Webová virtuální realita: nový způsob prezentace geoprostorových dat

Diplomová práce

Jan Horák

Vedoucí práce: RNDr. Lukáš Herman, Ph.D.

Geografický ústav

**BRNO 202?(3)**



Bibliografický záznam

|  |  |
| --- | --- |
| Autor/Autorka: | Bc. Jan Horák  Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita  Geografický ústav |
| Název práce: | Webová virtuální realita: nový způsob prezentace geoprostorových dat |
| Studijní program: | Geografická kartografie a geoinformatika |
| Studijní obor: | Geografická kartografie a geoinformatika |
| Vedoucí práce: | RNDr. Lukáš Herman, Ph.D. |
| Akademický rok: | 2022/2023 |
| Počet stran: | xx |
| Klíčová slova: | Klíčové slovo, Klíčové slovo, Klíčové slovo, Klíčové slovo, Klíčové slovo, Klíčové slovo, Klíčové slovo, Klíčové slovo |

Bibliografický entry

|  |  |
| --- | --- |
| Author: | Bc. Jan Horák  Faculty of Science, Masaryk University  Department of Geography |
| Title of Thesis: | Web virtual reality: a new way of presenting geospatial data |
| Degree Programme: | Cartography and geoinformatics |
| Field of Study: | Cartography and geoinformatics |
| Supervisor: | RNDr. Lukáš Herman, Ph.D. |
| Academic Year: | 2022/2023 |
| Number of Pages: | xx |
| Keywords: | Keyword, Keyword, Keyword, Keyword, Keyword, Keyword, Keyword, Keyword |

Abstrakt

Tato práce se zabývá..

Abstract

Bachelor thesis..

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Masarykova univerzita** |  |
|  |
| **Přírodovědecká fakulta** |

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**Student: Bc. Jan Horák**

**Studijní program: Geografická kartografie a geoinformatika**

**Studijní obor: Geografická kartografie a geoinformatika**

Ředitel Geografického ústavu Přírodovědecké fakulty MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje bakalářskou práci s tématem:

**Nazev**

Nazev -en

**Zásady pro vypracování:**

Práce bude zaměřena na technologie pro tvorbu virtuální reality v rámci webového prostředí (např. WebXR, Three.js). Tyto technologie jsou podporovány na různých hardwarových a softwarových platformách, jejich funkcionalita se může v různých podmínkách lišit. Na základě srovnání dostupných technologiích bude vybrána technologie pro vytvoření vlastní vizualizace prostorových dat z vybrané aplikační oblasti. Vytvořená vizualizace bude následně uživatelsky evaluována a zhodnocena tak její funkcionalita.

Pro naplnění hlavního cíle diplomové práce postupujte přes následující dílčí cíle:

1. Popis a analýza technologií pro tvorbu virtuální reality v rámci webového prostředí

2. Praktické porovnání konkrétních technologií na různých hardwarových a softwarových platformách

3. Návrh a implementace vlastní aplikace na principech virtuální reality

4. Uživatelské ověření vytvořené aplikace

5. Diskuse zjištěných výsledků a závěr

Rozsah grafických prací: ?

Rozsah průvodní zprávy: ?

Seznam odborné literatury:

BUTCHER, P. W. S., JOHN, N. W., RITSOS, P. D. (2021): VRIA: A Web-Based Framework for Creating Immersive Analytics Experiences. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, roč. 27, č. 7, s. 3213–3225. http://doi.org/10.1109/TVCG.2020.2965109

LAKONSO, D., ADITYA, T. (2019): Utilizing A Game Engine for Interactive 3D Topographic Data Visualization. ISPRS International Journal of Geo-Information, roč. 8, č. 8. https://doi.org/10.3390/ijgi8080361

RZESZEWSKI, M., ORYLSKI, M. (2021): Usability of WebXR Visualizations in Urban Planning. ISPRS International Journal of Geo-Information, roč. 10, č. 11. https://doi.org/10.3390/ijgi10110721

STACHOŇ, Z., KUBÍČEK, P. HERMAN, L. (2020): Virtual and Immersive Environments. Wilson, J. P.: The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge. Ithaca, New York, UCGIS. https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/virtual-and-immersive-environments

SEO, D., YOO, B. (2020): Interoperable information model for geovisualization and interaction in XR environments, International Journal of Geographical Information Science, roč. 34, č. 1. s. 1–30. https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1706739

ŠTĚRBA, Z., ŠAŠINKA, Č., STACHOŇ, Z., ŠTAMPACH, R., MORONG, K. (2015): Selected Issues of Experimental Testing in Cartography. Masaryk University, Brno, 107 s., ISBN 978-80-210-7909-0.

*Jazyk závěrečné práce:* čeština

*Vedoucí bakalářské práce*: RNDr. Lukáš Herman, Ph.D.

|  |  |
| --- | --- |
| *Datum zadání diplomové práce*: | ? |
| *Datum odevzdání bakalářské práce*: | podle harmonogramu |

RNDr. Vladimír Herber, CSc.

pedagogický zástupce ředitele ústavu

Poděkování

Lukáš Herman, … atd.

Prohlášení (dodelat odsazení podle délky poděkování)

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou/diplomovou práci vypracoval(-a) samostatně pod vedením RNDr. Lukáše Hermana, Ph.D. a s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Brno … 2023 Jan Horák

|  |
| --- |
| Jméno Příjmení |

OBSAH

--- obsah až bude ---

# Úvod

Legenda

Text – Rozpracovaný text – nutno dodělat předělat atd.

## Cíle práce

Hlavním cílem této práce je vytvoření a následná uživatelská evaluace funkcionality webové aplikace využívající prostředků virtuální reality, jakožto nástroje k prezentaci geografických dat. Sekundárním cílem práce je analýza a následné zhodnocení soudobých technologií, a to jak hardwarových (HMD, mobilní telefony, stolní počítače) tak softwarových (webové prohlížeče, knihovny, frameworky) a jejich propojení, umožňujících tvorbu virtuálních prostředí s geografickou konotací v rámci webového prostředí. Mimo výslednou vizualizační aplikaci by výstupem práce bude i odborné doporučení, jaké technologie jsou vhodné s ohledem na zvolený účel.

Práce bude rozdělena do dílčích výstupů

* Popis analýza a porovnání technologií umožňujících publikaci geografických dat na základě konceptů virtuální reality ve webovém prostředí.
* Návrh a implementace vizualizace (čeho!!)
* Uživatelské testování použitelnosti vytvořené aplikace.

### Výzkumné otázky

#TODO – jak správně formulovat

Je virtuální realita ve webovém prostředí vhodným prostředkem pro prezentaci geografických dat?

Jsou současné technologie umožňující tvorbu virtuální reality ve webovém prostředí vhodné pro prezentaci geografických dat?

# Metodika

Vlastní vizualizace bude vytvořena na základě podrobného průzkumu technologií v kontextu geografické vizualizace. Není možné vytvořit funkční mapu / vizualizaci / aplikaci, bez důkladného promyšlení příčin, které předurčují splnění účelu dané práce (Sterba et al. 2015). Z tohoto důvodu je nutné identifkovat geoprostorová témata pro která je vhodné využit vizualizace v rámci virtuální reality. Na základě těchto témat je nutné určit, jaká využívají geografická data a jaké dopady mají formy[[1]](#footnote-1) těchto dat na volbu postupů a technologií při jejich vizualizaci. Právě tyto prerekvizity a další specifické jako je aktuálnost, standardizace otevřenost aj. je nutné mít na paměti při analýze a následném výběru technologií pro vizualizaci. Za účelem úspěšného vývoje aplikace byla vytvořena sada požadavků a omezení.

Možná vynechat – bude podrobně v textu – podle počtu stránek

# Rešerše – Současný stav řešené problematiky

Za účelem získání obecného přehledu o problematice je vhodný průzkum obecných publikací jednak z oblastí počítačové grafiky (Žára, Beneš, Felkel 2005; Marschner et al. 2021), geoinformační vědy (Guo, Goodchild, Annoni 2020; Bolstad 2019; Kresse, Danko 2012; Longley et al. 2015), kartografické geo-vizualizace (Slocum 2014; Çöltekin et al. 2020a; Christophe 2020; Dykes, MacEachren, Kraak 2005), webových technologií (Dorman 2020) a virtuální / rozšířené reality (Milgram, Kishino 1994; LaValle 2020; Sherman, Craig 2019; Mazuryk, Gervautz 1999).

Koncept virtuální reality obecně představují výše uvedené publikace. Z hlediska geoinformatiky a geografie je vhodnější koncept virtuálních geografických prostředí, tedy VGE (*virtual geographic environment*) tento způsob pohledu představují (Stachon, Kubicek, Herman 2020; Çöltekin et al. 2020b; Batty 1997; Lin, Batty 2011; MacEachren et al. 1999; Blokdyk 2018; Lin et al. 2013).

Prerekvizitou úspěšné geoprostorové vizualizace, jak tradiční, tak v rámci virtuálních prostředí, je podrobné porozumění vstupním datům tedy datovým modelům, metodám zpracování a výměny mezi technologiemi (Keil et al. 2021). Jelikož předností virtuální reality je prezentace více rozměrných dat (šířka, délka, výška, popř. jiná veličina). Základy modelování takových to dat řeší (Abdul-Rahman, Pilouk 2008). Problematiku převodu 2D do 3D dat rozebírá (Halik 2018). Kompletní postup od získání geoprostorových dat přes integraci po jejich vizualizaci představují (Zhao et al. 2019; Laksono, Aditya 2019; Herman 2011; 2014; Buyuksalih et al. 2017; Keil et al. 2021). (Cibula 2021) řeší vývoj webového informačního systému pro publikaci 2D a 3D dat. Mimo samotná data je také nutné mít na paměti kartografická pravidla a principy při vizualizaci především 3D dat (Pegg 2008).

Proto aby vizualizace plnila svůj účel je nutné, aby byla přístupná uživatelům. Přístupnost v kontextu této práce představuje publikace vizualizace ve webovém prostředí. Problematikou rozšířené reality ve webovém prostředí se zabývá (Maclntyre, Smith 2018). Podrobný návod tvorby VR prostředí na webu představuje (Baruah 2021). (Butcher, John, Ritsos 2021) představuje webový framework pro tvorbu obecných vizualizací dat ve VR na webu. V případě VGE je často řešena problematika distribuovaných *kolaborativních* prostředí v rámci rozšířené reality. Obecně tuto problematiku řeší í (Lee, Yoo 2021; Šašinka et al. 2019), v geoinformačním kontextu pak (Sermet, Demir 2021).

Za účelem vhodného výběru technologie pro vývoj XR aplikace pro prezentaci geoprostorových dat je vhodný široký průzkum případových studií a jejich následná typologie na základě tematického zaměření, ale i využité technologie. Vizualizaci terénu pomocí herních enginů řeší (Mat et al. 2014). Komplexnější scény za pomocí herních enginů pak představují (Ugwitz, Stachoň, Kubicek 2021; Laksono, Aditya 2019; Keil et al. 2021). Vizualizace terénu je řešena pomocí webových technologií v (Herman, Řezník 2015)

Široké využití nachází 3D vizualizace a XR v urbánních prostředích a to v různých odvětvích např. urbánní plánování, architektura, meteorologie aj. Vizualizaci 3D city modelů napříč projekty shrnuje (Julin et al. 2018; Herman 2014). Koncept AR aplikace pro terénní urbánní plánování shrnuje (Cirulis, Brigmanis 2013). V oblasti meteorologie využívá 3D vizualizace (Gautier, Christophe, Brédif 2020; Gautier, Brédif, Christophe 2020), v kontextu plánování umístění větrných elektráren pak (Rafiee et al. 2018). V případě územního plánování se využitím 3D vizualizace zabývá (Judge, Harrie 2020). – Dodělat až bude větší přehled – vybrat jen relevantní !!

V rámci územního plánování je 3D vizualizace často zmiňována v kontextu zvýšení participace veřejnosti na vývoji územního plánu. Autoři (rozdělit na 3D a XR) (Judge, Harrie 2020; Onyimbi, Koeva, Flacke 2018; Rzeszewski, Orylski 2021) považují 3D vizualizace za přínosné v tomto ohledu.

Webdev

Usability and user testing

# Teoretické základy

## Virtuální realita

Definovat koncept virtuální reality je obtížný úkol, převážně z důvodu, že se jedná o široký a z pohledu specifických technologií rychle měnící se pojem. Z tohoto důvodu virtuální realitu definuje LaVale následovně:

Inducing targeted behavior in an organism by using artificial sensory stimulation while the organism has little or no awareness of the interference. (LaValle 2020)

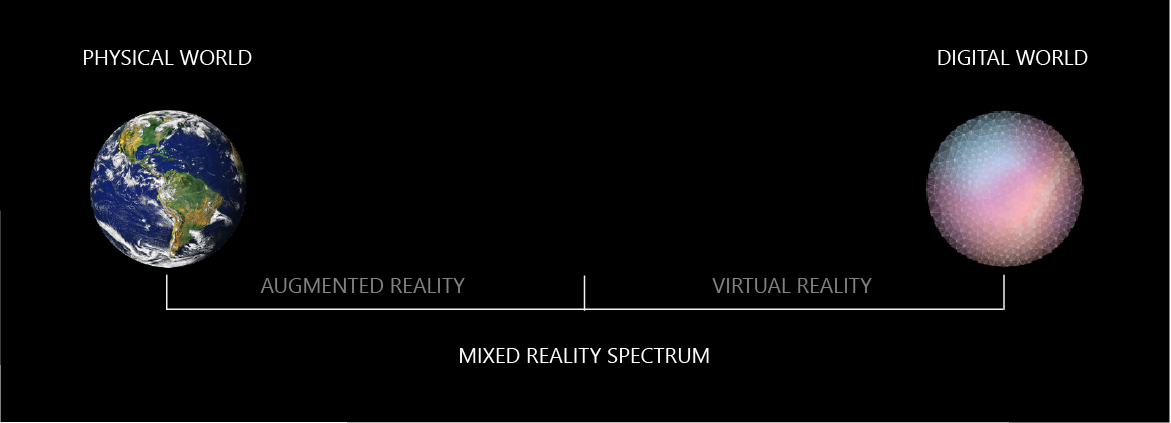
Speciální důraz pak autor klade na

* concept *targeted behaviour* tedy *cíleného chování,* čímž je myšlen zážitek daného organismu v rámci virtuální reality vytvořené jejím autorem.
* *Artificial sensory stimulation –* pomocí současných technologí a postupů jsou senzorové vjemy organismu nahrazeny autorem vytvořenou simulací
* *Awarness –* v průběhu zážitku je organismus *oklamán* tak že se cítí být přítomný v rámci virtuálního světa (reality), v ideálním případě je tento proces přijat organismem jako přirozený

Autor dale upozorňuje na problematiku definice toho, co už je možné považovat za virtuální realitu a co nikoliv, jelikož i promítání filmu na plátno by bylo možné podle výše uvedené definice možno považovat za druh virtuální reality. V rámci této práce je VR považováno za

Autor dále zmiňuje termín oklamání, který podkládá výzkumy v neurobiologii, které představují tzv. *place cells* a *grid cells*, druhy buňek, které jsou tvořeny pro uložení prostorové informace vnímané daným organismem. A fakt, že tvorbu těchto buněk je možné iniciovat pomocí virtuální reality.

Šířku termínu virtuální reality LaValle vysvětluje, tím že pod termínem virtuální reality jsou často řazen i termín *virtual environments,* který je preferován v akademickém prostředí. a jsou myšleny i reálná prostředí představena pomocí technologie. Dále pak LaValle pod termín virtuální reality řadí i termíny AR, MR a XR. Tyto termíny jsou obecně vnímány jako distinktivní body na virtuálním kontinuu (Milgram, Kishino 1994). MR a XR jsou pak považovány za generalizace VR, AR a jiných termínů nacházejících se na virtuálním kontinuu. XR je považován za novější termín, který zaštiťuje ostatní více z pohledu technologického než koncepčního.



Obr. 1 Koncept virtuálního kontinua (qianw211 2022)

Z hlediska této práce budou využívány termíny virtuálních prostředí, popř. virtuálních geografických prostředí (viz. pozdějí), jelikož zaměřením této práce je vizualizace reálných dat v rámci virtuálních prostředích. Z hlediska technologického pak bude využíván i termín XR, ale to více ve smyslu konkrétní technologie WebXR (viz. později). LaValle dává důraz na *perception engeneering* tedy na korektní tvorbu samotného zážitku, více nežli na tvorbu virtuálního prostředí. V rámci této práce je větší důraz právě na tvorbu a prezentaci virtuálního prostředí.

TODO – porovnat LaValleho s ostatníma – doplnit - Stručný výpis základních principů z (Sherman, Craig 2019; Milgram, Kishino 1994; Mazuryk, Gervautz 1999).

## Zobrazovací zařízení

**HMD**

…

Immerze vs Holographic

(Keil et al. 2021) uvádí, že důležitým vlivem na míru imerze, a tedy úspěšnost VR aplikace má nejen kvalita zobrazovaných dat, ale také ve velké míře technologické aspekty popř. limitace zobrazovacích zařízení, představuje proto porovnání HMD na základě rozlišení, FOV, FPS a trackingu aktuálně populárních HMD – předělat tabulku + přidat non HMD zařízení?

## Téma případové studie

Možnosti využití 3D webové vizualizace ve virtuálním prostředí jsou mnohé. Citace: Herman aj. kdo to vypisují jaké jsou možnosti viz.

…

# Analýza technologií

Způsob výběru technologií vhodných pro prezentaci geografických dat na webu ve virtuálních prostředích je možné rozdělit podle oboru v jakém daná technologie primárně figuruje. Logické je začít průzkumem exitujících GIS řešení, které tuto funkcionalitu splňují. Dalším oborem je následně herní vývojářství (tedy technologie herních enginů), následně pak čistě webová řešení tedy zpravidla javasrciptové knihovny nad WebGL. Nutno zmínit, že výše zmíněné rozřazení není exaktní, ale v mnoha případech se překrývá (např. export dat z QGIS do Three.js scény, export Unity WebGL scény). V případě této práce je rozdělení uvedeno za účelem určení struktury v průběhu průzkumu existujících technologií.

V návaznosti na zmíněné rozdělení je možné technologií dále dělit a to podle úrovní abstrakce. (literatura, podložit a odborně popsat „vzálenost ke grafice“).

## Úrovně abstrakce – taxonomie technologií

Graphical user interface, application

Description automatically generated with medium confidence

Diagram

Description automatically generated

### TechStack

Problematickým aspektem při hodnocení a výběru technologie je fakt, že hodnocení jednotlivých technologií samostatně je zavádějící. V případě implementace se nejedná o jednotlivou technologii, ale souhru více tzv. *tech stack*. Na základě této skutečnosti je tedy nutné hodnotit i vzájemnou kompatibilitu jednotlivých technologií, což může přinést výraznou míru komplexity, jelikož je možné technologie na různých úrovních (zmínit výše – úrovně abstrakce) kombinovat. Za účelem získání reprezentativních výsledků je nutné hodnotit vhodnost jednotlivých technologií v *tech stacku* v kontextu specifického využití. V případě této studie se jedná o využití v rámci územního plánování.

Vypsat jednotlivé tech stacky z literatury

## Specifikace požadavků

### Funkční

### Nefunkční

**Data –** typy geografických dat - geometrií

### Výběr technologií

# Implementace

# uŽIVATELSKÉ TESTOVÁNÍ

# dISKUZE

# zÁVĚR

PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha č

1. Formou dat je myšlen jejich datový model a následně výměnný formát. [↑](#footnote-ref-1)