x' icon to the left of the first row.
- Case Field:** A section with a 'Case Field' dropdown (showing a gear icon). Below this is a dropdown menu showing 'Plodina' with a red 'x' icon to its left.

Obrázek 21 – Nastavení analýzy jednotlivých druhů plodin (vlastní tvorba)

Výsledkem této analýzy byly tabulky obsahující seznam všech pěstovaných plodin a jejich celkovou výměru za daný rok. V roce 2024 bylo identifikováno celkem 337 různých druhů plodin. Prvních pět pozic si drží ve všech pozorovaných letech pšenice ozimá, řepka ozimá, kukuřice, ječmen jarní a ječmen ozimý.

Název plodiny	Četnost	Výměra
Pšenice setá ozimá	78357	741786,569987
Řepka ozimá	30993	343117,429992
Kukuřice na siláž	22795	233105,540016
Ječmen jarní	25606	190385,030057
Ječmen ozimý víceřadý	9640	89875,490016
Kukuřice na zrno	8264	78776,469996
Vojtěška setá	13091	66664,390022
Cukrovka	4605	65995,090031
Dočasný travní porost	40710	61479,629987
Hrách polní	7318	51797,350006
Jetel luční	7285	45986,559997
Tritikale ozimé	6152	42397,050029
Směs trav čeledi lipnic...	30953	37863,589988
Ječmen ozimý dvouřadý	4555	37374,750022
Oves pluchatý jarní	7756	36796,150003
Mák setý jarní	2990	30623,860015
Jetelotravní směs (s př...	7753	29514,410004

Obrázek 22 – Příklad výsledku analýzy druhů plodin (vlastní tvorba)

4.6 Statistiky agregované podle krajů a okresů

Následující kapitoly popisují postup při zpracování dat a následné agregaci výsledků dle vrstev krajů a okresů. Cílem bylo vytvoření vrstev krajů a vrstev okresů, které budou obsahovat výměry jednotlivých plodin jako atribut půdních bloků dané vrstvy.

4.6.1 Výpočet zemědělských ploch podle krajů a okresů

Pro agregaci celkových výměr zemědělských ploch podle krajů byl využit nástroj *Summarize Within* v prostředí ArcGIS Pro. Tento nástroj umožňuje sumarizovat hodnoty atributů prostorových prvků (v tomto případě půdních bloků) uvnitř hranic jiných prostorových prvků (kraje). Jako vstupní data byly použity polygonové vrstvy dílů půdních bloků obsahující atribut „Výměra“ a administrativní hranice krajů z databáze RÚIAN. Postup zahrnoval nastavení vrstvy krajů jako *Input Polygons* a vrstvy půdních bloků jako *Input Summary Features*. Atribut „Výměra“ byl zvolen jako *Summary Field* s aplikovanou statistikou *Sum*. Výsledkem byla nová vrstva zobrazující jednotlivé kraje s novým atributem reprezentujícím celkovou výměru zemědělských ploch v hektarech uvnitř

hranic každého kraje. Tento postup byl zopakován pro všechny sledované roky. Později v práci byl tento atribut („Výměra kraje“) pomocí nástroje *Join Field* na základě kódu kraje připojen k výsledné vrstvě plodin agregovaných podle krajů pro vypočítání podílu konkrétní plodiny na celkové výměře kraje.

KOD	NAZEV	NUTS3_KOD	Výměra kraje ▾
27	Středočeský kraj	CZ020	554088,545436
35	Jihočeský kraj	CZ031	425895,522108
116	Jihomoravský kraj	CZ064	362046,312867
108	Kraj Vysočina	CZ063	359470,365187
43	Plzeňský kraj	CZ032	327408,528007
124	Olomoucký kraj	CZ071	242615,244909
86	Královéhradecký kraj	CZ052	234927,226243
94	Pardubický kraj	CZ053	231009,510418
60	Ústecký kraj	CZ042	221023,956456
132	Moravskoslezský kraj	CZ080	214536,048371
141	Zlínský kraj	CZ072	147422,203263
78	Liberecký kraj	CZ051	101682,890087
51	Karlovarský kraj	CZ041	100719,344105

Obrázek 23 – Příklad výsledku analýzy výměry dílů půdních bloků agregovaných podle krajů (vlastní tvorba)

Stejným způsobem byla později provedena agregace podle okresů. Základem bylo nastavení vrstvy okresů jako *Input polygons*, zbylá nastavení byla zachována totožná jako při agregaci podle krajů. Výsledkem byla nová vrstva okresů s atributem „Výměra kraje“.

4.6.2 Výměry jednotlivých plodin podle krajů a okresů

Pro analýzu výměr jednotlivých plodin na území České republiky byly využity nástroje GIS k agregaci dat na úrovni krajů a okresů. Cílem bylo vytvořit vrstvu krajů a okresů s atributy reprezentujícími celkové výměry jednotlivých plodin v daném kraji.

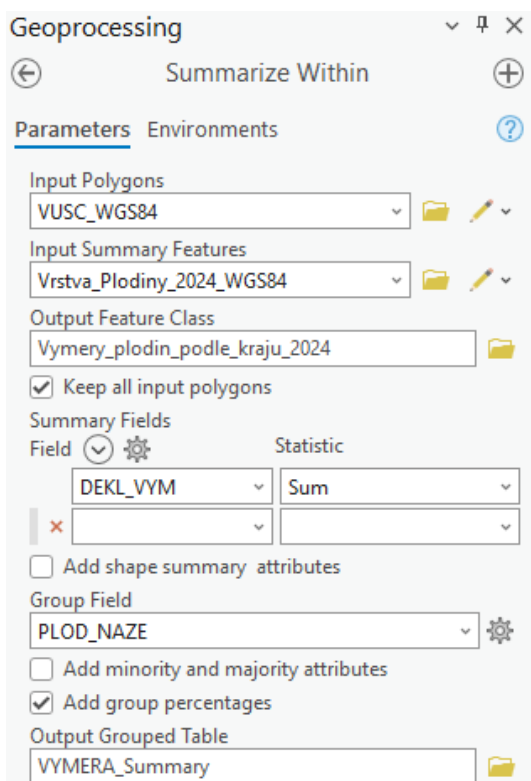
4.6.2.1 Roky 2023 a 2024

Pro sumarizaci výměr jednotlivých plodin podle krajů byl pro roky 2023 a 2024 použit opět nástroj *Summarize Within*.

Jako vstupní data byly použity:

- Vrstva krajů obsahující administrativní hranice krajů z databáze RÚIAN.

- Vrstva půdních bloků obsahující informace o pěstovaných plodinách a jejich výměrách.



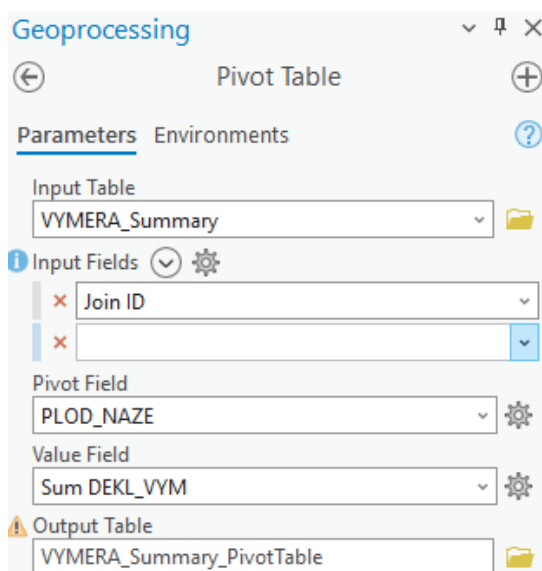
Obrázek 24 - Nastavení pro analýzu plodin agregovaných podle krajů (vlastní tvorba)

Nástroj byl nastaven tak, aby sumarizoval hodnoty atributu „Výměra“ pro každou plodinu podle jednotlivých krajů a výsledky byly rozděleny také podle jednotlivých plodin (políčko *Group Field*). Výstupem byla nová vrstva krajů s automaticky nově přidaným atributem „Join_ID,,“, a dále samostatná tabulka obsahující výměry jednotlivých plodin agregované podle krajů také s atributem „Join_ID“. Tento nově přidaný číselný atribut identifikoval vždy jeden kraj. Pomocí těchto klíčů bylo možné výsledky později spojit.

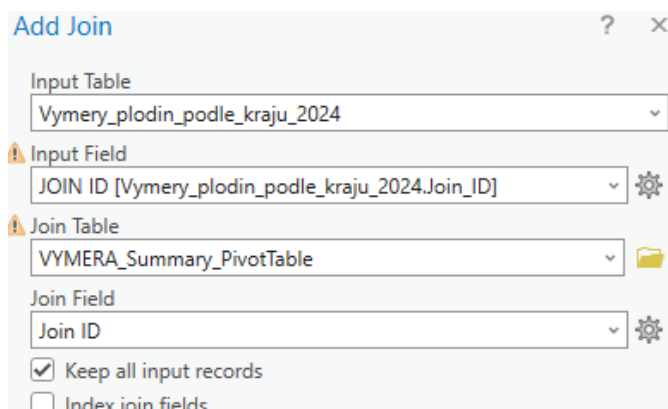
Join ID ▲	PLOD_NAZE	Sum DEKL_VYM
1	Bér vlašský (italský)	0,41
1	Bob polní	38,071347
1	Brambory konzumní p...	4,66
1	Brambory konzumní ra...	1,87
1	Brambory průmyslové	0,19
1	Cukrovka	474,024527
1	Čírok cukrový	6,55
1	Čírok zrnový	1,02
1	Dočasně nezpůsobilá...	3,189407
1	Dočasný travní porost	396,427404
1	Heřmánek pravý	0,05
1	Hořčice bílá	192,748596
1	Hořčice sareptská (hně...	0,74

Obrázek 25 – Příklad výsledku analýzy plodin agregovaných podle krajů (vlastní tvorba)

Pro připojení nové tabulky dat o jednotlivých plodinách k vrstvě krajů bylo nutné transformovat tabulku plodin do formátu, kde by každá plodina měla svůj vlastní sloupec. K tomu byl použit nástroj **Pivot Table**. Transformovaná tabulka byla následně připojena k vrstvě krajů pomocí nástroje **Add Join** a atributu „Join_ID“. Totožný postup byl zvolen i u agregace podle okresů.



Obrázek 26 - Nastavení nástroje Pivot Table (vlastní tvorba)



Obrázek 27 - Připojení tabulky pomocí nástroje Add Join (vlastní tvorba)

4.6.2.2 Automatizace agregace podkategorií plodin do hlavních kategorií

Jelikož bylo v původní datové sadě evidováno více než 330 druhů plodin, některé plodiny byly z analýzy vyloučeny, protože se jedná o méně významné druhy, které se pěstují pouze na malých plochách (v jednotkách, desítkách nebo maximálně stovkách hektarů). Mezi tyto plodiny patří například *Aksamitník*, *Benedikt lékařský*, *Bojíněk* a mnoho dalších. Pro potřeby této práce byly vybrány pouze významné plodiny, které mají zásadní podíl na zemědělské produkci v České republice, jako například *Pšenice*, *Ječmen*, *Řepka*, *Brambory*, *Kukuřice* a některé další. Některé z těchto plodin byly však v původní datové sadě dále rozděleny do podkategorií (např. *Pšenice setá jarní*, *Pšenice setá ozimá*,...). Pro zjednodušení analýzy a interpretace výsledků bylo nezbytné tyto podkategorie sloučit do hlavních kategorií (např. *Pšenice*, *Ječmen*). Tímto způsobem bylo možné získat jednodušší přehled o celkových výměrách jednotlivých druhů plodin na úrovni krajů.

Pro efektivní analýzu dat o pěstovaných plodinách byla vytvořena automatizovaná metoda pro sloučení podkategorií plodin do hlavních kategorií. Tento proces byl realizován pomocí jazyka Python a knihoven pandas, numpy a arcpy. Základy samotných kódů v jazycích Python, a v další části práce v jazyce Arcade, byly napsány s pomocí nástroje Perplexity.ai a dále ručně upravovány do požadovaného funkčního stavu. Výsledkem je nová tabulka obsahující agregované údaje o výměrách jednotlivých hlavních kategorií plodin na úrovni krajů (a okresů).

Postup zpracování kategorií (př. rok 2024):

1. Načtení dat

- Nejprve byla ručně vytvořena pomocná tabulka „kraje_data_2024“ pomocí funkce *Export table* z vrstvy obsahující výměry jednotlivých plodin podle krajů.
- Data byla načtena z tabulky „kraje_data_2024“, uložené v geodatabázi „DP_Plodiny_vsechny_roky.gdb“.
- Pomocí nástroje `arcpy.ListFields` byly získány všechny názvy sloupců tabulky kromě geometrických a systémových polí.

```
import arcpy
import pandas as pd
import numpy as np

# Cesta k geodatabázi a tabulce
gdb_path = r"C:\Users\janct\Desktop\Škola\Navazující_ING\Diplomka\Všechno\Diplomka\Projekt_ArcGIS\
DP_Plodiny_vsechny_roky\DP_Plodiny_vsechny_roky.gdb"
table_name = "kraje_data_2024"
table_path = f"{gdb_path}\\{table_name}"

# Načtení dat do pandas DataFrame
fields = [field.name for field in arcpy.ListFields(table_path) if field.type not in ("Geometry", "OID")]
data = [row for row in arcpy.da.SearchCursor(table_path, fields)]
df = pd.DataFrame(data, columns=fields)
```

Obrázek 28 - Kód v jazyce python - načtení dat (vlastní tvorba)

2. Definice hlavních kategorií

- Byly definovány hlavní kategorie plodin jako například:
 - a. Brambory: zahrnující podkategorie „Brambory_průmyslové“, „Brambory_konzumní_pozdní“, atd.
 - b. Pšenice: zahrnující podkategorie „Pšenice_setá_jarní“, „Pšenice_špalda_ozimná“ atd.
 - c. Další kategorie zahrnovaly např. Bob, Ječmen, Řepka, Kukuřice, Jetel a další.

```
# Definice hlavních kategorií
main_categories = [
    "Brambory", "Pšenice", "Bob", "Ječmen", "Kukuřice",
    "Cukrovk", "Řepka", "Řepa", "Oves", "Žito", "Hrách",
    "Jetel", "Vojtěška", "Čírok", "Slunečnice",
    "Mák", "Pohanka", "Kmín", "Hořčice", "Mrkev",
    "Paprika", "Pelyněk", "Petržel", "Proso", "Tritikale", "Dočasný", "Směs_trav"
]
```

Obrázek 29 - Kód v jazyce python - definice hlavních kategorií (vlastní tvorba)

3. Automatická agregace podkategorií

- Pro každou hlavní kategorii byly vyhledány všechny sloupce obsahující dané klíčové slovo (např. "Brambory").
- Hodnoty těchto sloupců byly sečteny a uloženy do nového sloupce odpovídajícího hlavní kategorii.

```
# Automatická agregace podkategorií
for category in main_categories:
    sub_categories = [col for col in df.columns if category in col]
    if sub_categories:
        df[category] = df[sub_categories].sum(axis=1)
```

Obrázek 30 - Kód v jazyce python – agregace podkategorií (vlastní tvorba)

4. Úprava datových typů

- Z důvodu ošetření chybových hlášení bylo nutné upravit datové typy.
- Textové sloupce (např. NAZEV, KOD) byly explicitně převedeny na typ string a prázdné hodnoty byly nahrazeny prázdným řetězcem.
- Číselné sloupce (např. výměry plodin) byly převedeny na typ float.

```
# Explicitn převod sloupců na správné typy
df["NAZEV"] = df["NAZEV"].astype(str).fillna("")
df["KOD"] = df["KOD"].astype(str) # Pokud KOD obsahuje textové hodnoty

# Definice datových typů pro všechny sloupce
dtype = []
for col in df.columns:
    if col in ['OBJECTID']:
        dtype.append((col, 'i4')) # OBJECTID jako integer
    elif col in ['NAZEV', 'KOD']:
        dtype.append((col, 'U255')) # Textové sloupce
    else:
        dtype.append((col, 'f8')) # Všechny ostatní sloupce jako float
```

Obrázek 31 - Kód v jazyce python - úprava datových typů (vlastní tvorba)

5. Uložení výsledků

- Upravená data byla převedena na formát NumPy array s explicitně definovanými datovými typy pro každý sloupec: OBJECTID: celé číslo (int), NAZEV, KOD: textový řetězec (string), Agregované výměry: desetinné číslo (float).
- Výsledná tabulka byla uložena zpět do geodatabáze jako nová tabulka s názvem kraje_data_agg_2024.


```
# Převod DataFrame na NumPy array
np_array = np.rec.fromarrays(
    [df[col].values for col in df.columns],
    dtype=np.dtype(dtype)
)

# Uložení výsledků do nové tabulky
output_table = f"{gdb_path}\\kraje_data_agg_2024"
if arcpy.Exists(output_table):
    arcpy.Delete_management(output_table)

arcpy.da.NumPyArrayToTable(np_array, output_table)
print("Agregace dokončena. Výsledky jsou uloženy v:", output_table)
```

Obrázek 32 - Kód v jazyce python - uložení výsledků (vlastní tvorba)

Tento postup přidal do výsledné tabulky sloupce s hlavními kategoriemi plodin a také zachoval všechny sloupce podkategorií. Ty již nebyly dále potřeba, byly proto pro přehlednost smazány. Následně byla tabulka pomocí **Join Field** na základě kódu kraje připojena zpět k vrstvě krajů. Stejným postupem byla později zpracována také data za předešlé roky a také v případě agregace podle okresů. Finální tabulka ve vrstvě krajů pak vypadala následovně.

OBJECTID *	Shape	KOD	NAZEV	Brambory	Pšenice	Bob	Ječmen	Kukuřice	Cukrovka	Řepka	Řepa	Oves	Žito	Hrách
1	Polygon	19	Hlavní město Praha	6,72	3500,552525	38,071347	1342,889027	353,445766	474,024527	1586,683741	0,89153	342,090001	5,67	246,390463
2	Polygon	27	Středočeský kraj	5840,674282	160127,04074	355,544511	59479,815769	42321,085103	17097,153008	75206,661301	192,00457	8238,838758	5164,583844	12559,716659
3	Polygon	35	Jihočeský kraj	2767,095433	75708,293643	268,566959	27979,198752	34898,870488	58,68	37500,237972	6,98	11525,972842	3481,473979	4243,35837
4	Polygon	43	Plzeňský kraj	1225,986212	58946,642024	358,089998	25245,733177	28006,431593	0,43	28393,413203	13,79	9720,12613	3884,131677	4727,74
5	Polygon	51	Karlovarský kraj	46,78	9989,569218	33,44	3781,33769	3244,976165	0	5055,607231	1,36	1737,699948	1744,079336	749,38
6	Polygon	60	Ústecký kraj	480,200591	60497,570509	142,840001	19935,957976	7865,782531	3361,755649	22858,473883	68,95	1432,608414	1831,09968	5291,387037
7	Polygon	78	Liberecký kraj	141,370497	10426,005856	0	4168,234059	3367,374258	957,801641	5617,643133	2,99	1232,163002	953,171464	1272,610005
8	Polygon	86	Královéhradecký kraj	597,194982	54690,997889	469,330003	14017,573651	20148,28735	11631,964501	22450,115401	36,5739	2479,85421	2046,376459	3654,531248
9	Polygon	94	Pardubický kraj	964,985012	51216,562474	158,15	19837,834894	24978,188224	4963,540681	23120,221385	34,6	2968,733552	1828,385487	4041,562354
10	Polygon	108	Kraj Vysočina	7780,88049	72399,200077	86,617186	37272,276774	39752,516936	75,805127	38676,935427	18,08	6655,801182	5001,004135	6044,623661
11	Polygon	116	Jihomoravský kraj	1740,312481	102814,018301	83,309999	38697,927765	61541,295485	4561,991105	28677,454387	81,6	2096,493328	2779,801756	10912,867317
12	Polygon	124	Olomoucký kraj	299,47	48872,595675	52,78	37949,976818	21897,208022	12985,87629	23590,316709	41,64	1526,927851	1141,763543	2206,811237
13	Polygon	132	Moravskoslezský kraj	710,529998	38146,510524	16,56	16128,731329	11887,044142	7153,829403	19525,601916	23,24	2254,376021	1229,61	1019,219998

Obrázek 33 - Výsledek agregace podkategorií plodin do hlavních kategorií po spuštění python skriptu a připojení tabulky k vrstvě krajů (vlastní tvorba)

4.6.2.3 Roky 2016, 2018, 2020, 2022

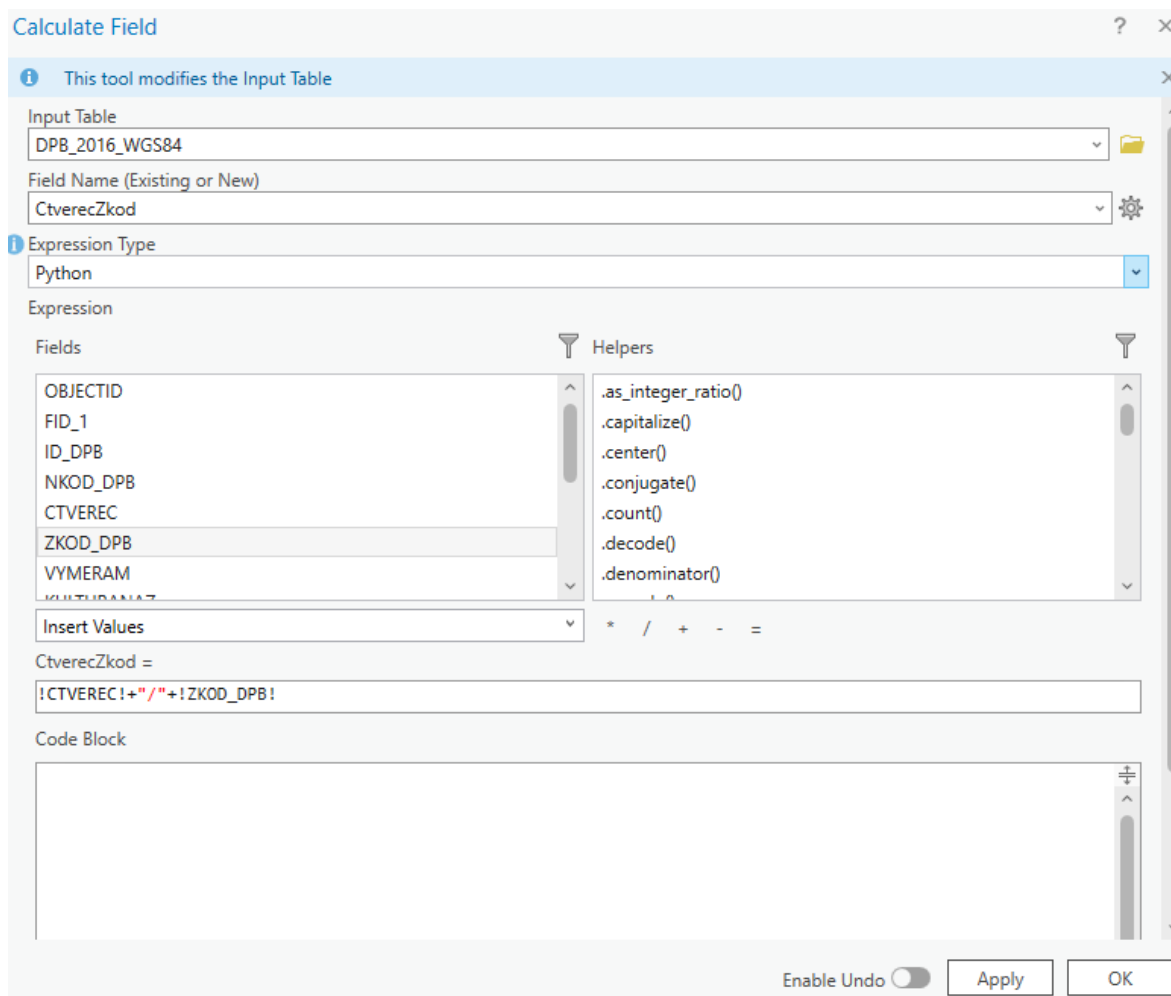
Jelikož data o plodinách z těchto let nebyla ve formátu shapefile, ale pouze ve formátu .xlsx, bylo k řešení potřeba přistupovat jiným způsobem. Možným řešením těchto let bylo připojení záznamů z excelových tabulek k vrstvám DPB daného roku na základě atributu „Půdní díl“, který odpovídá spojení atributů „CTVEREC“ a „ZKOD_DPB“ ve vrstvě DPB. Tento postup se zpočátku jevil jako nevhodný. V excelové tabulce plodin odpovídá jeden záznam jedné plodiny na daném půdním bloku. Pokud se na půdním bloku nachází více než

jedna plodina, existuje více záznamů se stejným atributem *Půdní díl*. Ve vrstvě půdních bloků byl však každý půdní díl zastoupen pouze jednou.

97	191577	440-1100/8904/9	Orná půda	000357	Cibule jarní	0,13
98	191578	440-1100/8904/9	Orná půda	000362	Česnek ozimý	0,16
99	191579	440-1100/8904/9	Orná půda	000397	Řepa salátová	0,11
100	191580	440-1100/8904/9	Orná půda	040360	Brambory konzum.pozd	0,14

Obrázek 34 - Příklad více plodin na jednom půdním bloku (vlastní tvorba)

Jedná se tedy o vztah typu „One to Many“. Při prvotních pokusech o připojení tabulky plodin k vrstvě DPB se k odpovídajícímu dílu půdního bloku připojila vždy pouze první plodina a další plodiny, které k tomuto bloku měly být přiřazeny se nepřipojily. ArcGIS Pro totiž detekoval spojení jako vztah „One to One“. Po prostudování příslušné dokumentace se nakonec ukázalo, že řešení tohoto problému je poměrně jednoduché. Vrstvy DPB i tabulky s plodinami se totiž musí nacházet přímo ve stejné geodatabázi, byl proto použit nástroj *Feature Class to Geodatabase* a *Table to Geodatabase* pro převedení požadovaných vrstev a tabulek do stejné geodatabáze. Následně byl do vrstev DPB nejprve přidán nový atribut „CtvrrecZkod“ pomocí *Calculate Field*, který byl pouze odvozen spojením již existujících atributů CTVEREC a ZKOD, a dále byly pomocí *Join Field* k vrstvám DPB připojeny záznamy o plodinách. Po tomto kroku byl ve vrstvě DPB každý jeden půdní blok zaznamenán tolikrát, kolik plodin se na něm nacházelo.



Obrázek 35 - Odvození pomocného atributu spojením Ctverec a ZKod (vlastní tvorba)

Po připojení tabulek plodin k vrstvám DPB byl však zaznamenán takový pokles výkonu aplikace, že se s danou vrstvou nedalo dále pracovat. Jako jedno z možných řešení bylo vyzkoušeno exportovat tuto vrstvu do nové vrstvy a optimalizovat tak výkon. Tento krok se ukázal jako správný, výkon byl opět standardní, jelikož ArcGIS Pro nemusel dynamicky spojovat data při každém dotazu, všechna data jsou uložena v geodatabázi přímo v nové vrstvě. Tento proces exportu zabral u každé jedné vrstvy přibližně 6-8 hodin.

Při analýze excelových dat o plodinách bylo v každém roce identifikováno přibližně 3 až 6 tisíc záznamů (z celkových cca 300 000), které k sobě neměly odpovídající záznam ve vrstvě DPB. Tyto chybějící údaje byly pravděpodobně způsobeny změnami ve vlastnictví půdních bloků, a s tím spojenou změnou identifikátoru půdního bloku. Prostorová data DPB byla platná vždy k 31.12. příslušného roku. K rokům 2023 a 2024 jsou data o plodinách však platná k 1.8. daného roku. Platnost dat z excelových souborů o plodinách od SZIF není

přesně známa, dá se však předpokládat, že se jedná také o 1.8. daného roku. Z toho důvodu nebylo možné tyto záznamy zařadit do správného kraje/okresu. Vzhledem k tomu, že k vyřešení tohoto problému by bylo potřeba získat historická data DPB ke konkrétnímu datu, byla tato data pro účely práce vyloučena ze závěrečné analýzy agregace podle krajů a okresů. Chybějící data představovala přibližně mezi 1-2 % všech záznamů.

Po provedení těchto kroků byla připravena vrstva dílů půdních bloků obsahující také informace o plodinách na půdních blocích pro roky 2016 - 2022. Další postup je již shodný s postupem pro roky 2023 a 2024 v kapitole „4.6.2 Výměry jednotlivých plodin podle krajů a okresů“. Byly opět použity nástroje *Summarize Within*, *Pivot Table*, *Join Field* a dále Python kód pro sjednocení různých poddruhů plodin.

4.6.3 Rozdíl ve výměrách mezi roky 2024 a 2016, 2020

Pro analýzu rozdílu ve výměrách pěstovaných plodin mezi roky 2016, 2020 a 2024 byla pomocí nástroje *Export Features* vytvořena kopie vrstvy plodin agregovaných podle krajů a okresů roku 2024. Následně byla k této vrstvě pomocí nástroje *Field Join* připojena příslušná pole s výměrami plodin z odpovídajících vrstev roku 2016 a 2020. Sloupce s názvem plodiny s automaticky přidanou příponou „_1“ (např. „*Pšenice_1*“) byly hodnoty z roku 2016, sloupce s příponou „_12“ naopak hodnoty z roku 2020. Sloupce bez jakékoliv přípony odpovídají roku 2024 a jsou použity jako základ pro následné výpočty.

Dále byl využit Python skript, který do této nové vrstvy přidal nová pole atributů s názvem „*Plodina_Rozdíl_2024_20xx*“ pro každou plodinu a příslušný rok, do kterých byly spočítány rozdíly mezi vybranými roky. Základem je vždy výměra roku 2024, od které je odečtena výměra dané plodiny v roce 2016, případně 2020.

```

import arcpy
from collections import defaultdict

# Cesta k vrstvě vytvořené pomocí Spatial Join
input_layer = r"C:\Users\janct\Desktop\Škola\Navazující_ING\Diplomka\Všechno\Diplomka\Projekt_ArcG

# Získání seznamu všech polí ve vrstvě
fields = [field.name for field in arcpy.ListFields(input_layer)]
field_types = {field.name: field.type for field in arcpy.ListFields(input_layer)}

# Automatické generování mapování mezi roky 2016, 2020 a 2024
mapping = defaultdict(dict)
for field in fields:
    if field_types[field] == "Double": # Kontrola, zda je pole typu Double
        if "_1" in field and "_12" not in field: # Pole z roku 2016 obsahuje "_1", ale ne "_12"
            main_category = field.replace("_1", "") # Hlavní kategorie je část před "_1"
            mapping[main_category]["2016"] = field
        elif "_12" in field: # Pole z roku 2020 obsahuje "_12"
            main_category = field.replace("_12", "")
            mapping[main_category]["2020"] = field
        elif "_1" not in field and "_12" not in field: # Pole z roku 2024 nemá žádnou příponu
            mapping[field]["2024"] = field

# Iterace přes mapování a výpočet rozdílů
for main_category, years in mapping.items():
    # Kontrola, zda existují odpovídající pole pro všechny požadované roky
    if "2024" in years and "2016" in years:
        # Název nového pole pro rozdíl mezi roky 2024 a 2016
        difference_field_2016 = f"{main_category}_Rozdil_2024_2016"

        # Přidání nového pole do vrstvy
        arcpy.AddField_management(input_layer, difference_field_2016, "DOUBLE")

        # Výpočet rozdílu pomocí Calculate Field
        expression = f"!{years['2024']}! - !{years['2016']}!"
        arcpy.CalculateField_management(input_layer, difference_field_2016, expression, "PYTHON3")

    if "2024" in years and "2020" in years:
        # Název nového pole pro rozdíl mezi roky 2024 a 2020
        difference_field_2020 = f"{main_category}_Rozdil_2024_2020"

        # Přidání nového pole do vrstvy
        arcpy.AddField_management(input_layer, difference_field_2020, "DOUBLE")

        # Výpočet rozdílu pomocí Calculate Field
        expression = f"!{years['2024']}! - !{years['2020']}!"
        arcpy.CalculateField_management(input_layer, difference_field_2020, expression, "PYTHON3")

print("Všechna pole pro rozdíly byla úspěšně vytvořena a vypočtena.")

```

Obrázek 36 - Kód v jazyce python – Vytvoření nového pole v atributové tabulce a spočítání rozdílu mezi roky 2016, 2020 a 2024 (vlastní tvorba)

4.7 Export dat na ČZU Portál

Pro nahrávání dat na ČZU Portál je nejprve nutné se k tomuto portálu v ArcGIS Pro přihlásit a nastavit ho jako aktivní. K tomu slouží v pravém horním rohu možnost přihlášení ke svému účtu. Po přihlášení je zde možnost „Manage portals“, pomocí které je možné přidat ČZU Portál s adresou <https://gis.czu.cz/portal/>. Následně je možnost tento portál nastavit jako aktivní.

Export veškerých dat na ČZU Portál nebyl z důvodu velikosti možný. Celý projekt má přes 18 GB. Byla tedy zvolena možnost exportu pouze jednotlivých potřebných vrstev a tabulek. Po vybrání možnosti *Sharing > Share as Web Layer* u jednotlivých vrstev byl v pravé části obrazovky vyplněn název, zakliknuta možnost *Copy all data – Feature* a vybráno umístění souboru v portálu. Po stisknutí *Analyse* jsou zobrazeny problémy a chyby, které brání nahrání dat na portál. Zde se jedná pouze o chybu „Unique numeric IDs are not assigned“, která lze vyřešit pravým kliknutím na chybu a vybrání možnosti „Auto-assign IDs Sequentially“, která automaticky přiřadí ID. Následně lze zvolit tlačítko *Publish*, čímž dojde k nahrání dané vrstvy na portál.

Share As Web Layer ? ▾ □ ×

Sharing selected layer as a web layer

General Configuration Content

Item Details

Name

SHARE_Vymery_plodin_podle_kraju_2018

Summary

Tags

Data and Layer Type ⓘ

Reference registered data

☐ Map Image

☐ Feature

☐ Vector Tile

☒ Map Image and Feature

Copy all data

☒ Feature

☐ Tile

☐ Map Image

☐ Vector Tile

☒ Feature ⓘ

Location

Portal Folder

Diplomka

Share with

☐ Everyone

☒ GIS portál ČZU

Finish Sharing

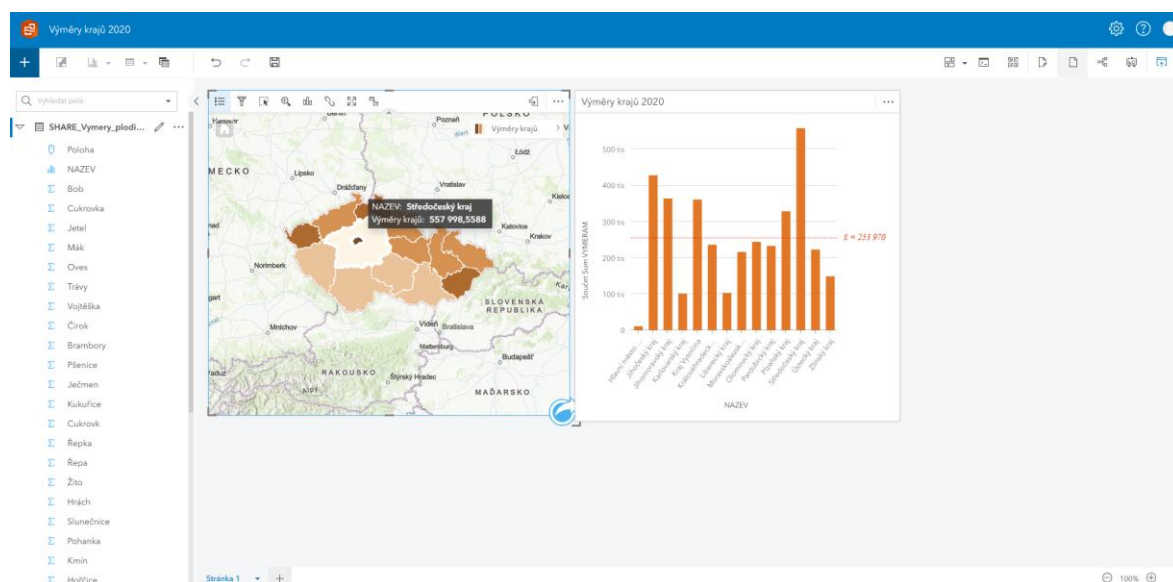
Analyze Publish Jobs

Obrázek 37 – Export dat na Portal ČZU (vlastní tvorba)

4.8 Příprava grafů a statistik v ArcGIS Insights

Po přihlášení se do GIS Portálu ČZU na adrese <https://gis.czu.cz/portal/home/> pomocí klasického webového prohlížeče, například Google Chrome, lze pracovat s několika různými aplikacemi sloužícími pro základní analýzu a dále především prezentaci a vizualizaci dat. Po otevření vrstvy v aplikaci Insights lze vytvářet mapy, grafy a tabulky. V levé části obrazovky lze vybrat vrstvy a jejich atributy, které chceme vizualizovat. Po vytvoření mapy lze upravit několik dalších parametrů, především popisky a barvy. Dále lze přidat například graf, který bude s mapou propojený.

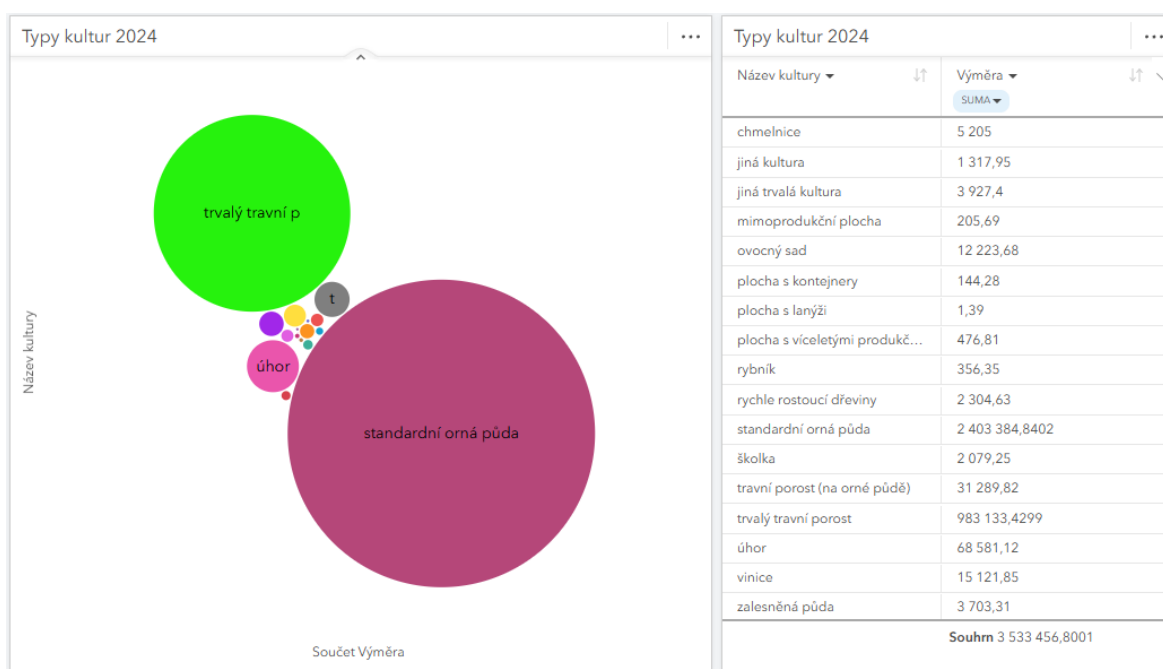
Prvním cílem v aplikaci Insights bylo vytvořit interaktivní mapu s připojeným grafem zobrazující celkovou výměru zemědělské půdy v jednotlivých krajích. Po vytvoření první mapy byl automaticky jako hlavní popisek mapy nastaven kód kraje, nikoliv název kraje. V detailech vrstvy, která je nahraná na portálu je sice možnost upravit a odstranit atributy, tato možnost však pouze vypíše okno oznamující ukládání provedené úpravy, které však nikdy nezmizí a provedená úprava se neuloží. Po mnoha pokusech tento popisek změnit, případně úplně odstranit atribut „Kód“ v již nahrané vrstvě, byla nakonec celá vrstva upravena opět v programu ArcGIS Pro odstraněním atributů „Kód“ ve všech vrstvách. Poté byly celé vrstvy nahrány opět na portál.



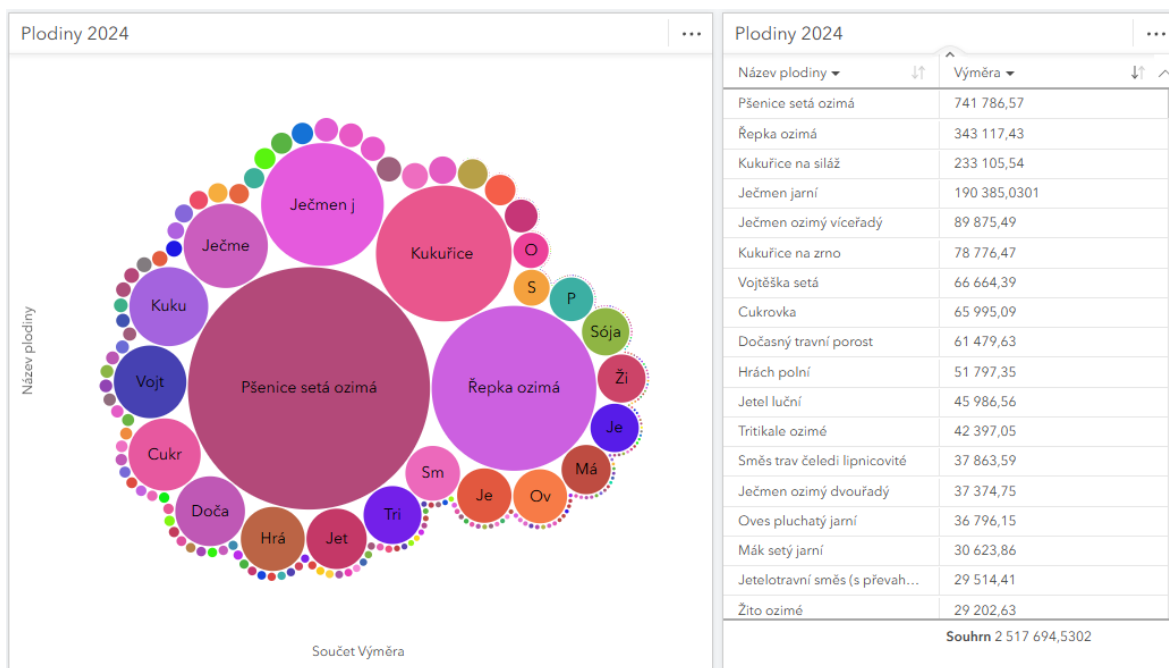
Obrázek 38 - Interaktivní mapa s grafem v aplikaci ArcGIS Insights (vlastní tvorba)

Samotné vytváření těchto vizualizací v aplikaci Insights je poměrně jednoduché a intuitivní, avšak jako výrazný nedostatek by se dalo označit upravování velikosti daných objektů. Jedinou možností je uchopení objektu za roh/stranu a potažení myší. Tento způsob není příliš přesný a v případě vytváření několika podobných/stejně velkých vizualizací je ve výsledku každá z vizualizací jinak velká a sjednocení velikostí tak zabere množství času. Jiný způsob změny velikosti nebyl v průběhu práce objeven.

Dále byly v aplikaci Insights vytvořeny také grafy znázorňující celkové výměry podle typu kultury a celkové výměry jednotlivých druhů plodin. Po vytvoření požadovaných vizualizací lze pomocí tlačítka *Publikovat* v pravém horním rohu tuto vizualizaci publikovat a pomocí odkazu iframe přidat tuto vizualizaci následně do StoryMapy.



Obrázek 39 - Graf typů kultur v aplikaci Insights (vlastní tvorba)



Obrázek 40 - Graf druhů plodin v aplikaci Insights (vlastní tvorba)

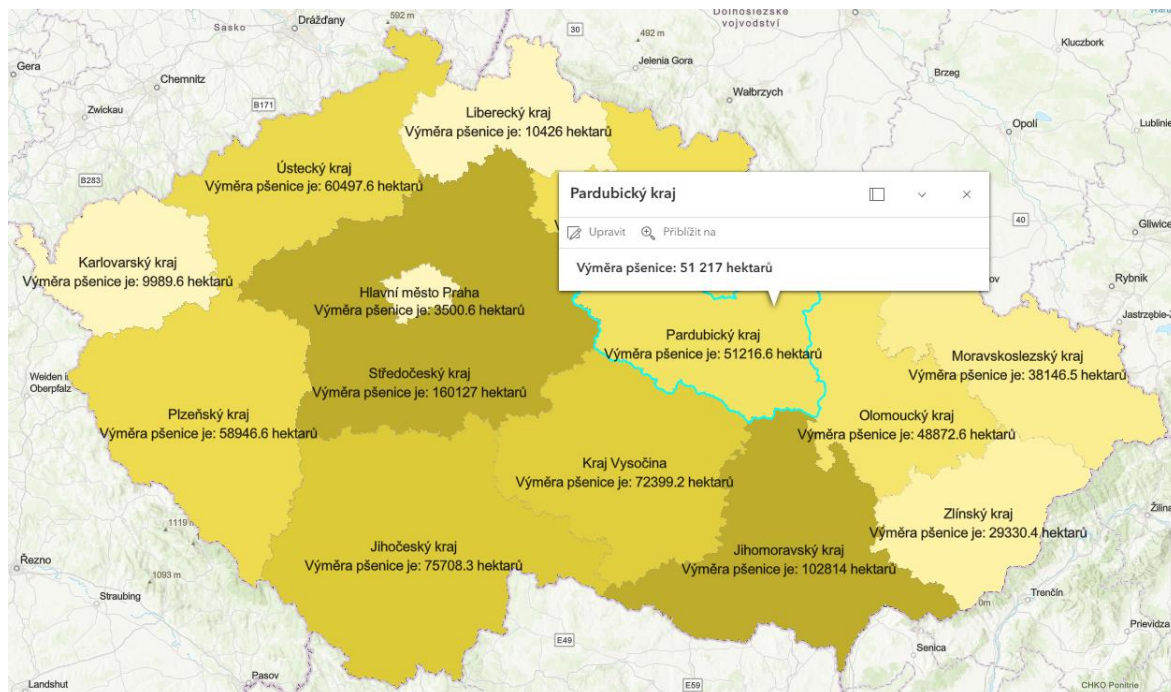
4.9 Úprava a vytvoření map v ArcGIS Map Viewer

Další z nabízených nástrojů je aplikace Map Viewer. Tato aplikace je primárně zaměřená na vizualizaci v podobě map. Její klíčové zaměření spočívá v práci s geografickými daty a jejich prezentací. Nabízí daleko více možností práce s mapami a nastavení vzhledu, popisků a podobně, oproti aplikaci Insights.

Po otevření vrstvy v aplikaci Map Viewer lze ihned začít s úpravou mapy. V pravé části obrazovky se nachází jednotlivé nástroje. Cílem bylo vytvořit tři druhy map. Nejprve mapu zobrazující výměry jednotlivých plodin, následně mapu zobrazující podíly jednotlivých plodin na celkových výměrách. Nakonec také mapy představující rozdíl ve výměře plodin mezi roky 2016 a 2024. Nejprve byla v záložce *Styly* vybrána jedna plodina, dále byl vybrán styl a barva, tedy jakým způsobem budou výměry plodin v mapě reprezentovány. Zvolen byl styl *Počty a množství (barva)*. Po rozkliknutí dalších možností stylu je zde také možnost zvolit atribut, kterým bude vybraná plodina vydělena. Zde byl při vytváření druhé varianty mapy s podílem plodiny na celkové výměře zvolen atribut „Výměra kraje“.

Následně bylo nutné upravit popisky vyskakovacích oken. K tomu slouží záložka *Vyskakovací okna*. V defaultním nastavení jsou ve vyskakovacích oknech zobrazeny veškeré údaje z atributové tabulky dané vrstvy. Nejprve byly tedy vymazány tyto údaje a přidán *Text*,

který obsahoval text s požadovaným atributem ve složených závorkách: „*Výměra pšenice: {pšenice} hektarů*“. Jelikož nebyla hodnota zaokrouhlena, v záložce Pole bylo pro všechny plodiny nastaveno zaokrouhlení na dvě desetinná místa.



Obrázek 41 - Mapa v aplikaci ArcGIS Map Viewer (vlastní tvorba)

V případě map zobrazující podíl plodiny na výměře všech plodin bylo nutné zvolit místo *Textu* možnost *Arcade*. Jedná se o kód v jazyce Arcade, díky kterému je možné do vyskakovacího okna nejprve vypočítat a pak také zapsat procentuální hodnoty podílu plodiny na celkové výměře.

```
1 var pomer = Round($feature["řepka"] / $feature["sum_vymera"] * 100,2);
2 return {
3   type : 'text',
4   text: '<b>Podíl řepky na celkové výměře: ' + Text(pomer) + "% </b>" // Převod výsledku na text
5 }
```

Obrázek 42 - Kód v jazyce Arcade - Výpočet podílu plodiny na výměře v kraji a vypsání ve vyskakovacím okně (vlastní tvorba)

Podobným způsobem byly vytvořeny další mapy zobrazující rozdíl ve výměrách plodin mezi roky 2024 a 2016. Tentokrát byl použit kód Arcade pro barevné zvýraznění kladných a záporných hodnot.

```

1  var zaokrouhlenyRozdil = Round($feature["pšenice_rozdil"], 0); // Zaokrouhlení na celé číslo
2  var barva = IIf(zaokrouhlenyRozdil > 0, 'green', 'red'); // Zvolí zelenou pro kladné hodnoty a červenou pro záporné
3  var rozdilText = '<span style="color:' + barva + ';">' + Text(zaokrouhlenyRozdil) + '</span>'; // Nastaví barvu textu
4
5  return {
6    | type: 'text',
7    | text: '<b>Rozdíl pšenice 2024 a 2016: ' + rozdilText + ' hektarů</b>' // Spojení formátovaného textu s popisem
8  }

```

Obrázek 43 - Kód v jazyce Arcade - Zaokrouhlení rozdílu mezi roky 2016 a 2024 a stylizace textu (vlastní tvorba)

4.10 Tvorba výsledné aplikace v ArcGIS StoryMaps

Cílem diplomové práce bylo také vytvořit webovou aplikaci ve formě storymapy, která vybrané datové sady představuje. K tomuto účelu byla použita aplikace ArcGIS StoryMaps, kterou lze nalézt také v GIS Portálu ČZU jako další z aplikací od společnosti ESRI. Po přípravě dat v Insights a Map Viewer se dále tyto vizualizace mohou přidat do aplikace StoryMaps. Tato aplikace slouží jako interaktivní nástroj k prezentaci dat, neboli k představení a vytvoření takzvaného „příběhu“ dat. Po založení a vytvoření nové storymapy lze ihned začít přidávat jednotlivé objekty do storymapy. Po kliknutí na ikonu znaku „+“ se zobrazí nabídka několika objektů pro přidání do storymapy. Lze přidat například text, tlačítka, tabulky, mapy, obrázky, ale také audio a video nebo takzvané „*Překrývání*“, kdy lze posuvníkem překrývat dvě různé mapy. Hlavní práce spočívá především v přidávání již zpracovaných a předpřipravených podkladů z aplikací Map Viewer a Insights, upravování jejich rozložení, velikostí a doplňování popisujícího textu. Celková práce s aplikací StoryMaps je poměrně jednoduchá a intuitivní, avšak občas lze narazit na určité problémy s funkcími aplikace StoryMaps. Například zamrznutí grafu nebo mapy při použití tzv. „*bočního bloku*“ se sekvencí několika podobných grafů/map, které by se měly po provedené akci (posun kolečkem po stránce) změnit na jiný graf nebo mapu. Řešením bylo vytvořit nový „*boční blok*“ a tyto další grafy přidat až sem. Po vytvoření storymapy zbývá už pouze publikovat hotovou storymapu a tím ji zpřístupnit online. K tomu slouží tlačítko v *Publikovat* v horní části obrazovky.

5 Výsledky a diskuse

Diplomová práce zdokumentovala kompletní postup při zpracování dat za použití softwaru od společnosti ESRI, počínaje představením použitého softwaru a jeho open-source alternativy, získáním potřebných datových sad, následnou kontrolu a analýzu dat. Výsledky analýz byly nahrány na Portál ČZU a pomocí dalších webových nástrojů ArcGIS bylo vytvořeno několik grafů a dále upravena vizuální stránka map. Posledním krokem bylo vytvoření storymapy představující výsledky analýz. V průběhu práce bylo zaznamenáno několik menších problémů, které se povedlo vyřešit. Neřešitelným problémem se však ukázala nemožnost přiřadit některé záznamy (cca 1-2% z celku) o pěstovaných plodinách na půdním bloku k vrstvě půdních bloků z důvodu neexistence tohoto půdního bloku v dané vrstvě DPB. Z toho důvodu nebylo možné výměru těchto plodin přiřadit ke správnému kraji/okresu. Příčinou byla pravděpodobně změna majitele půdního bloku a s tím spojená změna názvu/identifikátoru daného bloku. Pro odstranění tohoto problému by bylo nutné získat údaje o DPB ke konkrétnímu datu, ke kterému je platný příslušný záznam o plodině.

5.1 Souhrn výsledků provedených analýz

Nejprve byly ve vlastní části práce provedeny základní analýzy půdních bloků za celou Českou republiku. Byly zjištěny celkové výměry půdních bloků podle typu kultury a podle typu plodiny pěstované na půdních blocích. Z kultur má v České republice nejvyšší zastoupení standardní orná půda, která v roce 2024 zaujímala 2 403 384 hektarů. Při porovnání s výsledky z předešlých let lze pozorovat postupný pokles ve výměře orné půdy, která v roce 2016 činila 2 483 671 hektarů, tedy přibližně o 80 000 hektarů více než v roce 2024.

Co se týče jednotlivých druhů plodin, nejvíce bylo v roce 2024 pěstováno pšenice seté ozimé (741 786 ha). Porovnání s předešlými roky nemusí být přesné, jelikož došlo k detailnějšímu dělení pšenice na více poddruhů. Avšak po sečtení všech poddruhů pšenice ozimé si lze všimnout poklesu ve výměrách přibližně o 60 000 hektarů od roku 2016. Celkově si prvních pět pozic drží stále stejné plodiny, těmi jsou pšenice setá ozimá, řepka ozimá, kukuřice, ječmen jarní, ječmen ozimý. Výraznější nárůst mezi roky 2016 a 2024 lze pozorovat například u hrachu polního, ze 32 000 hektarů na téměř 52 000 hektarů.

Dále byly provedeny analýzy výměr zemědělských ploch agregovaných podle krajů a okresů. Nejvíce zemědělských ploch se nachází ve Středočeském kraji (554 088 ha), nejméně naopak v Praze (10 610 ha). Okresem s nejvyšší výměrou zemědělských ploch je Znojmo (99 798 ha), s nejnižší Brno-město (3 939 ha).

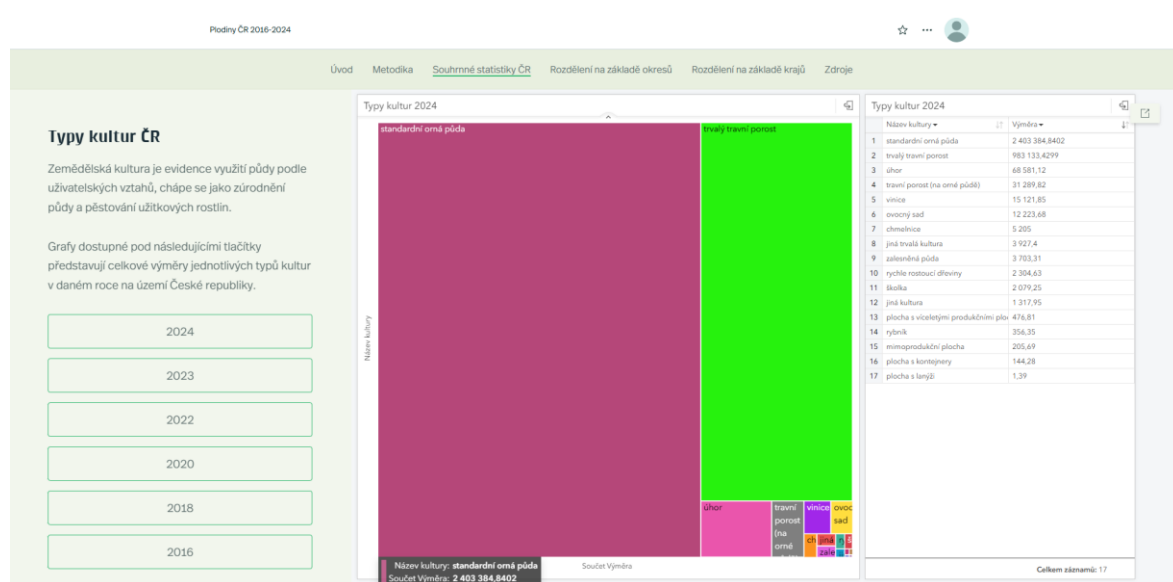
Nakonec byly provedeny analýzy výměr deseti vybraných plodin agregované podle krajů a okresů. Následně bylo pro každou plodinu bylo vytvořeno celkem 6 map představujících rozložení výměr dané plodiny na území České republiky – 3 mapy pro agregaci podle okresů a 3 pro agregaci podle krajů. První mapa představovala celkovou výměru dané plodiny, druhá mapa podíl dané plodiny na celkové výměře zemědělských ploch kraje. Třetí mapa vizualizovala rozdíl ve výměře dané plodiny mezi roky 2016 a 2024.

Postup analýzy byl zdokumentován v diplomové práci a výsledky všech těchto analýz jsou dostupné jako interaktivní mapy ve formě storymapy na odkaze níže. Pro budoucí výzkum by bylo možné tyto výsledky dále kombinovat s dalšími studiemi a datovými sadami. Například pro vypočítání dalších ukazatelů jako je průměrný výnos plodin, využití hnojiv, analyzovat přeměny zemědělské půdy na vodní plochy, zastavěná území a sledovat trend ve změnách výměr zemědělských ploch. Bylo by také možné provést ještě detailnější agregace podle katastrálních území, případně také dle jednotlivých zemědělských podniků a na základě těchto analýz dále zkoumat příslušné statistické ukazatele, jako například průměrná velikost podniku, pěstované plodiny atd.

5.2 Výsledná Storymapa

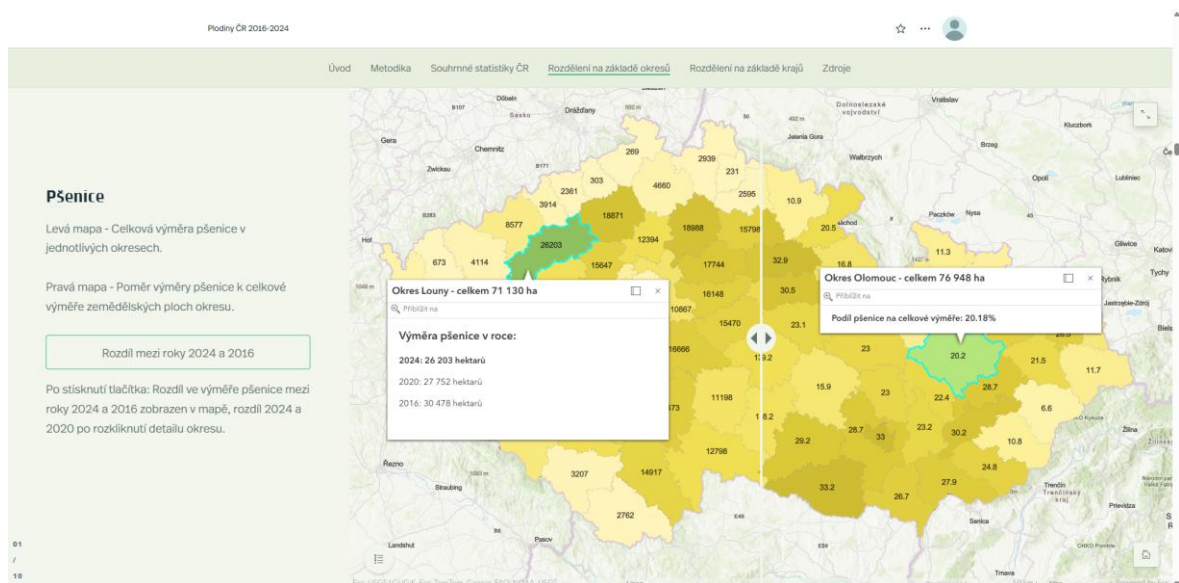
V rámci diplomové práce byla vytvořena interaktivní StoryMapa, která slouží jako nástroj pro prezentaci výsledků analýzy zemědělských dat České republiky v období 2016–2024. Cílem bylo zpracovat dostupné datové sady a vytvořit přehledný vizuální nástroj, který usnadní interpretaci trendů v českém zemědělství. StoryMapa, která je výsledkem této práce, je interaktivní webová aplikace dostupná na následujícím odkazu: <https://gis.czu.cz/portal/apps/storymaps/stories/b9cd1bf71aa64f479cf69780d764696d>. Z důvodu technických omezení není možné ji přímo vložit do této diplomové práce. Proto jsou následující řádky věnovány popisu a přiblížení obsahu StoryMapy s pomocí několika vybraných screenshotů.

Storymapa je rozdělena do čtyř hlavních částí. První částí je úvodní obrázek, název storymapy, navigační tlačítka a krátký popis obsahující základní informace o diplomové práci a storymapě. Součástí úvodní části je také stručný popis metodiky diplomové práce, popis datových sad, použitých nástrojů a kroků provedených k dosažení výsledku práce. Druhou částí storymapy je kapitola obsahující základní informace o zemědělství v České republice. Součástí jsou grafy znázorňující jednotlivé druhy kultur a jejich celkové výměry v České republice od roku 2016 do roku 2024. Dále zde lze najít také grafy jednotlivých druhů plodin a jejich výměry. Grafy jsou částečně interaktivní, po najetí kurzorem na část grafu se zobrazí celková výměra dané kultury, případně plodiny. Po vybrání typu kultury se v tabulce vpravo zvýrazní příslušný řádek. V levé části obrazovky lze pomocí tlačítek přepínat mezi jednotlivými roky.



Obrázek 44 – Část výsledné storymapy - Typy kultur (vlastní tvorba)

Třetí část storymapy představuje rozložení jednotlivých plodin agregovaných podle okresů. Celkem bylo vybráno 10 plodin, které jsou v České republice pěstovány ve větším počtu. Plodiny pěstované v menších výměrách nebyly do storymapy zahrnuty. Každá plodina má 3 vlastní mapy. Základem je mapa s celkovými výměrami dané plodiny v jednotlivých okresech a mapa s poměrem dané plodiny na celkové výměře kraje. Tyto mapy lze zobrazit/schovat přetažením. Po stisknutí tlačítka vlevo lze zobrazit mapu, která znázorňuje rozdíly ve výměře dané plodiny mezi roky 2016 a 2024.



Obrázek 45 – Příklad části výsledné storymapy – agregace podle okresů - detail plodiny (pšenice) (vlastní tvorba)

Poslední částí jsou mapy představující rozložení plodin dle krajů. Součástí jsou opět tři mapy stejně jak v předchozí části, pouze rozložení daných map na stránce je rozdílné. Opět se jedná o interaktivní mapy, pro zobrazení přesných hodnot lze mapy rozkliknout a vybrat požadovaný kraj.

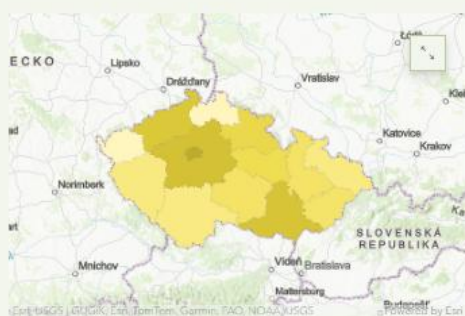
Pšenice

Mapa vpravo zobrazuje celkovou výměru pšenice v jednotlivých krajích.

Nejvyšší výměra pšenice je v kraji středočeském, dosahuje 160 tisíc hektarů, nejmenší naopak v Praze, kde je pěstována na 3,5 tisíci hektarech.



Pšenice výměra



Pšenice podíl

Poměr výměry pšenice k celkové výměře zemědělských ploch kraje. Největší podíl na celkové výměře zemědělských ploch má pšenice v Praze, kde dosahuje 33%. Nejmenší podíl má naopak v kraji karlovarském, kde dosahuje necelých 10%.

Mapa vpravo představuje rozdíl ve výměře pšenice mezi roky 2024 a 2016. Ve většině krajů byl zaznamenán pokles ve výměře ploch s pšenicí.



Pšenice rozdíl 2024_2016

Obrázek 46 – Příklad výsledné storymapy - agreagace podle krajů - detail plodiny (pšenice) (vlastní tvorba)

6 Závěr

Diplomová práce se zaměřila na využití geografických informačních systémů (GIS) pro analýzu dat z oblasti zemědělství v České republice, konkrétně na zpracování datových sad dílů půdních bloků pro analýzu rozložení plodin. Hlavním cílem bylo zpracovat datové sady a vytvořit interaktivní webovou aplikaci ve formě storymapy, která vizualizuje a analyzuje data o rozložení plodin. Pro dosažení tohoto cíle byly použity nástroje z ekosystému ESRI, konkrétně ArcGIS Pro, Insights, Map Viewer a StoryMaps. Práce také porovnála použitý software s dostupnou open-source alternativou – QGIS, a zdůraznila výhody a nevýhody obou řešení.

Práce prokázala, že GIS technologie jsou efektivním nástrojem pro zpracování a vizualizaci prostorových dat v zemědělství. Byla provedena analýza dostupných geografických dat, která zahrnovala statistické a prostorové metody pro identifikaci rozložení a typů plodin na jednotlivých polích. Výsledky ukázaly trendy ve změnách využití zemědělské půdy, jako je pokles výměry orné půdy a změny v pěstování některých plodin.

Finálním výstupem práce je interaktivní aplikace ve formě storymapy, která poskytuje uživatelům intuitivní přístup k výsledkům analýz. Tato aplikace umožňuje vizualizovat rozložení plodin na úrovni krajů a okresů a poskytuje informace o trendech v českém zemědělství. Závěrem lze říct, že GIS technologie mají potenciál pro podporu udržitelného a efektivního zemědělství, a jejich využití bude pravděpodobně v budoucnosti stále častější a důležitější.

7 Seznam použitých zdrojů

1. JONKER, Alexandra. *What is a geographic information system (GIS)?* Online. IBM. 2023. Dostupné z: <https://www.ibm.com/think/topics/geographic-information-system>. [cit. 2024-09-01].
2. *Geographic Information System (GIS)*. Online. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>. [cit. 2024-09-01].
3. KONECNY, Gottfried. *Geoinformation*. Online. CRC Press, 2014. ISBN 9780429162480. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/b15765>. [cit. 2024-09-01].
4. CAMPBELL, Jonathan a SHIN, Michael. *Essentials of Geographic Information Systems*. Online. Saylor Foundation, 2011. ISBN 9781453321966. Dostupné z: <https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/67>. [cit. 2024-09-01].
5. STEENSON, Rachel. *The history of Geographic Information Systems (GIS)*. Online. BCS. 2019. Dostupné z: <https://www.bcs.org/articles-opinion-and-research/the-history-of-geographic-information-systems-gis/>. [cit. 2024-09-01].
6. *The Remarkable History of GIS*. Online. GISGeography. Dostupné z: <https://gisgeography.com/history-of-gis/#comments>. [cit. 2024-09-01].
7. *History of GIS*. Online. ESRI. Dostupné z: https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis?srsId=AfmBOorsfCPvJlGgU0Gbj8WBo8KsVn6B5FboiZa74lZD_7ddapAdVBzl. [cit. 2024-09-01].
8. LAGANA, Celeste. *Examples and uses of GIS*. Online. IBM. 2023. Dostupné z: <https://www.ibm.com/think/topics/geographic-information-system-use-cases>. [cit. 2024-09-02].
9. SERGIEIEVA, Kateryna. *GIS In Agriculture: Best Practices For AgriTech Leaders*. Online. EOS Data Analytics. 2022. Dostupné z: <https://eos.com/blog/gis-in-agriculture/>. [cit. 2024-09-02].
10. *Remote sensing and GIS in agriculture*. Online. Qaltivate. 2024. Dostupné z: <https://qaltivate.com/blog/remote-sensing-and-gis-in-agriculture/>. [cit. 2024-09-02].
11. *Precizní zemědělství*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2023. ISBN 978-80-7434-707-8. Dostupné z:

<https://mze.gov.cz/public/portal/mze/publikace/ostatni/publikace-precizni-zemedelstvi>.

12. HUANG, Yuning; QIAN, Yurong; WEI, Hongyang; LU, Yiguo; LING, Bowen et al. A survey of deep learning-based object detection methods in crop counting. Online. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023, s. 108425. ISSN 0168-1699. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108425>. [cit. 2024-09-02].
13. *Precizní zemědělství*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2023. ISBN 978-80-7434-707-8. Dostupné z: <https://mze.gov.cz/public/portal/mze/publikace/ostatni/publikace-precizni-zemedelstvi>.
14. *DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ (DPZ)*. Online. Státní zemědělský intervenční fond. Dostupné z: <https://szif.gov.cz/cs/ams-zeme>. [cit. 2024-09-02].
15. *CO JE TO AMS A KOHO SE TÝKÁ*. Online. Státní zemědělský intervenční fond. Dostupné z: <https://szif.gov.cz/cs/ams>. [cit. 2024-09-02].
16. *Cartography*. Online. Encyclopedia Britannica. 2024. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/cartography>. [cit. 2024-09-05].
17. DEMPSEY, Caitlin. *A Guide to Understanding Map Projections*. Online. GeographyRealm. 2023. Dostupné z: <https://www.geographyrealm.com/map-projection/>. [cit. 2024-09-05].
18. GIMOND, Manuel. *Intro to GIS and Spatial Analysis*. Online. 2024. Dostupné z: https://mgimond.github.io/Spatial/chp09_0.html. [cit. 2024-09-05].
19. *Geographic coordinate system*. Online. IBM. 2021. Dostupné z: <https://www.ibm.com/docs/en/informix-servers/12.10?topic=data-geographic-coordinate-system>. [cit. 2024-09-06].
20. *Projected coordinate system*. Online. IBM. 2021. Dostupné z: <https://www.ibm.com/docs/en/informix-servers/12.10?topic=data-projected-coordinate-system>. [cit. 2024-09-06].
21. WILKERSON, Mark. *WGS84: What is the World Geodetic System 1984*. Online. IBM. 2024. Dostupné z: <https://pointonnav.com/news/world-geodetic-system/>. [cit. 2024-09-06].

22. *Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální*. Online. Wikipedie. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A9m_jednotn%C3%A9_trigonometrick%C3%A9_s%C3%ADt%C4%B8_katastr%C3%A1ln%C3%AD. [cit. 2024-09-06].
23. P. Ghosh and S. P. Kumpatla, 'GIS Applications in Agriculture', *Geographic Information Systems and Applications in Coastal Studies*. IntechOpen, Dec. 07, 2022. doi: 10.5772/intechopen.104786. <https://www.intechopen.com/chapters/81685>
24. *GIS in Health*. Online. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/news/arcuser/0499/umbrella.html?srsId=AfmBOopa0UkLO88ef1a1DjK77jmJRCvN2Tjaa7Qktb5br50D6gaBTYBC>. [cit. 2024-09-06].
25. , Oluwaseun. *What is Geoinformatics?* Online. Geoinfotech. 2022. Dostupné z: <https://geoinfotech.ng/what-is-geoinformatics/>. [cit. 2024-09-06].
26. *Web Mercator / Pseudo Mercator*. Online. PROJ. 2024. Dostupné z: <https://proj.org/en/9.5/operations/projections/webmerc.html>. [cit. 2024-09-06].
27. *Mercator*. Online. ArcGIS Desktop. Dostupné z: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/mercator.htm>. [cit. 2024-09-06].
28. SMITH, Heather. *Geographic vs Projected Coordinate Systems*. Online. ESRI. 2020. Dostupné z: https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-pro/mapping/gcs_vs_pcs/. [cit. 2024-09-06].
29. PRICE, Maribeth H., 2020. *Mastering ArcGIS Pro*. 1. New York, New York: McGraw-Hill Education. ISBN 9781260587333.
30. CHANG, Kang-Tsung, 2019. *Introduction to Geographic Information Systems*. 9. New York, NY: McGraw-Hill Education. ISBN 978-1259929649.
31. *Attribute Data*. Online. Atlas. Dostupné z: <https://atlas.co/glossary/attribute-data/>. [cit. 2024-09-07].
32. *An introduction to ArcGIS Online*. Online. ESRI. Dostupné z: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/get-started/what-is-agol.htm>. [cit. 2024-09-07].
33. *ArcGIS Online*. Online. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview>. [cit. 2024-09-18].

34. *COMPARING THE 4 MOST COMMON GIS SOFTWARE APPLICATIONS*. Online. 2024. LinkedIn. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/comparing-4-most-common-gis-software-ouayc>. [cit. 2024-09-18].
35. BERRY, Stewart. *6 Best GIS Software 2024*. Online. 2024. Maptitude. 2024. Dostupné z: https://www.caliper.com/maptitude/blog/6-best-gis-software/default.htm?srsId=AfmBOooELYdzBeKN_no_9S9XvJrNI95zHsc7fbw6CGGsYCpRyabDl-SO. [cit. 2024-09-18].
36. QGIS. Online. 2024. Wikipedia. 2024. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/QGIS>. [cit. 2024-09-18].
37. AMERUDIN, Shahabuddin. *ArcGIS Suite: Understanding the Differences Between ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro, and ArcGIS Enterprise*. Online. 2024. People. 2023. Dostupné z: <https://people.utm.my/shahabuddin/?p=6323>. [cit. 2024-09-18].
38. *ArcGIS Enterprise*. Online. 2024. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-enterprise/overview>. [cit. 2024-09-20].
39. *ArcGIS Desktop*. Online. 2024. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/overview>. [cit. 2024-09-20].
40. *ArcGIS Pro*. Online. 2024. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>. [cit. 2024-09-20].
41. *ArcGIS Arcade*. Online. 2024. ESRI. Dostupné z: <https://developers.arcgis.com/arcade/>. [cit. 2024-09-20].
42. *What Is GPS and how do global positioning systems work?* Online. GeoTab. 2024. Dostupné z: <https://www.geotab.com/blog/what-is-gps/>. [cit. 2024-09-24].
43. ŠTRONER, Martin. *Globální navigační satelitní systémy (GNSS)*. Online. ČVUT. 2022. Dostupné z: https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/GNSS_obs.pdf. [cit. 2024-09-24].
44. *DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ (DPZ)*. Online. Státní zemědělský intervenční fond. Dostupné z: <https://szif.gov.cz/cs/ams-zeme>. [cit. 2024-09-24].
45. *Mercator*. Online. PROJ. 2024. Dostupné z: <https://proj.org/en/9.5/operations/projections/merc.html>. [cit. 2024-09-24].
46. KLUFOVÁ, Renata. *Geografické informační systémy 1*. Online. 2020. Dostupné z: http://home.ef.jcu.cz/~klufova/GIS/GIS1/_book/vektorov%C3%A1-data.html. [cit. 2024-09-24].

47. *Co s ArcGIS dokážete?* Online. ArcData Praha. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/cs-cz/produkty/arcgis/o-systemu-arcgis>. [cit. 2024-10-05].
48. KLUFOVÁ, Renata. *Úvod do GIS a GIT*. Online. 2020. Dostupné z: <http://home.ef.jcu.cz/~klufova/GIS/GIS1/book/index.html>. [cit. 2024-10-05].
49. PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. *General Python FAQ*. Online. Dostupné z: <https://docs.python.org/3/faq/general.html#what-is-python>. [cit. 2025-03-02].
50. *ArcGIS StoryMaps*. Online. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-storymaps/overview>. [cit. 2025-03-07].
51. *ArcGIS Dashboards*. Online. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-dashboards/overview>. [cit. 2025-03-07].
52. *ArcGIS Experience Builder*. Online. ESRI. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-experience-builder/overview>. [cit. 2025-03-07].
53. VALBUENA GAONA, Martha Patricia; FERRUCHO PARRA, Cindy Carolina; PRIETO ARENAS, María Angélica a MUÑOZ BRAVO, Germán Alberto. *Tool to Generate Deforestation and Illegal Mining Alerts with Remote Sensing*. Online. In: *IV Conference on Geomatics Engineering*. Basel Switzerland: MDPI, 2024, 27-. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/environsciproc2023028027>. [cit. 2025-03-07].
54. *Introduction to Python GIS*. Online. Geeksforgeeks. 2024. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-python-gis/>. [cit. 2025-03-07].
55. *GPS navigace a udržitelné zemědělství*. Online. Zemědělec. 2012. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/gps-navigace-a-udrzitelne-zemedelstvi/>. [cit. 2025-03-08].
56. *The Future of GIS: Trends in Geospatial Technology*. Online. MGISS. 2023. Dostupné z: <https://mgiss.co.uk/the-future-of-gis-trends-in-geospatial-technology/>. [cit. 2025-03-28].
57. *Precizní zemědělství*. Online. Ministerstvo zemědělství. Dostupné z: <https://mze.gov.cz/public/portal/mze/poradenstvi-a-vyzkum/precizni-zemedelstvi>. [cit. 2025-03-28].

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Mapa výskytu cholery – John Snow - 1854 (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Snow-cholera-map-1.jpg).....	16
Obrázek 2 – Mercatorovo zobrazení (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Mercator_projection_Square.JPG)	19
Obrázek 3 – Zkreslení v kartografickém zobrazení (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Tissot_mercator.png).....	20
Obrázek 4 – Křovákovo zobrazení (https://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99ov%C3%A1kovo_zobrazen%C3%AD#/media/Soubor:K%C5%99ov%C3%A1kovo_zobrazen%C3%AD.png).....	24
Obrázek 5 - Body, linie, polygony (vlastní tvorba)	25
Obrázek 6 - Rastrová data - příklad (https://datacarpentry.github.io/organization-geospatial/01-intro-raster-data).....	26
Obrázek 7 – Rastrová data – stejná oblast při různém rozlišení (https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/raster-res-extent-pixels-r)	29
Obrázek 8 – Segmenty GPS (https://www.tualcom.com/wp-content/uploads/2023/09/what-is-gnss-3.png).....	31
Obrázek 9 – Mapování vegetace (https://www.pro-drony.cz/wp-content/uploads/2017/09/ndvi.jpg)	36
Obrázek 10 – Software QGIS 3.6 (https://live.staticflickr.com/65535/48685270827_7030b49860_b.jpg)	38
Obrázek 11 - Založení projektu (vlastní tvorba).....	47
Obrázek 12 - Definování zobrazení S-JTSK Křovák (vlastní tvorba).....	48
Obrázek 13 - Převedení systému souřadnic z S-JTSK do WGS-84 pomocí nástroje Project (vlastní tvorba).....	49
Obrázek 14 – Náhled vrstvy dílů půdních bloků s atributovou tabulkou v programu ArcGIS Pro (vlastní tvorba)	50
Obrázek 15 - Vyhledání duplicit pomocí nástroje Find Identical (vlastní tvorba)	51

Obrázek 16 – Ukázka vrstvy s atributovou tabulkou plodin na jednotlivých DPB (vlastní tvorba).....	52
Obrázek 17 - Tabulka .xlsx s údaji o plodinách na jednotlivých půdních dílech (vlastní tvorba).....	53
Obrázek 18 - Vrstva krajů z datové sady RÚIAN (vlastní tvorba).....	55
Obrázek 19 - Použití nástroje Summary Statistics pro analýzu typu kultury (vlastní tvorba)	56
Obrázek 20 – Příklad výsledku analýzy typů kultury (vlastní tvorba)	56
Obrázek 21 – Nastavení analýzy jednotlivých druhů plodin (vlastní tvorba)	57
Obrázek 22 – Příklad výsledku analýzy druhů plodin (vlastní tvorba)	58
Obrázek 23 – Příklad výsledku analýzy výměry dílů půdních bloků agregovaných podle krajů (vlastní tvorba).....	59
Obrázek 24 - Nastavení pro analýzu plodin agregovaných podle krajů (vlastní tvorba)	60
Obrázek 25 – Příklad výsledku analýzy plodin agregovaných podle krajů (vlastní tvorba)	61
Obrázek 26 - Nastavení nástroje Pivot Table (vlastní tvorba).....	61
Obrázek 27 - Připojení tabulky pomocí nástroje Add Join (vlastní tvorba)	62
Obrázek 28 - Kód v jazyce python - načtení dat (vlastní tvorba).....	63
Obrázek 29 - Kód v jazyce python - definice hlavních kategorií (vlastní tvorba).....	63
Obrázek 30 - Kód v jazyce python – agregace podkategorií (vlastní tvorba)	64
Obrázek 31 - Kód v jazyce python - úprava datových typů (vlastní tvorba).....	64
Obrázek 32 - Kód v jazyce python - uložení výsledků (vlastní tvorba)	65
Obrázek 33 - Výsledek agregace podkategorií plodin do hlavních kategorií po spuštění python skriptu a připojení tabulky k vrstvě krajů (vlastní tvorba)	65
Obrázek 34 - Příklad více plodin na jednom půdním bloku (vlastní tvorba)	66
Obrázek 35 - Odvození pomocného atributu spojením Ctverec a ZKod (vlastní tvorba) ...	67
Obrázek 36 - Kód v jazyce python – Vytvoření nového pole v atributové tabulce a spočítání rozdílu mezi roky 2016, 2020 a 2024 (vlastní tvorba)	69
Obrázek 37 – Export dat na Portal ČZU (vlastní tvorba)	70
Obrázek 38 - Interaktivní mapa s grafem v aplikaci ArcGIS Insights (vlastní tvorba)	71
Obrázek 39 - Graf typů kultur v aplikaci Insights (vlastní tvorba).....	72
Obrázek 40 - Graf druhů plodin v aplikaci Insights (vlastní tvorba).....	73
Obrázek 41 - Mapa v aplikaci ArcGIS Map Viewer (vlastní tvorba).....	74

Obrázek 42 - Kód v jazyce Arcade - Výpočet podílu plodiny na výměře v kraji a vypsání ve vyskakovacím okně (vlastní tvorba)	74
Obrázek 43 - Kód v jazyce Arcade - Zaokrouhlení rozdílu mezi roky 2016 a 2024 a stylizace textu (vlastní tvorba)	75
Obrázek 45 – Část výsledné storymapy - Typy kultur (vlastní tvorba).....	78
Obrázek 46 – Příklad části výsledné storymapy – agregace podle okresů - detail plodiny (pšenice) (vlastní tvorba)	79
Obrázek 47 – Příklad výsledné storymapy - agregace podle krajů - detail plodiny (pšenice) (vlastní tvorba)	80

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání QGIS a ArcGIS (vlastní zpracování)	45
--	----

8.3 Seznam zkratk

GIS: Geografický informační systém

DPZ: Dálkový průzkum Země

DPB: Díly půdních bloků

RÚIAN: Registr územní identifikace, adres a nemovitostí

GNSS: Global Navigation Satellite System

GPS: Global positioning system

ESRI: Environmental Systems Research Institute Inc

LPIS: Land Parcel Identification System (Systém identifikace pozemků)

ČÚZK: Český úřad zeměměřický a katastrální

8.4 Přílohy

Výsledná webová aplikace ve formě Storymapy:

<https://gis.czu.cz/portal/apps/storymaps/stories/b9cd1bf71aa64f479cf69780d764696d>