

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**TVORBA LEZECKÉHO PRŮVODCE
S VYUŽITÍM POKROČILÝCH VIZUALIZAČNÍCH
NÁSTROJŮ**

Bakalářská práce

Ondřej MRKLOVSKÝ

Vedoucí práce RNDr. Jan Brus, Ph.D.

Olomouc 2020

Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá tvorbou lezeckého průvodce s využitím moderních vizualizačních nástrojů. V práci jsou použity 3D modely skalních formací, společně s prvky virtuální reality a aplikací rozšířené reality. Webový lezecký průvodce byl vytvořen pro oblast Prachovských skal a Malou Studenou dolinu ve Vysokých Tatrách. Pro tvorbu průvodce byly použity modely získané fotogrammetricky a z dat z laserového skenování. Do těchto modelů byly poté zakresleny lezecké cesty a modely byly nahrány do služby Sketchfab. V průběhu zpracování modelů byla využita široká škála software, mezi nejdůležitější patřili: Agisoft Metashape, Meshlab a Cloud Compare. Do výsledných modelů byly prostřednictvím služby Sketchfab doplněny další prvky. Tato služba také umožňuje zobrazení modelů ve virtuální realitě.

Druhou částí práce byl vývoj rozšířené reality. Pro vývoj byla využita knihovna AR.js umožňující spuštění rozšířené reality ve webovém prohlížeči. Cílem rozšířené reality je usnadnit uživatelům orientaci ve skalním a horském terénu. Základní princip spočívá v dokreslování prvků v okolí uživatele do obrazu z fotoaparátu telefonu. V Prachovských skalách uživatel uvidí jména věží kolem sebe a ve Vysokých Tatrách jména vrcholů a také trasu výstupu na Lomnický štít.

Hlavním výstupem práce je interaktivní webový lezecký průvodce, který sdružuje všechny dílčí části práce. Webový průvodce je napsán v jazyce HTML a využívá stylování W3.CSS. Byly do něj vloženy všechny zpracované modely a doplněny dalšími informacemi. Skrze web je také zprostředkován přístup do prostředí rozšířené reality. Dalším výstupem práce je model věže Mnich vytištěný na 3D tiskárně. Model byl vytištěn dvoubarevně z materiálu PLA na tiskárně Ultimaker.

KLÍČOVÁ SLOVA

lezecký průvodce; 3D model; rozšířená realita; virtuální realita

Počet stran práce: 46

Počet příloh: 4 (z toho 3 volné a 1 elektronická)

ANOTATION

This bachelor thesis aimed to create a climbing guide using modern visualization methods. 3D models of rock formations were used, together with elements of virtual reality and augmented reality. A web-based climbing guide was created for the areas of rock town Prachovské skály and Malá Studená dolina valley in the High Tatras. During the creation of the guide, 3D models made using photogrammetry and from data from laser scanning were used. Climbing routes were drawn into the models and the models were uploaded onto the web service Sketchfab. During the creation of the models a wide range of software has been used, the most import being: Agisoft Metashape, Meshlab, and Cloud Compare. The service Sketchfab has been used to add other elements to the final models. This service also allows displaying models in virtual reality.

The second part of the thesis focuses on augmented reality. The javascript library AR.js has been used, allowing the implementation of augmented reality in a web browser. The main goal of the augmented reality app is aiding orientation in rocky and mountainous terrain. The main functionality lies in adding elements around the user into the view of the camera on a mobile phone. In Prachovské skály the user will see the names of the rock towers around him. In the High Tatras, the user will see the names of summits and also a route of ascent up the Lomnický štít mountain.

The main outcome of this thesis is an interactive web climbing guide, which merges all the above-mentioned components. The web guide is developed in HTML and uses the W3.CSS framework for styling. All the processed models were placed into it and additional information was added. Access to the augmented reality app is also available through the web guide. Another outcome of this thesis is the 3D printed model of the tower Mnich. The model was printed bicolor from PLA material on an Ultimaker 3D printer.

KEYWORDS

climbing guide; 3D model; augmented reality; virtual reality

Number of pages: 46

Number of appendixes: 4

Prohlašuji, že

- bakalářskou/diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom(a), že na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou/diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk bakalářské/diplomové práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské/diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Ondřej MRKLOVSKÝ

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Janu Brusovi, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce a čas, který mi při řešení práce věnoval. Dále děkuji RNDr. Jakubovi Miřijovskému, Ph.D. za poskytnutí leteckých snímků z Prachovských skal. V neposlední řadě děkuji Ústavu geografie UPJŠ v Košicích, za poskytnutí dat z laserového skenování Malé Studené doliny ve Vysokých Tatrách.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přirodovědecká fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Ondřej MRKLOVSKÝ
Osobní číslo: R17453
Studijní program: B1301 Geografie
Studijní obor: Geoinformatika a geografie
Téma práce: Tvorba lezeckého průvodce s využitím pokročilých vizualizačních nástrojů
Zadávací katedra: Katedra geoinformatiky

Zásady pro vypracování

Cílem práce je vytvoření lezeckého průvodce pro vybranou skalní formaci s využitím výškopisných dat. Student v práci využije 3D modely oblasti získané fotogrammetrií nebo laserovým skenováním a naváže na již hotové lezecké průvodce. Vytvořené modely doplní dalšími prvky a pomocí vhodné technologie vizualizuje za pomoci rozšířené, virtuální reality a 3D tisku. Dílčím cílem práce je otestovat možnosti práce s 3D modely skalních útvarů reliéfu v těchto prostředích. Celou práci, tj. text včetně všech příloh, posteru, výstupů, zdrojových i vytvořených dat, map, programových kódů a databází, student odevzdá v digitální podobě na paměťovém nosiči připevněném k deskám práce s popisem (jméno, název práce, Katedra geoinformatiky UP, rok). Text práce s přílohami odevzdá ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry ve stanoveném termínu. O práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle obecných zásad (Voženilek, 2002) a závazné šablony pro kvalifikační práce na KGI. Povinnou přílohou práce je poster formátu A2.

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

Seznam doporučené literatury:

- AUKSTAKALNIS, Steve. Practical Augmented Reality: A guide to the technologies, applications, and human factors for AR and VR. Addison-Wesley Professional, 2016.
- CARBONELL CARRERA, Carlos; BERMEJO ASENSIO, Luis A. Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill. *Journal of Geography in Higher Education*, 2017, 41.1: 119-133.
- FERRACANI, Andrea, et al. Natural experiences in museums through virtual reality and voice commands. In: *Proceedings of the 25th ACM international conference on Multimedia*. ACM, 2017. p. 1233-1234.
- FRAJBERG, Darian; FRATERNAU, Piero; TORRES, Rocio Nahime. Heterogeneous information integration for mountain augmented reality mobile apps. In: *2017 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)*. IEEE, 2017. p. 313-322.
- HOROWITZ, Seth S.; SCHULTZ, Peter H. Printing space: Using 3D printing of digital terrain models in geosciences education and research. *Journal of Geoscience Education*, 2014, 62.1: 138-145.
- KAJASTILA, Raine; HOLSTI, Leo; HAMÄLÄINEN, Perttu. The augmented climbing wall: high-exertion proximity interaction on a wall-sized interactive surface. In: *Proceedings of the 2016 CHI conference on human factors in computing systems*. ACM, 2016. p. 758-769.
- SANNA, Andrea; MANURI, Federico. A survey on applications of augmented reality. *Advances in Computer Science: an International Journal*, 2016, 5.1:

18-27.

VOŽENÍLEK, Vít.: Diplomové práce z geoinformatiky. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2002. 31 s.

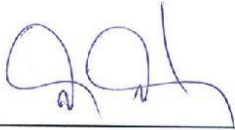
Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jan Brus, Ph.D.
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: 6. května 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 6. května 2020

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan



prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 2. září 2019

OBSAH

ÚVOD	9
1 CÍLE PRÁCE.....	10
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	11
2.1 Použitá data	11
2.2 Použité programy	12
2.3 Postup zpracování.....	14
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	16
3.1 Lezení.....	16
3.2 Lezecký průvodce.....	17
3.2.1 Historie lezeckých průvodců	18
3.2.2 Moderní přístupy k tvorbě lezeckých průvodců.....	19
3.2.3 Moderní vizualizační nástroje v outdooru	22
3.3 Technologie a metody	23
3.3.1 Fotogrammetrie.....	23
3.3.2 Laserové skenování	24
3.3.3 Virtuální realita.....	25
3.3.4 Rozšířená realita	25
4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	27
4.1 Mnich, Prachovské skály.....	27
4.1.1 Fotogrammetrické zpracování modelu	27
4.1.2 Úprava modelu.....	27
4.1.3 Přidání doplňujících prvků	28
4.2 Ľadový štít, Malá Studená dolina, Vysoké Tatry	29
4.2.1 Zpracování dat	30
4.3 Virtuální realita	32
4.4 Rozšířená realita	33
4.4.1 Vývoj rozšířené reality	33
4.4.2 Dvě verze rozšířené reality	36
4.5 Webové stránky	37
4.5.1 Prachovské skály.....	38
4.5.2 Ľadový štít, Malá Studená dolina.....	39
4.5.3 Rozšířená realita a návod	39
4.6 3D tisk	40
4.6.1 Zpracování modelu.....	40
5 VÝSLEDKY	41
6 DISKUZE.....	44
7 ZÁVĚR	46
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
SEZNAM OBRÁZKŮ	
PŘÍLOHY	

ÚVOD

Problém orientace ve skalním a horském terénu je starý jako horolezectví samo. Pokud lezec nedokáže svůj lezecký cíl nalézt, jeho výstup končí dříve, než vůbec začal. Za tímto účelem začali vznikat první lezečtí průvodci. Od jejich počátků na konci 19. st. až dodnes se jejich obsah příliš nezměnil. Standartně nabízejí základní popis oblasti, plán, popř. náskres skal a popisy lezeckých cest. Navzdory jejich kvalitnímu zpracování orientace s nimi může být problematická. Najít správnou skalní věž v labyrintu českých pískovcových skalních měst bývá často náročné. Pokud se to podaří, identifikace lezecké cesty na členité skalní věži také není snadná. Slovní popisy lezeckých cest mohou být často nepřesné, mnohoznačné nebo zavádějící.

Vývoj v této oblasti téměř stojí na místě. Lezečtí průvodci si již našli cestu na internet. Lezci čile využívají online databáze pro diskuzi a předávání cenných rad o cestách. Existují i první aplikace do mobilních zařízení. Často se však jedná pouze o digitalizaci standartních průvodců nebo jen kusé informace a žádný průlom v usnadnění orientace lezcům nepřináší.

Současné technologie však nabízí možnosti, které umožňují tvorbu lezeckého průvodce pojmout jiným, modernějším způsobem. Lezecký průvodce může být přesnější, atraktivnější, snadněji použitelný a nabízet více prvků a informací než dříve. Toto všechno může umožnit využití 3D modelů. Současné metody fotogrammetrie a laserového skenování umožňují vytvořit velmi přesné a detailní modely skalních formací. Tvorba těchto modelů, zejména metodami fotogrammetrie, rovněž není příliš finančně nákladná. Kvalita dronů a jejich kamer v dostupné cenové relaci stále stoupá a jejich ovládání zvládne téměř každý. Podobná situace je v oblasti softwaru potřebného pro zpracování snímků. Tyto technologie jsou dnes dostupnější než kdy dříve.

Tyto modely mohou tvořit základ moderního lezeckého průvodce. Pokud do modelu zakreslíme lezecké cesty, uživatel průvodce pak zcela jednoznačně vidí kudy vedou a zabloudit je téměř nemožné. Pro tvorbu průvodce se nabízejí také moderní vizualizační nástroje jako jsou virtuální a rozšířená realita. Virtuální realita zprostředkovává uživateli velmi realistický zážitek. Ceny brýlí nutných pro její použití klesají a ty se díky tomu stávají stále rozšířenějšími. Technologie rozšířené reality umožňují do obrazu z fotoaparátu mobilního telefonu dokreslovat prvky a informace vztažené k okolí. Využití pro lezecké průvodce je nasnadě. Lezec se tak může ve skalách nebo na horách rozhlížet skrze mobilní telefon nebo tablet a zjišťovat informace o objektech kolem sebe.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je vytvoření lezeckého průvodce pro vybrané skalní formace s využitím výškopisných dat. Autor v práci využije 3D modely získané fotogrammetrií nebo laserovým skenováním a naváže na již hotové lezecké průvodce. Vytvořené modely doplní dalšími prvky a pomocí vhodné technologie vizualizuje za pomoci rozšířené a virtuální reality a 3D tisku. Dílčím cílem práce je otestovat možnosti práce s 3D modely skalních útvarů reliéfu v těchto prostředích.

Prvním dílčím cílem práce je otestovat možnosti tvorby 3D modelu skalní formace fotogrammetrickými metodami a metodou laserového skenování. Druhým cílem je prozkoumat metody doplnění těchto modelů o další prvky a možnosti jejich zobrazení na webu. Vedlejším cílem je vyzkoušet možnosti 3D tisku těchto modelů.

Hlavním výsledkem práce bude lezecký průvodce pro vybrané skalní formace. Průvodce bude zpracovaný formou webové prezentace, která bude obsahovat vytvořené 3D modely s možností jejich prohlížení ve virtuální realitě a odkaz do prostředí rozšířené reality. Webová prezentace bude také obsahovat stručný návod k používání, který umožní průvodce používat i lidem bez jakékoli předchozí zkušenosti s technologiemi v průvodci použitými. Dalším výsledkem bude model vytištěný na 3D tiskárně.

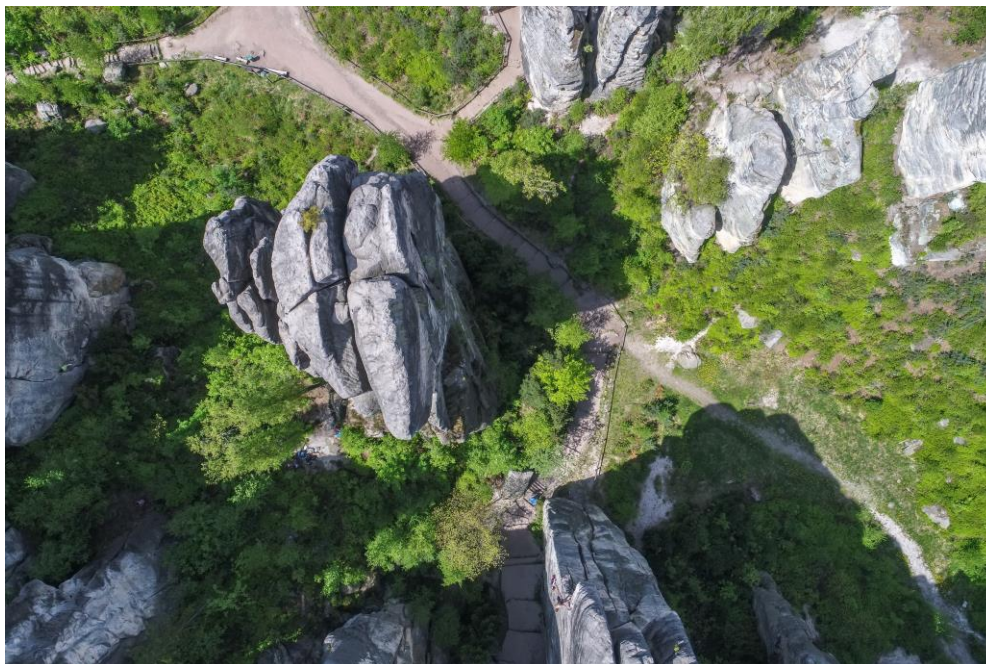
Výsledky práce předvedou možnosti využití zmíněných technologií a metod k tvorbě lezeckých průvodců. Budou příkladem pro tvorbu budoucích průvodců a nastíní směry, kterými by se mohl ubírat další vývoj v této oblasti.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1 Použitá data

Mnich, Prachovské skály

Pro fotogrammetrické zpracování modelu skalní věže Mnich v Prachovských skalách bylo použito 67 snímků pořízených v květnu 2017 dronem DJI Phantom 4 Pro. Snímky byly dodány RNDr. Jakubem Miřijovským, Ph.D., kterým byly pořízeny během práce na jiném projektu ve stejné lokalitě. Snímky byly dodány ve formátu JPG, jejich rozlišení bylo 5472 x 3648 pixelů a celková velikost datasetu byla 1,1 GB. Protože snímky nebyly pořizovány za účelem této práce, jejich pokrytí zejména ve spodní části vybraného skalního útvaru není ideální.



Obr. 1: Fotografie skalní věže Mnich pořízená dronem (autor: Jakub Miřijovský)

Ľadový štít, Vysoké Tatry

Pro vytvoření digitálního modelu JV stěny Ľadového štítu ve Vysokých Tatrách bylo využito mračna bodů pořízeného kombinací metod laserového skenování a fotogrammetrie. Tato data byla naměřena během třech dní v září a říjnu 2017 týmem zaměstnanců Ústavu geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košicích. Pro pořízení mračna bodů byl použit laserový skener Riegl VZ-1000 s integrovanou kamerou Nikon D-700, dva dvou-frekvenční GNSS přijímače TopCon Hyper II a dron DJI Phantom 4 s 12megapixelovou kamerou. Veškeré další podrobnosti ohledně zaměření mračna bodů lze nalézt v práci Combined Use of Terrestrial Laser Scanning and UAV Photogrammetry in Mapping Alpine Terrain (Šašák et al, 2019).

Dodání dat autorovi práce zprostředkoval vedoucí práce. Mračno bodů bylo dodáno ve třech souborech formátu las s celkovým počtem 116 113 191 bodů a celkovou velikostí souborů 3,67 GB.



Obr. 2: Náhled mračna bodů Malé Studené doliny (zdroj: autor)

Malá Studená dolina, Vysoké Tatry

Pro vytvoření modelu Malé Studené doliny byly použity data DMR 5.0 poskytovaná Geodetickým a kartografickým ústavem Bratislava skrze mapový klient ZBGIS. DMR 5.0 vznikl leteckým laserovým skenováním a má rozlišení 1 m/pixel. Data jsou dostupná zdarma pro komerční i nekomerční využití ve formátech ESRI Grid a TIFF, v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv, podporovány jsou také ETRS89 – TM34. Soubor v archivu ZIP stažený z klientu ZBGIS pro vybranou oblast zájmu měl velikost 18 MB.

Rozšířená realita

Zdrojem souřadnic věží a vyhlídek v Prachovských skalách byly Mapy.cz. Původně souřadnice pocházejí z databáze Českého horolezeckého svazu (ČHS), odkud je Mapy.cz přebírají. Zdrojem souřadnic bodů vrcholů a Téryho chaty v Malé Studené doliny byly taktéž Mapy.cz. Zdrojem bodů značících trasu výstupu na Lomnický štít tzv. Jordánovou cestou byl GPX soubor poskytnutý doc. RNDr. Jaroslavem Burianem, Ph.D. Trasa byla zaměřena GPS hodinkami Garmin Fenix 2.

2.2 Použité programy

Agisoft Metashape

Agisoft Metashape je profesionální fotogrammetrický software. Zajišťuje kompletní fotogrammetrické zpracování snímků do formy hustého bodového mračna a posléze texturovaného 3D modelu. Je dostupný ve verzích Standard a Pro, přičemž verze Pro nabízí oproti nižší verzi navíc specifické GIS funkce. Pro potřeby této práce byla dostačující verze Standard (30denní trial verze 1.6.2). V programu byl zpracován model věže Mnich v Prachovských skalách.

Cloud Compare

Open source software Cloud Compare slouží ke zpracování a analýze bodových mračen a lze v něm pracovat také s modely tvořenými polygonovou sítí. Software je dostupný pod licencí GPL. V této práci byl Cloud Compare použit pro zpracování mračna bodů

z laserového skenování Malé Studené doliny ve Vysokých Tatrách. Byla použita poslední stabilní verze 2.10.2.

MeshLab

MeshLab je free and open source software pro zpracování 3D polygonové sítě. Nabízí nástroje pro rekonstrukci, editaci, čištění, inspekci, renderování, texturování a konverzi polygonových sítí. MeshLab je distribuován pod licencí GPL. V práci byl software použit pro generování polygonové sítě z mračna bodů z laserového skenování a pro čištění modelů. V době práce byla k dispozici verze 2016.12.

Autodesk Meshmixer

Freeware Autodesk Meshmixer nabízí širokou škálu nástrojů pro úpravu, opravy a čištění polygonových sítí a je vhodný pro přípravu modelů pro 3D tisk. V programu Meshmixer lze polygonové sítě upravovat jak automatizovaně, tak manuálně. Manuálního modelování polygonové sítě bylo v práci využito k eliminaci nežádoucích fragmentů, vzniklých při fotogrammetrickém zpracování modelu věže Mnich. Byla použita verze 3.3.15.

Autodesk Netfabb

Proprietární software Autodesk Netfabb nabízí množství nástrojů pro design, simulace a přípravu modelů k 3D tisku. K dispozici jsou 4 verze s rozdílnou funkcionalitou. V této práci byla použita verze Premium 2021 (30denní trial) během zpracování modelu pro 3D tisk.

Blender

Free and open source software Blender je komplexní nástroj pro zpracování 3D modelů, počítačové grafiky, tvorbu animací, simulací a úpravu videa. Díky množství funkcí, které Blender nabízí je jeho využití velmi široké. Blender je dostupný pod licencí GPL. V této práci byl Blender využit pro kreslení lezeckých cest na texturu 3D modelů. Blender byl použit ve starší verzi 2.79b (více v kapitole 4.1.3).

3D Builder

Ve Windows 10 předinstalovaný program 3D Builder, aktuálně ve verzi 18, umožňuje zobrazení a základní úpravu 3D modelů. V práci byl využíván pro rychlý náhled modelů vytvořených v jiných softwarech a přípravu modelu k 3D tisku.

Adobe Lightroom CC

Proprietární software Adobe Lightroom CC je profesionální nástroj pro úpravu fotografií. Software umožňuje kompletní postup efektivního zpracování i velkého množství fotografií, a proto je velmi rozšířen mezi amatérskými i profesionálními fotografy. V této práci byl Adobe Lightroom pro využit drobné barevné úpravy již hotové textury 3D modelu. Byla použita verze 2015.5.1.

Adobe Illustrator

Proprietární software Adobe Illustrator je profesionální vektorový grafický editor. Software nabízí širokou škálu nástrojů pro kreslení, výběr a úpravu grafiky. V této práci byl Adobe Lightroom využit pro vložení vektorové grafiky do hotové rastrové textury 3D modelu. Byl použit Adobe Illustrator CS6 ve verzi 16.0.0.

Sketchfab

Webová služba Sketchfab slouží k publikování, sdílení a prodeji 3D modelů. Sketchfab umožňuje zobrazení 3D modelů na webu, v mobilním zařízení a ve virtuální realitě. Po publikování 3D modelu přímo na webu Sketchfab je možné prohlížecké okno s 3D

modelem snadno vložit do vlastních webových stránek. Těto funkcionality bylo využito pro prezentaci všech 3D modelů použitých v této práci. Do modelů je možné vkládat tzv. anotace. Jedná se o tlačítka na modelu, obsahující popis některé části modelu, včetně obrázku, popř. odkazu. Ke každé anotaci lze také nastavit přesnou pozici modelu, do které se po kliknutí na anotaci model přesune. V základní, zdarma dostupné verzi služby Sketchfab je uživatel limitován velikostí modelu 50 MB a maximálním počtem 5 anotací v jednom modelu.

ArcGIS for Desktop

Proprietární software ArcMap od firmy Esri slouží pro zobrazení, tvorbu, úpravu, analýzy a vizualizaci prostorových dat. V této práci byl použit ve verzi 10.4.1 a to pouze okrajově pro konverzi rastrových formátů.

PSPad

PSPad je freewarový textový editor, jehož autorem je český vývojář Jan Fiala. Program umožňuje mimo jiné přehledné zvýraznění syntaxe, které usnadňuje úpravy textu. Program byl využit ve verzi 5.0.1 pro tvorbu webových stránek a programování aplikace rozšířené reality.

AR.js

Javascriptová knihovna AR.js umožňuje tvorbu aplikací rozšířené reality přímo ve webovém prohlížeči. V porovnání s programováním standardní mobilní aplikace AR.js umožňuje výrazně rychlejší, efektivnější a jednodušší uvedení rozšířené reality do praxe. K dispozici je řešení pro Marker-based i Location-based rozšířenou realitu. Knihovna AR.js je dostupná jako free and open source projekt pod licencí MIT a její vývoj probíhá prostřednictvím webové služby GitHub. Pro zobrazování prvků je využívána integrovaná knihovna A-Frame. V této práci byla pro spuštění aplikace rozšířené reality využita Location-based větev knihovny AR.js. V době začátku vývoje byla knihovna A-Frame ve verzi 1.0.4.

W3.CSS

Moderní CSS rámec W3.CSS usnadňuje psaní webových stránek, díky předdefinovaným stylům a funkcionalitě. W3.CSS obsahuje defaultní podporu desktopu, tabletu i mobilních zařízení. Jeho předností je menší velikost, větší rychlost a jednodušší použití oproti srovnatelným CSS rámcům. Stylování W3.CSS je inspirováno Google Material designem. V této práci byl W3.CSS základním kamenem při psaní webových stránek.

2.3 Postup zpracování

Prvním krokem byla rešerše problematiky. V rešerši se bylo zaměřeno na standardní tištěné lezecké průvodce, jejich historii a využití. Dále pak na moderní lezecké průvodce na webu a na odpovídající mobilní aplikace. Dále se rešerše věnovala moderním vizualizačním technologiím a metodám a jejich využití nejen v oblasti lezení, ale i širokého spektra outdoorových aktivit. Z metod tvorby 3D modelů reliéfu se jednalo o fotogrammetrii a laserové skenování a z moderních vizualizačních nástrojů zejména virtuální a rozšířenou realitu.

Na základě rešerše byl poté stanoven postup k dosažení cílů práce. V první fázi se práce soustředila na věž Mnich v Prachovských skalách. Po seznámení s daty, bylo v první řadě třeba zpracovat 3D model. Nejdříve bylo fotogrammetricky generováno husté mračno bodů, ze kterého byl následně interpolován 3D model. Na model byla poté

generována textura. V následně byly do modelu přidány doplňující prvky, v tomto případě se jednalo o zakreslení lezeckých cest.

Druhou fází byla tvorba webových stránek lezeckého průvodce. Do stránek byl prostřednictvím služby Sketchfab vložen výsledný model a zároveň do něj byly přidány další drobné doplňující prvky. Webové stránky byly v průběhu celé práce upravovány, rozšiřovány a vylepšovány.

Ve třetí fázi práce proběhl analogicky, ovšem s určitými specifiky, postup zpracování modelu pro Ľadový štít ve Vysokých Tatrách. Pro tuto oblast byl z důvodu jiného formátu vstupních dat odlišný postup tvorby modelu. Pro oblast Malé Studené doliny byl navíc vytvořen ještě celkový model s větším rozsahem a menším detailem. Oba modely byly poté také vloženy do webových stránek.

Ve čtvrté fázi se práce soustředila na prostředí rozšířené reality. Do rozšířené reality byly vkládány jednotlivé prvky a rozšířená realita byla průběžně testována. Během vývoje byly zjišťovány chyby, které byly následně s různou úspěšností řešeny. Výsledkem byly dvě mírně odlišné verze rozšířené reality, které byly následně umístěny do webového průvodce.

Pátá fáze práce se zabývala 3D tiskem. Do modelu byly vyznačeny lezecké cesty a doplněna podstava. Následně byl model vytištěn na 3D tiskárně Ultimaker.

V poslední fázi práce probíhalo finalizování webových stránek ve smyslu přidání návodu k používání a dolaďování doprovodného obsahu. Jednotlivé kroky zpracování jsou dále detailně popsány v kapitole 4.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V první části se rešerše věnuje vysvětlení základních lezeckých pojmů. Poté následuje hlavní část popisující lezecké průvodce, jejich historii a specifika tvorby. Ve všech částech se rešerše zaměřuje zejména na pískovcové oblasti České republiky a Vysoké Tatry na Slovensku, protože tyto oblasti byly poté řešeny v praktické části práce. V poslední části rešerše jsou popsány hlavní technologie a metody použité v praktické části, včetně některých příkladů využití v současnosti v oblasti skalního lezení a pohybu v horách.

3.1 Lezení

Definice horolezectví a lezení

Horolezectví je sport, při němž jeho účastníci lezou vzhůru (někdy také dolů nebo napříč) vertikálním terénem. Horolezectví zahrnuje širokou škálu činností a jeho přesná kompletní definice je proto velmi obtížná.

Mezi základní disciplíny horolezectví dle Jesenského (2015) patří:

- bouldering – lezec se snaží přelézt obtížné lezecké kroky nízko nad zemí bez jištění
- sportovní lezení – používá nýty jako hlavní prostředek jištění, což lezci umožňuje soustředit se na techniku a obtížné manévry
- tradiční lezení – lezec zakládá postupová jištění a druholezec je odstraňuje
- ledolezení – lezení na zmrzlém povrchu, nejčastěji zmrzlé vodopády
- výškové horolezectví – horolezectví v nejvyšších nadmořských výškách, nutná aklimatizace jedince

Lezecká cesta

Lienert (2012) definuje lezeckou cestu jako linii výstupu od nástupu po vrchol. Nástupem rozumíme část lezeckého výstupu, která nás přivádí k úpatí vlastního lezeckého problému, v užším lezeckém smyslu slova se jedná o vlastní začátek lezecké trasy, cesty, místo vstupu do vlastního lezeckého problému. Za vrchol cesty můžeme ve skalním terénu označovat slaňovací bod, v horském terénu to může znamenat dosažení vrcholu stěny, nebo výrazného zlomu v obtížích cesty, většinou dosažení chodeckého terénu.

Lezecké terény v České republice a na Slovensku

Skalní lezení je v České republice provozováno na mnoha druzích hornin. Moravský kras je typický svými vápencovými skalami, v Povltaví najdeme typické žulové lezecké terény, v Jeseníkách jsou převažujícími horninami břidlice, droby a ruly (Správa CHKO Jeseníky, 2013). Nej kvalitnější a světově unikátní lezení však v ČR nabízí tradiční pískovcové oblasti. „Naše bohatství spočívá především v jedinečnosti pískovcových skal, s jejich romantikou a více než stoletou tradicí lezení.“ (Holeček, 2013).

Jedlička v průvodci z roku 1961 popisuje vznik pískovcových skalních oblastí ČR takto: „Pískovcové skalní útvary severních Čech jsou ve své dnešní podobě šťastným dílem přírody. Geologicky patří tyto oblasti k severočeské tabuli složené z pískovců. Ty vznikly jako usazeniny na dně moře, které se rozlévalo i po severních Čechách, později byly z moře vyvýšeny a mírně zvlněny, vcelku si však uchovaly svou původní polohu. Rušivou činností vody a vzduchu byly pak pískovce, zejména podél hlavních zlomů

různě modelovány a posléze z nich zbyly dnešní útvary pro radost horolezců a turistů, skalní útvary, úzká hluboká údolí, soutěsky apod.“

Lezecké terény Slovenska tvoří zejména vápencové a slepencové skály s převažujícím sportovním lezením. Na Slovensku, na rozdíl od České republiky, nenajdeme pískovcové skalní oblasti, ale naopak Slovensko oproti Česku nabízí horské lezení ve Vysokých Tatrách. Typickou horninou pro lezení ve Vysokých Tatrách je žula (Tatry.cz, 2020).

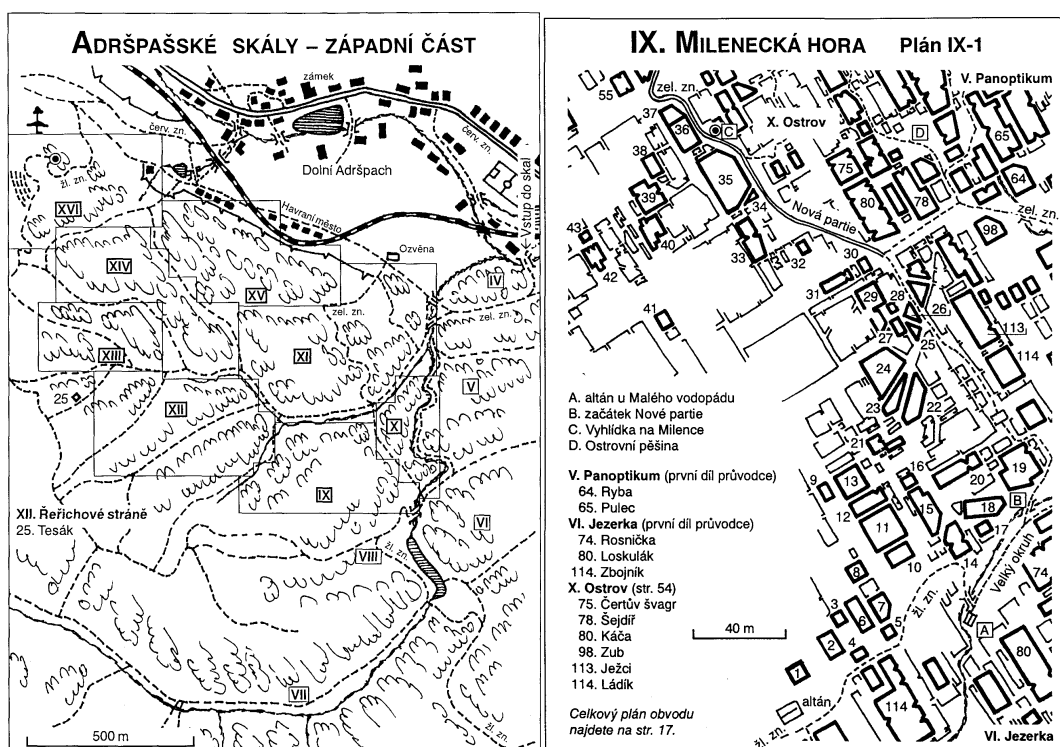
Stupnice obtížnosti

Český horolezecký svaz (2013) uvádí: „K lezení na pískovcových skalách v Čechách se používá Saská stupnice, která začíná stupněm obtížnosti I a je směrem nahoru otevřená. Stupně obtížnosti od VII výše jsou dále rozdělené připojením písmen "a", "b" a "c", čímž dochází k dalšímu rozdělení na nižší a vyšší obtížnost. V některých oblastech se písmeno "a" nepoužívá, proto jsou např. stupně VII a VIIa rovnocenné.“

V jiných lezeckých oblastech po celém světě jsou používány jiné stupnice, např. ve oblastech s převažujícím sportovním lezením ve Francii, Španělsku, i jinde francouzská stupnice, v horských oblastech Vysokých Tater a českých nepískovcových oblastech stupnice UIAA, v USA tzv. Yosemitejská decimální stupnice a jinde několik dalších méně rozšířených (Seifert et al, 2016).

3.2 Lezecký průvodce

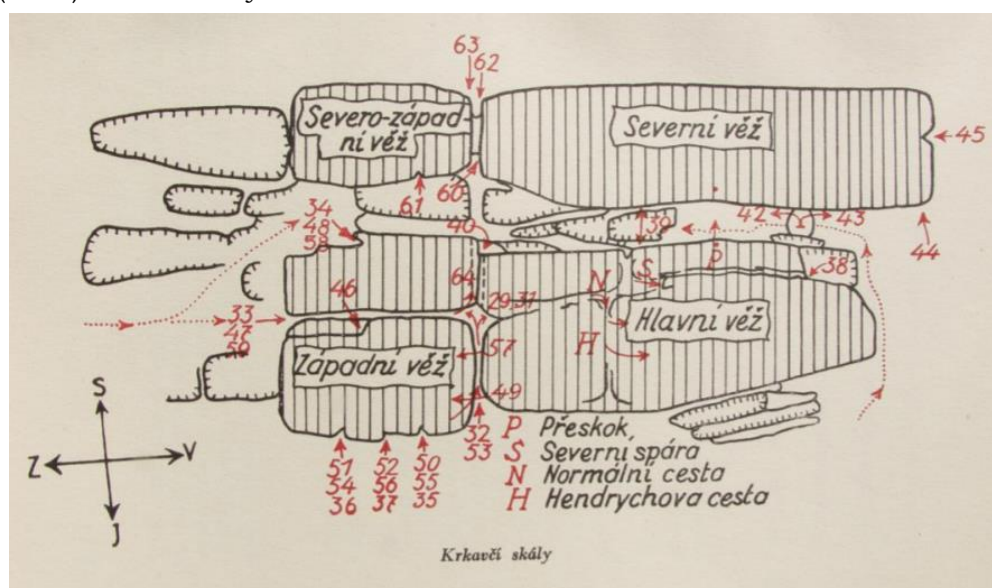
Lezecký průvodce je základní pomůcka, která lezcům umožňuje orientaci ve skalním terénu. Průvodce má většinou tištěnou formu a podle rozsahu se může jednat o brožuru, sešit, knihu nebo soubor více knih u rozsáhlých oblastí s velkým množstvím lezeckých objektů a výstupů. Průvodce obsahuje informace o poloze lezeckých objektů v dané oblasti, nejčastěji formou mapy nebo plánu, popř. souboru map nebo plánů (Obr. 3). Největší část průvodce tvoří popis jednotlivých lezeckých objektů a lezeckých cest na těchto objektech. Popis lezecké cesty obsahuje její název, obtížnost dle klasifikační stupnice, jména autorů cesty (prvovýstupců), datum prvovýstupu a přesný popis směru výstupu. Směr výstupu je popsán buď pouze slovně s využitím přesné lezecké terminologie nebo může být realizován nákresem nebo fotografií lezeckého objektu se zakreslenou lezeckou cestou. U izolovaných skalních objektů jako jsou skalní věže jsou také často využívány nákresy půdorysu.



Obr. 3: Plány skalního města (zdroj: Adršpašské skály – horolezecký průvodce (Lukavský, 2003))

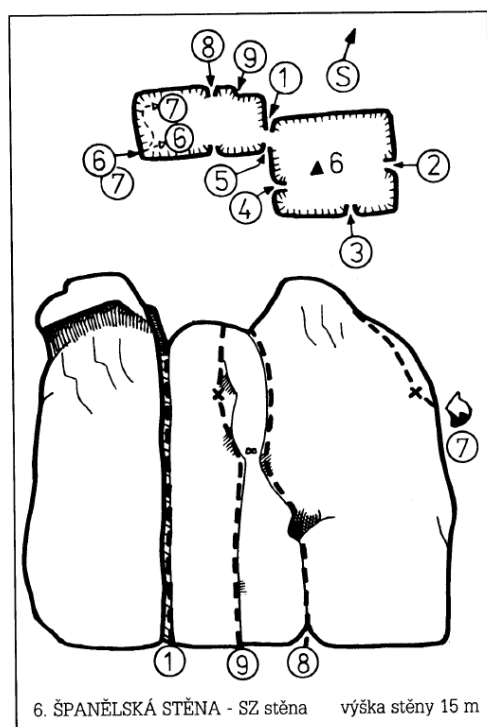
3.2.1 Historie lezeckých průvodců

První lezecký průvodce v kontinentální Evropě (v Británii už i dříve) byla publikace *Der Bergsteiger in der Sächsische Schweiz* autora Rudolfa Fehrmanna z roku 1908. Průvodce zachycuje více než 400 výstupů na 200 věží v oblasti Labských pískovců a je provázený mapkami a nákresy věží (Skalní oblasti ČR, 2020). S dalším rozvojem horolezectví v první polovině 20. st. postupně vznikali další lezečtí průvodci. Příkladem mohou být *Horolezecká cvičení v Prachovských skalách* (Josef Janeba, 1934), stručný přehled československých oblastí s výčtem nejvýznamnějších výstupů nabízí Rudolf Pilát (1938): *Cvičné skály a horolezectví v Československu*.



Obr. 4: Nákres půdorysu skalních věží (zdroj: *Horolezecká cvičení v Prachovských skalách* (Janeba, 1934))

Forma pojetí průvodců se během 20. st. příliš neměnila, pouze se s rostoucím množstvím vykonaných výstupů zvětšoval také rozsah průvodců a přibýlo více kvalitnějších fotografií. Pokud porovnáme popis stejného výstupu v průvodci z 1. pol. 20. st. a v nejnovějším průvodci, budou takřka identické nebo je dokonce možné, že starý průvodce nabídne detailnější a košatější popis výstupu. Novější průvodci zpravidla obsahují více výstupů, a proto jsou autoři nuceni některé popisy cest zkracovat, aby šetřili místem.



Obr. 5: Nákres půdorysu a bokorysu skalní věže (zdroj: Adršpach 500 horolezeckých výstupů (Lisák, 1994))

3.2.2 Moderní přístupy k tvorbě lezeckých průvodců

V posledních letech dochází v lezecké komunitě k většímu využití moderních technologií. Na tvorbu lezeckých průvodců a databáze lezeckých cest se zaměřuje vícero webových stránek a pro orientaci v lezeckých terénech se začínají vyvíjet a používat první mobilní aplikace.

Lezecké databáze na webu

Existuje množství webových stránek určených lezcům s prvky lezeckého průvodce. Tyto stránky obsahují rozsáhlou databázi lezeckých cest a umožňují komentování a zapisování dalších lezeckých cest a přelezy cest stávajících. Často také obsahují žebříček lezců na základě bodování výstupů dle obtížnosti.

První stránkou tohoto typu byla 8a (8a.nu), která vznikla už v roce 1999 a v roce 2003 byla přidána databáze lezeckých cest pro 20 zemí světa (8a.nu, 2020). Tato stránka také dodnes zůstává zejména pro sportovní lezce nejpopulárnější lezeckou stránkou tohoto typu. Měsíčně jsou zde zapsány desítky tisíc výstupů a v žebříčku se poměřují nejlepší lezci světa.

Mezi další podobné stránky patří *theCrag* (thecrag.com), nabízející celosvětově velmi detailní databázi cest. Web *Mountain Project* (mountainproject.com) obsahuje rozsáhlou databázi zejména pro USA, ale i v některých jiných částech světa. Srovnatelnou

databázi má také web *UKClimbing* (ukclimbing.com). Horským výstupům se věnuje web *SummitPost* (summitpost.org).

České lezecké databáze

V České republice je ekvivalentem k webu 8a s velmi podobnou funkcionalitou stránka *Lezec* (lezec.cz). Jedná se o rozsáhlý web s databází lezeckých cest, možností registrace, aktuálními články, fórem a vlastním e-shopem.

Kompletní a ucelenou databázi lezeckých cest poskytuje na svém webu *Český horolezecký svaz* (horosvaz.cz). Jedná se o databázi sloužící zejména pro prohlížení lezeckých objektů a údržbu skal. Funkce komentování nebo zapisování přelezů cest na tomto webu chybí.

Portál *Pískari* (piskari.cz) se věnuje specifickému pískovcovému lezení v Polické pánvi (Adršpašsko-teplické skály, Broumovské stěny, Ostaš). Nabízí databázi cest, ke kterým uživatelé vkládají komentáře a fotografie.

Při reálném využití jsou pro lezce tyto databáze dobrým pomocníkem jednak při výběru lezeckých cest, ale také dohledávání další podrobnosti a rad od jiných lezců. Většinou by však pouze díky databázi na webu nebylo možné vybranou cestu v terénu najít. Ve webových databázích většinou chybí doplňující mapy nebo plány oblasti nebo také nákresy a detailnější popis skály. Z tohoto důvodu – pro svou ucelenost informací – jsou tištění průvodci ve většině případů stále nenahraditelní.

Weby *Goat* (goat.cz) a *Javaanes* (pruvodce.javaanes.cz) se soustředí na lezecké oblasti Moravy. *Goat* sbírá a nabízí ke stažení starší i aktuální průvodce ve formátu PDF podobné tištěným průvodcům. K dispozici je také průvodce pro Tatry, nejedná se však o průvodce lezeckého, ale spíše pro vysokohorskou turistiku. *Javaanes* nabízí možnosti komentování a zapisování přelezů a pro registrované uživatele také export průvodce do PDF. *Javaanes* je jedním z mála komplexních nástrojů, které pro danou oblast lezci poskytují všechny informace, které potřebuje. V roce 2015 vznikla v rámci diplomové práce také přidružená mobilní aplikace přebírající data z webu (Janák, 2015). Aplikace dnes již není dostupná a nahradila ji verze webu optimalizovaná pro mobilní zařízení.

V roce 2004 vznikl na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v rámci bakalářské práce Tomáše Grygara Informační systém lezecké oblasti Hruboskalsko. Informační systém nabízel mimo jiné mapový a databázový obsah. Z dnešního pohledu je však tato práce již značně technologicky zastaralá.

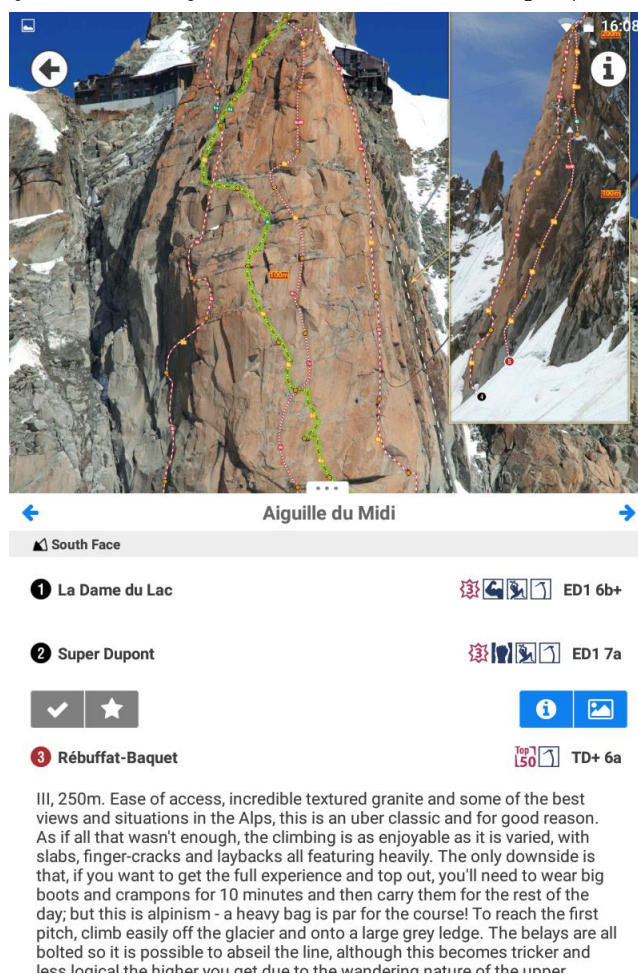
Slovenské lezecké databáze

Alternativou světového webu 8a a českého *Lezec* je na Slovensku web *Climb* (climb.sk). Základní funkcionalita je s předchozími weby prakticky shodná. Pro oblast Vysokých Tater je velmi kvalitním lezeckým průvodcem web *Tatry.nfo* (tatry.nfo.sk). Průvodce nabízí přehledně zpracovanou většinu významných tatranských vrcholů a stěn. Nechybí přesný popis přístupu ke stěně i sestupu a množství fotografií stěn se zákresy lezeckých cest a také nákresy (tzv. topa) jednotlivých cest. Autoři webu nabízejí shodný obsah i ve formě tištěného průvodce.

Mobilní aplikace

Na trhu je v současné době relativně velké množství mobilních aplikací fungujících jako lezecký průvodce a nabízejících alternativu k tištěným průvodcům. Aplikace nabízejí fotografie skalní formace se zakreslenými lezeckými cestami (stejně jako tištění průvodci) a ve většině aplikací se právě prohlížená cesta ve fotografii zvýrazňuje. Jsou dostupné popisy cest včetně jejich obtížnosti, mapy přístupu do skal a další informace ke skalní oblasti (Obr. 6). Kromě mírných odlišností v uživatelském rozhraní se aplikace

odlišují hlavně rozsahem oblastí, které pokrývají. Stažení aplikací bývá zdarma, ale data k jednotlivým lezeckým oblastem je třeba si většinou zakoupit (Tab. 1).



Obr. 6: Mobilní průvodce Rockfax (zdroj: autor)

Přestože se některé aplikace zaměřují na Evropu, pokryty jsou zejména známé oblasti sportovního lezení ve Francii, Španělsku, Itálii, Řecku apod., pro Českou republiku aplikace téměř žádná data nenabízejí. Jedinou aplikací použitelnou v ČR tak je aplikace Skály ČR, která zobrazuje data z databáze skal Českého horolezeckého svazu.

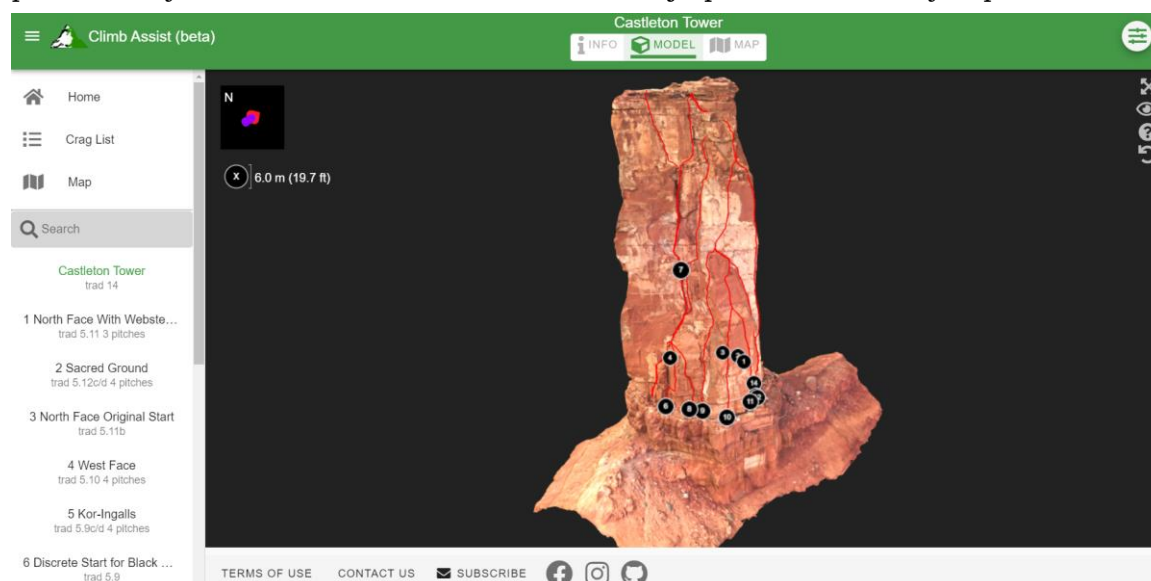
Tab. 1: Přehled mobilních průvodců

	Rozsah oblastí	Cena
Rakkup	USA	Placené
Climb Around	Španělsko	Zdarma
27 Craggs	Evropa + několik dalších oblastí	Placené
Climbing Away	Francie	Placené
Rockfax	Evropa	Placené

Climb Assist

Climb Assist je webový lezecký průvodce, který namísto standartních nákresů a fotografií využívá fotogrammetricky vytvořené 3D modely lezeckých objektů. Do 3D modelu jsou zakresleny všechny lezecké cesty na daném objektu a po kliknutí na cestu se zvýrazní a zobrazí se její popis. V současnosti je průvodce v beta verzi a je dostupný

pro 6 oblastí v USA. Na rozdíl od průvodce prezentovaného v této práci, Climb Assist nenabízí prvky virtuální reality, ani rozšířené reality. Slabinou je samozřejmě také již zmíněná dostupnost, resp. pokrytí lezeckých oblastí. Kromě toho je však výborným příkladem využití moderních vizualizačních nástrojů pro tvorbu lezeckých průvodců.



Obr. 7: Webový lezecký průvodce Climb Assist (zdroj: autor)

El Capitan

Díky spolupráci několika subjektů – firem Blueplanet VR, Hyperacuity a xRez Studio proběhlo v posledních 10 letech v Yosemiteském národním parku několik projektů ukazujících možnosti nejnovějších vizualizačních technologií.

V roce 2010 bylo během 45 min 20 týmy fotografů pořízeno více než 10000 fotografií napříč celým Yosemiteským údolím. Kromě vytvoření 20 panoramatických snímků s velmi vysokým rozlišením, byl také vytvořen digitální model terénu s rozlišením 1 m (blueplanetVR.com, 2010).

V roce 2015 bylo využito propojení fotografií s velmi vysokým rozlišením a rozsáhlého laserového skenování skalní stěny El Capitan. New York Times publikovaly storymapu, která obsahovala vzniklý 3D model a popisovala postup lezců při prvním volném přelezu extrémně obtížné cesty Dawn Wall (xrez.com, 2019).

V roce 2019 byla zveřejněna extrémně detailní fotomosaika stěny El Capitan složená z více než 4000 jednotlivých snímků. Do fotomosaiky byly zakresleny všechny lezecké cesty vedoucí ve stěně a popsány také významné části cest a další známé útvary ve stěně (xrez.com, 2019).

3.2.3 Moderní vizualizační nástroje v outdooru

Fatmap

Služba Fatmap poskytuje rozsáhlou databázi doporučených tras pro sjezdové lyžování, skialpinismus, horskou turistiku, cyklistiku, běh a další aktivity. Trasy jsou zobrazeny na 3D modelu celého světa. K dispozici jsou také vrstvy sklonu a orientace terénu, nadmořské výšky a lavinového nebezpečí.

Sportovní aplikace

Velmi populární jsou v současné době sportovní aplikace, které pomocí GPS v mobilním telefonu nebo ve sportovních hodinkách zaznamenávají sportovní aktivity uživatele. Tyto

aktivity spolu uživatelé navzájem sdílí, komentují a podporují se ve svém sportovním snažení. Nechybí možnost účastnit se různých výzev a navzájem soutěžit. Nejpopulárnější aplikací a zároveň sociální sítí je služba Strava, z dalších např. Endomondo, Garmin Connect, Runtastic.

Relive

Relive je služba pro vytváření videí přeletu nad terénem ze záznamu sportovní aktivity. Aktivity je buď možné zaznamenávat přímo v mobilní aplikaci nebo nahrát z jiných webových sportovních služeb.

3D RealityMaps

Společnost 3D RealityMaps nabízí široký rozsah služeb spojených s 3D vizualizací terénu. Základem je plně interaktivní 3D model horského terénu, ve kterém jsou zakresleny turistické trasy, trasy pro horská kola a další. Tento model je prezentován pod názvem 3D OutdoorGuides jak na webu, tak v mobilní aplikaci. V nabídce je také možnost 3D tisku vybrané části modelu a model je možné prohlížet také ve virtuální realitě. V modelu je možné v reálném čase zobrazovat polohu GPS trackerů, které nesou lidé např. během závodu horských kol. Tato technologie byla využita i v zimě 2019/20, kdy fanoušci mohli sledovat postup Josta Kobusche při jeho pokusu o zimní sólo výstup na Mount Everest.

Zaži Tatry

Mobilní aplikace Zaži Tatry nabízí interaktivní 3D mapu Vysokých Tater. V mapě jsou zakresleny turistické chodníky, lanovky, vrcholy, plesa a chaty. Aplikace je cílena především na turisty, ale pro základní orientaci nebo např. při zhoršení počasí může být užitečná i pro lezce.

3.3 Technologie a metody

3.3.1 Fotogrammetrie

Americká společnost pro fotogrammetrii a dálkový průzkum Země (ASPRS) definuje fotogrammetrii jako „vědu, způsob a technologii získávání přesných informací o fyzických objektech a prostředích pomocí záznamu, měření a interpretace snímků“ (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2018). Dle počtu použitých snímků dělíme fotogrammetrii na jednosnímkovou a stereofotogrammetrii. Jednosnímková fotogrammetrie umožňuje určit pouze 2D souřadnice na snímku a její využití je omezené. Stereofotogrammetrie využívá dvou a více překrývajících se snímků s přibližně rovnoběžnými osami záběru. „Pomocí stereofotogrammetrie můžeme vyhodnotit prostorovou 3D polohu libovolného bodu viditelného na dvou a více snímcích. A protože takových bodů je na překrývajících se snímcích vidět mnoho, lze tak tvořit poměrně husté mračno bodů.“ (Fryčák, 2019). Z dostatečně hustého a kvalitního mračna bodů je následně možné interpolovat povrch 3D modelu.

„Stereofotogrammetrie se díky své univerzálnosti stala velmi rozšířenou a v dnešní době je nejvíce využívaným odvětvím fotogrammetrie. Využití nachází v mnoha oborech (např. dálkový průzkum, stavebnictví, archeologie, kriminalistika, strojírenství nebo filmový a herní průmysl).“ (Fryčák, 2019).

Rekonstrukce skalních útvarů a horských terénů pomocí fotogrammetrie

Využití fotogrammetrie pro rekonstrukci skalních útvarů a horských terénů má určitá specifika v porovnání s rekonstrukcí menších objektů. Hlavním specifikem je volba

technologie snímkování. Od výšky snímaného objektu několik desítek metrů a více je téměř jedinou variantou pro dosažení kvalitních výsledků volba leteckého snímkování. Pro skalní útvary je z hlediska manévrovatelnosti, nákladů a jednoduchosti ovládání ideální využití bezpilotních řešení (tzv. UAV), konkrétně dronů, které v posledních letech zažívají velký rozmach. Pro větší a rozlehlejší horské terény by připadalo v úvahu také využití letadla, popř. vrtulníku, je však třeba počítat s řádově vyššími náklady oproti využití dronu.

Využití fotogrammetrie pro studium horského terénu má relativně dlouhou historii. Jedním z prvních projektů bylo mapování plazení permafrostu v rámci ledovce Gruben ve švýcarských Alpách. Mezi lety 1970 a 1995 byly pořizovány letecké snímky a s využitím fotogrammetrie zkoumány změny ledovce (Kaab et al., 1997). V roce 2002 vytvořil M. Buchroithner z univerzity v Drážďanech z pouhých 2 leteckých snímků s využitím tehdejších technologií digitální model severní stěny Eigeru. Do modelu byly poté také zakresleny nejvýznamnější lezecké cesty v této stěně a porovnány jejich příčné profily (Buchroithner, 2002).

Aktuálnější příkladem může být vědecká práce využívající fotogrammetrických metod ke sledování a modelování skalních sesuvů v italských Alpách v masivu Mont Blancu (Curtaz et al, 2014). Z komerční sféry stojí za zmínku mapování Matterhornu, které provedla v roce 2013 společnost Pix4D. Během 11 letů dronu bylo pořízeno 2188 snímků, ze kterých byl poté fotogrammetricky vytvořen digitální 3D model hory (Pix4D, 2013).

V současnosti jsou technologie fotogrammetrie široce dostupné a díky tomu také dochází k velkému rozmachu jejich využívání. Například na webu Sketchfab lze nalézt velké množství modelů skal různé kvality, které ukazují, jak s touto technologií experimentují uživatelé z celého světa.

3.3.2 Laserové skenování

„Laserové skenování neboli LiDAR (Light Detection And Ranging) je další exaktní metodou měření geometrických informací.“ (Fryčák, 2019). Principem je, že laserový skener vyše paprsek, ten se odrazí od snímaného objektu zpátky do skeneru a ten změří čas letu paprsku. Zná-li skener rychlost paprsku a čas jeho letu, může spočítat vzdálenost měřeného bodu. Laserový skener je takto schopný přesně změřit tisíce bodů během několika vteřin. Ze získaného mračka bodů je poté, stejně jako v případě fotogrammetrie, možné interpolovat povrch 3D modelu. V praxi se využívá jak pozemního skenování, tak skenování ze vzduchu se skenerem upevněným na dronu nebo letadle. Z důvodů vyšších pořizovacích nákladů a komplikovanějšího použití zůstává metoda LiDAR doménou specializovaných pracovišť (výzkumných ústavů a profesionálů z firem) a širokou veřejností není tolik využívána.

Rekonstrukce skalních útvarů a horských terénů pomocí technologie LiDAR

Modelování skalních útvarů pomocí laserového skenování lze využít například pro sledování diskontinuit ve skalních blocích a jimi způsobenou nestabilitu skalního útvaru (Assali et al, 2014). V náročných klimatických podmínkách bylo laserové skenování využito na Špicberkách k modelování toku Scott river (Kociuba et al, 2014) a posloužilo také ke zkoumání geomorfologie jeskyně Domica ve Slovenském krasu (Gallay et al, 2015). Stejný tým z Ústavu geografie Univerzity v Košicích v roce 2017 využil LiDAR společně s fotogrammetrií k vytvoření 3D modelu Malé Studené doliny ve Vysokých Tatrách (Šašák et al, 2019). Tyto data jsou v této práci dále zpracovávána.

3.3.3 Virtuální realita

Virtuální realita (VR) je pro účely této práce považována za další z pokročilých vizualizačních nástrojů. Virtuální realitu je možné definovat více způsoby. Autorem jedné z nejčastěji používaných definic je George Coates (Zemánek, 2018). Definici publikoval v roce 1992 a zní takto: „Virtuální realita je elektronická simulace prostředí zprostředkovaná skrze brýle upevněné na hlavě a příslušenství a umožňuje uživateli interagovat s reálnými trojrozměrnými situacemi.“

V roce 2011 Fuchs, Moreau a Guitton publikovali knihu *Virtual Reality: Concepts and Technologies*, kde nabízí širší pohled a složitější definici, Bukvald (2017) ji překládá a cituje takto: „Virtuální realita je vědní a technická doména, která používá počítačovou vědu a behaviorální rozhraní k simulaci chování 3D entit ve virtuálním světě, které vzájemně působí v reálném čase mezi sebou a s jedním nebo více uživateli v pseudo-přírodní imerzi skrze senzomotorické kanály.“

Silnou stránkou virtuální reality je intenzivní a kvalitní zážitek, který tato technologie při správném použití umožňuje. Se stále stoupajícím výpočetním výkonem dnešních počítačů je možné vytvářet aplikace VR, které jsou téměř k nerozeznání od reality. Slabinou nadále zůstávají pro běžného uživatele relativně vysoké pořizovací náklady. Alternativou je řešení typu Google Cardboard, kvalita zážitku však výrazně zaostává. Postupem času a do budoucna lze předpokládat, že se zlevňováním VR headsetů a přibýváním VR obsahu se slabiny budou zmenšovat a výrazně převáží výhody této technologie. Z tohoto důvodu má virtuální realita do budoucna značný potenciál.

Využití virtuální reality pro propagaci

Za jedno z nejrozšířenějších využití virtuální reality můžeme považovat Google Street View. Je možné ho prohlížet jak na samotném počítači, tak v brýlích pro virtuální realitu. Kromě standartního pokrytí sítě silnic a ulic nabízí také 360° snímky z hůře dostupných míst světa, jako je masiv Mont Blancu, skalní stěna El Capitan v Yosemiteském národním parku nebo Base Camp pod Mount Everestem. Podobný obsah nabízí firma Mammut. V roce 2014 bylo v rámci akce nazvané #PROJECT360 pořízeno množství 360° videí a fotografií z nejznámějších vrcholů Evropy, Mount Everestu, El Capitana a The Rectory.

Možnosti využití VR pro propagaci nového produktu předvedla firma Merrell v roce 2015. V rámci uvedení nové turistické obuvi do prodeje byla představena virtuální realita, ve které se účastníci procházeli po vratkém mostu v Dolomitech. Pro sledování pohybu účastníků byly v prostoru instalovány senzory pohybu a pro dosažení maximální věrohodnosti byla zbudována část mostu a skalní stěny (mbryonic.com, 2019).

3.3.4 Rozšířená realita

Furht (2011) definuje rozšířenou realitu (AR) jako zobrazení reálného prostředí, jehož prvky ve spojení s počítačem generovanými prvky vytvářejí smíšenou realitu. K propojení typicky dochází v reálném čase a v kontextu s prvky reálného prostředí. S využitím nejnovějších metod a technologií rozšířené reality se informace o okolním reálném světě stávají interaktivními.

Základní dělení rozšířené reality je podle trackování (Stejskal, 2016). Marker-based AR využívá pro umístění virtuálních prvků do reálného prostředí tzv. markery – nejčastěji černobílé značky. Na druhé straně je Location-based AR, které virtuální prvky do reálného prostředí umísťuje na základě polohy uživatele a polohy daného prvku.

Rozšířená realita v outdooru

Vedle jiných oblastí rozšířená realita nachází využití také v outdooru. Nejrozšířenějším využitím jsou mobilní aplikace umožňující pomocí AR snadnou identifikaci význačných míst v horském terénu – vrcholů a sedel. Mezi tyto aplikace patří například *PeakLens*, *Mountains AR*, *ShowMeHills*, *PeakFinder* a několik dalších. Funkcionalita těchto aplikací je založena na GPS a digitálním kompasu v mobilním zařízení, přesnost těchto technologií je také jejich hlavní limitací. Některé aplikace využívají pro přesnější zobrazení vrcholů digitální model reliéfu. Jiné aplikace navíc také experimentují s rozpoznáním horizontu pro zpřesnění AR (Porzi et al, 2014, Porzi et al, 2016). Testováním bylo prokázáno, že tyto aplikace zlepšují orientaci v terénu (Carbonnel Carrera a Bermejo Asensio, 2017).



Obr. 8: Rozšířená realita v aplikaci PeakLens (zdroj: peaklens.com)

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Pro prozkoumání možností využití moderních vizualizačních nástrojů k tvorbě lezeckého průvodce byly pro zpracování zvoleny dva výrazně odlišné skalní útvary ve dvou odlišných oblastech. Při volbě skalních útvarů a oblastí hrála velký vliv dostupnost vhodných dat pro tvorbu průvodce. Na základě rešerše bylo vytipováno několik skalních objektů vhodných pro tvorbu průvodce.

4.1 Mnich, Prachovské skály

Pro první část průvodce bylo rozhodnuto, že bude vybrán objekt z některé z pískovcových lezeckých oblastí České republiky, a to z důvodu světově unikátního lezení v těchto oblastech a také převahy izolovaných skalních věží oproti masivům. Bylo předpokládáno, že skalní věže budou z hlediska vizualizace atraktivnější, což se také později v práci potvrdilo. Dalším kritériem bylo minimální množství překážek, zejména zeleně, zakrývající část nebo celý skalní útvar a tím znemožňující letecké snímkování. Tímto kritériem byla vyřazena například téměř celá oblast Adršpašských skal. Na konečný výběr z několika kandidátů, měla poté vliv existence již pořízené sady snímků vhodných pro daný účel.

4.1.1 Fotogrammetrické zpracování modelu

Prvním krokem v tvorbě interaktivního lezeckého průvodce bylo zpracování 3D modelu. Během postupu fotogrammetrického zpracování modelu bylo čerpáno z práce Filipa Fryčáka *Tvorba 3D tiskových modelů z fotogrammetrických dat* (2019), ve které je k dispozici detailnější popis a vysvětlení zde použitých postupů.

Pro fotogrammetrické zpracování snímků byl použit software Agisoft Metashape Standard. Po importu snímků byla nejdříve na všech snímcích pomocí nástroje *Intelligent Scissors* tzv. vymaskována pouze ta část snímku, na které se nachází objekt zájmu. Tímto krokem je zajištěno, že při veškerém dalším postupu bude software brát v potaz pouze vybranou část snímku. Tím byla zajištěna vyšší kvalita modelu a ušetřeno množství času při mazání nežádoucích bodů. Všechny další úkony se poté odehrávaly v záložce *Workflow*. Snímky byly zarovnány (příkaz *Align Photos*, parametr *accuracy: high*) a bylo vygenerováno husté mračno bodů (*Build Dense Cloud*, kvalita *medium*).

Navzdory maskování snímků byly vygenerovány některé body zcela mimo oblast zájmu. Tyto body byly odstraněny. V dalším kroku byla rekonstruována polygonová síť (příkaz *Build Mesh* s parametry *surface type: arbitrary*, *face count: high*). Jako poslední krok tvorby modelu byla generována textura (*Build Texture*, rozlišení 4096 px). Výsledný model včetně textury byli exportováni ve formátu obj.

4.1.2 Úprava modelu

V druhé části zpracování modelu byly řešeny drobné problémy, kterých se nelze při generování modelu plně vyvarovat. V softwaru Autodesk Meshmixer byly vybrány a smazány izolované části modelu.

Dále byla textura ve formátu jpg importována do programu Adobe Lightroom. Kombinací nastavení kontrastu, expozice, stínů, saturace a parametrů *vibrance* a *clarity* bylo dosaženo optimálního vzhledu textury, která byla poté, při zachování původního formátu, exportována pro další práci.

4.1.3 Přidání doplňujících prvků

Dalším krokem bylo na připravený model zakreslit polohu lezeckých cest. Pro přesné zakreslení cest bylo čerpáno z popisů a plánek v tištěném lezeckém průvodci (Prachovské skály – horolezecký průvodce, Petrůň, Koťátko, 2007). Informace o nejnovějších cestách byly doplněny z databáze Českého horolezeckého svazu. Věž Mnich je v těsném sousedství několika dalších menších věží, které jsou také součástí modelu (Obr. 9). Proto byl model v souladu s lezeckým průvodcem pro zakreslení cest rozdělen na 3 části – samotnou věž Mnich, věž Velký Kapucín a třetí část tvořenou věžemi Želva a Želvička. Model samotný nebyl nijak dělen, ale vznikly tři geometricky identické modely, na kterých jsou vždy zakresleny jen lezecké cesty vedoucí na danou věž/věže.



Obr. 9: Věže Mnich (1), Velký Kapucín (2), Želva (3) a Želvička (4) (zdroj: autor)

Blender

Pro zakreslení cest byl využit software Blender. Blender je velmi komplexní software nabízející téměř nepřeberné množství možností pro úpravu 3D grafiky. To umožňuje jeho využití pro široké spektrum činností, avšak pro uživatele bez jakýchkoli zkušeností s prací v tomto programu je náročné se v jeho rozhraní zorientovat. Z důvodu do jisté míry přehlednějšího rozhraní a zároveň většího množství dostupných návodů na internetu, bylo pracováno ve starší verzi 2.79b.

Po importu modelu s texturou do softwaru Blender a jeho přibližném zarovnání na střed pracovní plochy, bylo pro úpravu textury třeba přejít do módu *Texture Paint*. Další práce se odehrávala v panelu v levé části obrazovky. V záložce *Tools* se nachází veškeré nastavení štětce. Pro zakreslení cest byl použit výchozí štětec s červenou barvou, poloměrem 5 px a silou 0,7. Protože poloměr štětce je definován v pixelech, bylo pro udržení stejné tloušťky čáry nutné udržovat od modelu po celou dobu kreslení přibližně stejnou vzdálenost. Po většinu práce byla využita možnost vyhlazení stopy

s nastavením: poloměr 20 px a faktor 0,9. Celkově bylo do tří modelů zakresleno 48 lezeckých cest a jejich variant.

Adobe Illustrator

Zakreslené cesty bylo dále nutné identifikovat a připojit k nim jejich popis. Původním záměrem bylo využít funkce tzv. anotací ve službě Sketchfab. Toto ale neumožnilo omezení služby na pouhé čtyři anotace na jeden model a pro tuto práci nepřijatelná cena za větší počet. Během řešení se nepodařilo najít alternativu, která by nabízela všechny klíčové funkce služby Sketchfab a zároveň neměla takového omezení. Jako alternativní řešení bylo zvoleno vložení číslování cest přímo textury.

Pro tento účel posloužil program Adobe Illustrator, do nějž byl nahrán JPG soubor textury. Do textury byl vložen ke každé cestě jeden nebo více bílých kruhů s číslem uprostřed (Obr. 10). Číslování odpovídá pořadí cest v lezeckém průvodci, posloupnost je následující: „Cesty jsou popisovány za sebou počínaje obvykle nejlehčí cestou (Stará cesta nebo Normální cesta) a okolo celé věže po směru hodinových ručiček.“ (Prachovské skály – horolezecký průvodce, Kořátko, Petrůň, 2007). Varianty cest jsou odlišeny malými písmeny. Protože na samotné textuře je obtížné rozeznat některé cesty, bylo třeba vložit některé číslování částečně naslepo, texturu exportovat, zobrazit model s upravenou texturou a podle něj texturu dále upravovat. Celý postup byl několikrát zopakován, dokud nebylo dosaženo uspokojivého rozmístění číslování na textuře. Přestože tento postup nebyl zcela ideální, byl relativně efektivní a lepší způsob vkládání vektorové grafiky do textury nebyl nalezen. Hotové modely byly následně vloženy do webové prezentace, kterou detailně popisuje kapitola 4.5.



Obr. 10: Detail zakreslení cest na texturu (zdroj: autor)

4.2 Ládový štít, Malá Studená dolina, Vysoké Tatry

Pro druhou část lezeckého průvodce bylo zvoleno vysokohorské prostředí Vysokých Tater na Slovensku. Pro volbu konkrétní doliny a skalní stěny hrála klíčovou roli existence vhodných dat. Nejdetaillnější volně dostupná data jsou s rozlišením 1 m/pixel DMR 5.0, poskytovaná Geodetickým a kartografickým ústavem Bratislava. Data DMR 5.0 jsou dostupná pro celé pohoří, jejich rozlišení však není dostatečné pro detailní model některé ze stěn. Pro tento účel se podařilo získat velmi detailní data vzniklá kombinací metod laserového skenování a fotogrammetrie týmem z Ústavu geografie UPJŠ v Košicích (více v kapitole 2.2). Data pokrývají horní část Malé Studené

doliny, v úvahu tak přicházelo několik stěn. Pro svou největší velikost, a tudíž zajímavost pro vizualizaci a zároveň husté pokrytí mračnem bodů byla vybrána JV stěna Ľadového štítu. Pro celkovou orientaci v dolině a identifikaci nejvýznamnějších vrcholů byl vytvořen také méně detailní model celé Malé Studené doliny. K jeho zpracování byla použita data DMR 5.0.

4.2.1 Zpracování dat

Zpracování modelů se oproti zpracování věže Mnich lišilo. Vstupem nebyly letecké snímky, ale mračno bodů a digitální model terénu v rastrovém formátu. Do výsledného modelu nebyly zakresleny lezecké cesty. Důvodem nebyla nedostatečná kvalita samotného modelu, ale kvalita dostupných materiálů pro identifikaci a umístění cest. Špatně nebo nepřesně zakreslené cesty by mohly být pro uživatele matoucí, ne-li přímo nebezpečné, a bylo proto rozhodnuto ponechat model čistý.

JV stěna Ľadového štítu

Pro zpracování mračna bodů byly použity programy Cloud Compare a Meshlab. Mračno bodů ve formátu las bylo importováno do programu Cloud Compare. Pomocí nástroje *Segment* byla z mračna vyříznuta pouze jeho část pokrývající vybranou stěnu. Tato část mračna bodů byla exportována ve formátu ply. Další zpracování probíhalo v programu Meshlab. Po importu ply souboru byly příkazem *Compute normals for point sets* vypočítány normály. Následně byla příkazem *Screened Poisson Surface Reconstruction* interpolována trojúhelníková síť. Ideální hodnota *Reconstruction depth* byla na základě pokusů zvolena 10, ostatní parametry byly ponechány výchozí. Protože vzniklá síť je extrapolována i mimo původní mračno bodů, je nutné ji ořezat (Obr. 11).



Obr. 11: Model JV stěny Ľadového štítu před ořezáním (zdroj: autor)

K ořezu byly použity příkazy *Select faces with edges longer than* (*Edge Threshold* = 1) a poté *Remove Isolated pieces (wrt Diameter)*, u kterého v tomto případě funguje dobře ponechání výchozí hodnoty. Hrany modelu byly dále ještě ručně po částech ořezány, dokud nebylo dosaženo uspokojivého vzhledu modelu. Na konec celého postupu je vhodné pro dosažení topologické čistoty aplikovat nástroje ze sekce *Repairing and Cleaning*, zejména tyto:

- *Remove Isolated pieces (wrt Diameter)*
- *Remove Duplicate Faces*
- *Remove Faces from Non Manifold Edges*
- *Remove Unreferenced Vertices*
- *Remove Zero Area Faces*
- *Select Non Manifold Vertices*

Fryčák (2019) dále doporučuje pro zmenšení počtu polygonů v síti využít nástroj *Quadric Edge Collapse Decimation*. V tomto případě se však tento nástroj neosvědčil, protože vznikalo množství děr v modelu a přímek vybíhajících z modelu všemi směry. Vzhledem k počtu polygonů výsledného modelu cca 1 700 000 a velikosti 59 MB ani zjednodušování polygonové sítě nebylo nutné.

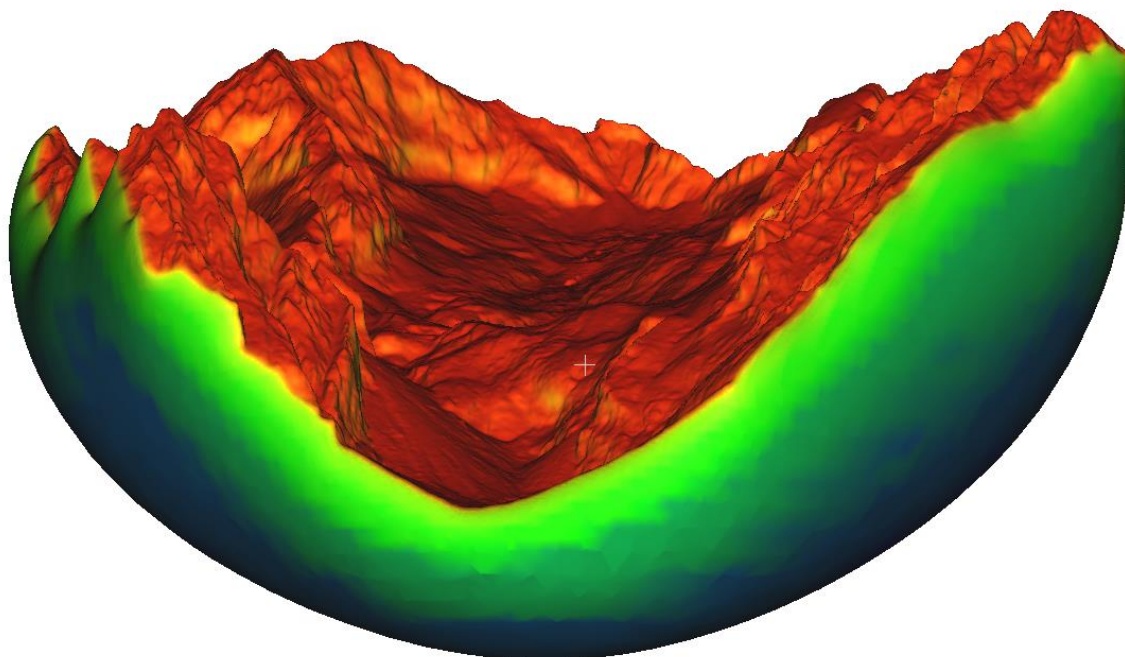
K tomuto modelu nebyly k dispozici georeferencované fotografie pro tvorbu plnohodnotné textury. Obarvení modelu bylo převzato čistě z barev mračna bodů, přesto, díky hustotě a kvalitě mračna bodů, je výsledný model velmi kvalitní.

Malá Studená dolina

V případě modelu celé Malé Studené doliny bylo třeba již hotový digitální model reliéfu (DMR), avšak v rastrovém formátu, převést do 3D modelu tvořeného polygonovou sítí. V prvním kroku byl v programu ArcMap převeden DMR z formátu ESRI Grid na ASCII textový soubor.

Generování polygonové sítě poté proběhlo v programu Cloud Compare. Při importu TXT souboru do Cloud Compare bylo nutné zvolit import jako *RASTER grid (*.*)*. Při importu jako *ASCII cloud* program očekává jinou strukturu souboru a import neproběhne korektně. Po importu bylo třeba mračnu bodů spočítat normály, tato možnost se nachází v nabídce *Edit – Normals – Compute*.

Dalším krokem bylo samotné generování polygonové sítě. Dialog pro aplikování algoritmu *Poisson Surface Reconstruction* se nachází v záložce *Plugins*. *Octree depth* byla zvolena 10 a pro snadnější další zpracování bylo zaškrtnuto pole *output density as SF*. Tato možnost k výsledné polygonové síti, do tzv. *scalar field*, ukládá informaci, jaká byla hustota mračna bodů v daném místě. Ostatní parametry byly ponechány výchozí.



Obr. 12: Model Malé Studené doliny před ořezáním (zdroj: autor)

Algoritmus se vždy pokusí vygenerovat uzavřenou polygonovou síť, kterou je v případě zpracování modelu reliéfu nutné následně oříznout (Obr. 12). Ořez vzniklé polygonové sítě by bylo možné provést manuálně, ale to by bylo zbytečně časově náročné. Efektivnějším řešením bylo využít filtrování pomocí hodnoty *scalar field*. V levé části programu v okně *Properties* lze interaktivně pomocí posuvníku síť filtrovat. V tomto kroku je žádoucí eliminovat co nejvíce polygonů vně původního mračna bodů. Při příliš silném filtrování však začnou vznikat díry ve skalních stěnách, čehož je třeba se vyvarovat. Toto se děje, protože v místech téměř kolmých skalních stěn je, stejně jako vně původního mračna bodů, relativně malá hustota původního mračna bodů vzhledem k povrchu modelu.

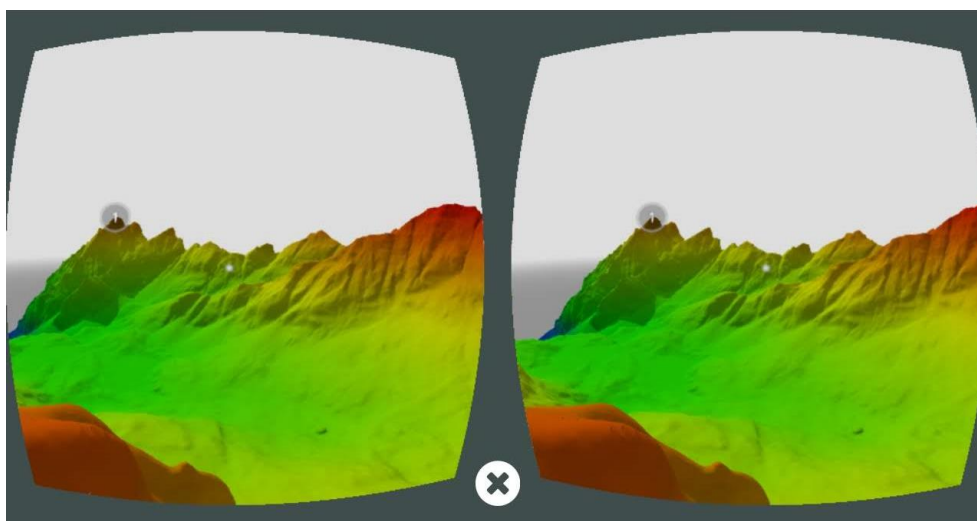
Po nastavení ideální hodnoty pro filtrování byl oříznutý model vygenerován pomocí nabídky *Edit – Scalar fields – Filter By Value*. Aby byl model přehledný, jednoduchý pro orientaci a zároveň na něm vynikly všechny tvary terénu, bylo rozhodnuto ponechat model bez textury. Model byl pouze obarven podle nadmořské výšky pomocí nástroje *Edit – Colors – Height Ramp*. Výsledný model tvořený cca 2 700 000 polygony byl exportován do formátu ply.

Oba modely byly následně prostřednictvím služby Sketchfab vloženy do webové prezentace, kterou detailně popisuje kapitola 4.5.

4.3 Virtuální realita

Prvek virtuální reality je v interaktivním průvodci realizován prostřednictvím vestavěné funkcionality služby Sketchfab. U všech modelů je v pravém dolním rohu k dispozici tlačítko pro přechod do prostředí virtuální reality. Pro zobrazení modelu ve virtuální realitě lze využít mobilní telefon ve spojení s jednoduchým headsetem, do kterého je telefon vložen. Prohlížet lze model buď přímo z webové stránky průvodce nebo lépe v mobilní aplikaci Sketchfab (Obr. 13). V aplikaci jsou ovládací prvky prohlížeče 3D modelů lépe přizpůsobeny pro zobrazení ve virtuální realitě. Další možností je spuštění

z prohlížeče počítače s připojeným headsetem pro virtuální realitu. Podporována je většina v současnosti dostupných headsetů (Sketchfab, 2020).



Obr. 13: Virtuální realita v mobilní aplikaci Sketchfab (zdroj: autor)

4.4 Rozšířená realita

Rozšíření realita slouží v tomto interaktivním lezeckém průvodci jako další důležitý prvek. Rozšířená realita může přinášet množství doplňujících informací týkajících se okolí uživatele. V tomto případě si za hlavní cíl klade pomoci uživateli se zorientovat ve specifickém členitém skalním terénu.

Knihovna AR.js

Prostředí rozšířené reality bylo naprogramováno s využitím javascriptové knihovny AR.js. Byla využita tzv. Location-based větev této knihovny, umožňující zobrazení prvků na základě jejich polohy definované souřadnicemi. Celá knihovna a zejména její Location-based větev jsou velmi mladé a procházejí rychlým vývojem. Mimo jiné během tvorby práce byl původně samostatný projekt GeoAR.js připojen k projektu AR.js a na konci března byla publikována pro tuto práci důležitá funkcionality Always face user.

4.4.1 Vývoj rozšířené reality

Samotný vývoj webové aplikace probíhal s využitím návodu na stránce Medium, oficiální dokumentace ke knihovnám AR.js a A-Frame a ukázkových kódů na GitHubu (Medium, 2019, AR.js, 2020, GitHub, 2020). Programování probíhalo v programu PSPad a průběžně byl výsledek publikován a testován skrze vlastní adresář na GitHubu.

Import knihoven

Rozšířená realita byla naprogramována v HTML. V hlavičce dokumentu jsou importovány javascriptové knihovny nutné pro správnou funkci rozšířené reality. Klíčovou komponentou je knihovna A-Frame, zajišťující renderování obsahu rozšířené reality. Importována je také důležitá funkcionality Always face user. Mezi hlavičkou a tělem dokumentu jsou dále importovány CSS soubory definující použité stylování, použitý font a set ikon Font Awesome. Pro zachování stejného vizuálního stylu se zbytkem webové stránky byl importován také styl W3.CSS. Soubor *w3.css* není připojen odkazem na web W3.CSS, ale lokálně. Soubor bylo třeba upravit, aby nedocházelo ke konfliktu se stylováním těla stránky rozšířené reality (upravený soubor *w3.css* je součástí příloh).

Tlačítko

Jediným prvkem nad rámec samotné rozšířené reality je tlačítko umožňující propojení se zbytkem webové prezentace. Tlačítko je nastýlováno pomocí souborů *index.css* a *w3.css*. Soubor *index.css* definuje pozici tlačítka, zatímco soubor *w3.css* definuje jeho vzhled. Jako obsah tlačítka je použita ikona šipky vlevo ze setu Font Awesome.

Obsah rozšířené reality

Jako kontejner objímající celou aplikaci rozšířené reality slouží prvek *a-scene*. Na jeho začátku je základní definice prostředí rozšířené reality, poté následuje samotný obsah a na jeho konci se nachází prvek *gps-camera*, sloužící ke kalkulaci polohy a rotace uživatele a jeho vzdálenosti od prvků rozšířené reality.

Cílem bylo do prostředí rozšířené reality vložit body s popisem odpovídající místům v okolí uživatele. Tutoriál (Medium, 2019) popisuje tři možnosti, jak vkládat do prostředí prvky. Protože bylo záměrem vkládat ručně vybrané body, možnost dynamického načítání bodů ze vzdáleného serveru nepřipadala v úvahu. Jako ideální se jevila možnost staticky načítat body pomocí Javascriptu. Výhodou tohoto řešení by bylo zachování HTML kódu jednoduchého a přehledného. Ani po relativně dlouhé době experimentování s tímto řešením se ho však nepodařilo dovést do funkčního stavu.

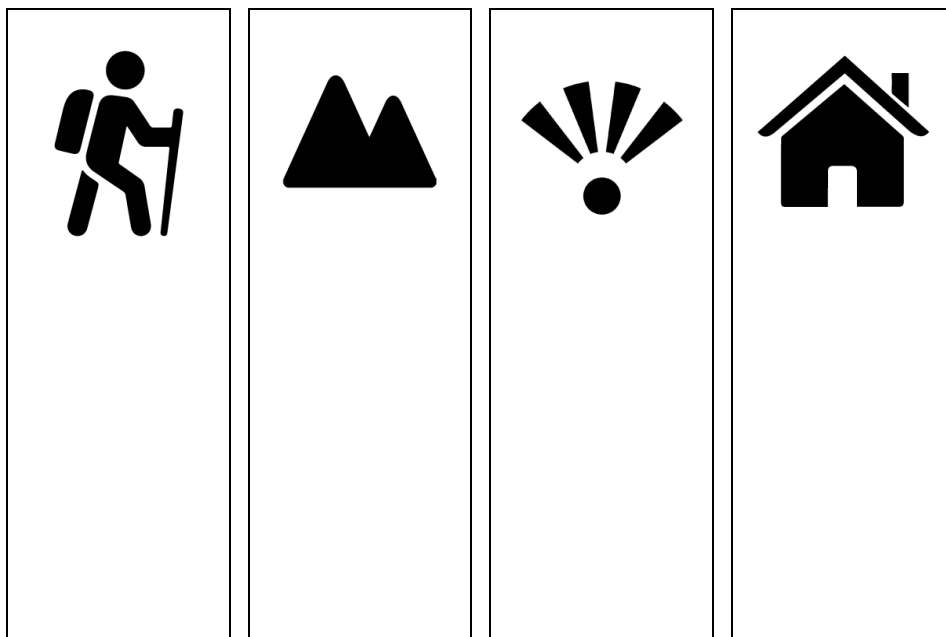
Jako poslední, třetí možnost se nabízelo vkládání bodů s využitím čistě HTML. K tomuto lze použít jakékoliv A-Frame prvky. V tomto případě byly jako vhodné prvky zvoleny *a-image* pro přidání ikony k bodu a *a-text* pro popis bodu. K těmto základním prvkům knihovny A-Frame je nutné pro zobrazení v rozšířené realitě přidat pro AR.js specifické vlastnosti *gps-entity-place* a *look-at*. Vlastnost *gps-entity-place* umožňuje každému prvku zadat souřadnicemi polohu v prostoru. Druhá vlastnost ve znění *look-at="[gps-camera]"* definuje, že prvek bude vždy směřovat na uživatele.

```
<a-image src="hora3.png" look-at="[gps-camera]" scale="10 20 20"
gps-entity-place="latitude: 50.4668056; longitude: 15.2856944;">
</a-image>
<a-text value="Zub" align='center' baseline="top" z-offset="0.01"
look-at="[gps-camera]" scale="20 20 20" gps-entity-place="latitude:
50.4668056; longitude: 15.2856944;"> </a-text>
```

ukázka zdrojového kódu k vložení jednoho bodu s popisem

Tímto způsobem bylo vloženo celkem 206 bodů. V oblasti Prachovských skal bylo vloženo 161 bodů reprezentujících všechny věže z lezeckých sektorů Hromová rokle, Skalní město, Krkavčí skály, U Mouřenína a Babinec. Dále pak 10 bodů pro všechny vyhlídky ve stejné oblasti. V oblasti Malé Studené doliny ve Vysokých Tatrách bylo vloženo 15 bodů popisujících všechny významné vrcholy a sedla, 19 bodů značících trasu výstupu tzv. Jordánovou cestou na Lomnický štít a 1 bod pro Téryho chatu.

Pro reprezentaci skupin bodů bylo vytvořeno několik ikon (Obr. 14). Aby nedocházelo ke konfliktu mezi ikonou a popisem bodu, bylo nutné ikonu vytvořit větší než grafiku na ikoně. Samotnou grafiku poté situovat do horní části ikony a spodní část ponechat průhlednou. Pro změnu velikosti ikon slouží parametr *scale*, jeho hodnota byla na základě testování laděna pro každou skupinu bodů. Protože při renderování je ikona směrem nahoru perspektivně zkreslena, parametr *scale* byl vždy nastaven v ose x na polovinu hodnoty v osách y a z.



Obr. 14: Sada ikon pro rozšířenou realitu – zleva trasa Jordánovy cesty; věže, vrcholy a sedla; vyhlídka; chata (zdroj: autor)

Problém překrývajících se popisů

Během následného testování vyvstal problém překrývajících se popisů bodů. Při zobrazení velkého množství bodů na jednom místě se popisy překrývají a stávají obtížně čitelné. Pro vyřešení tohoto problému bylo během vývoje aplikace testováno několik možných řešení.

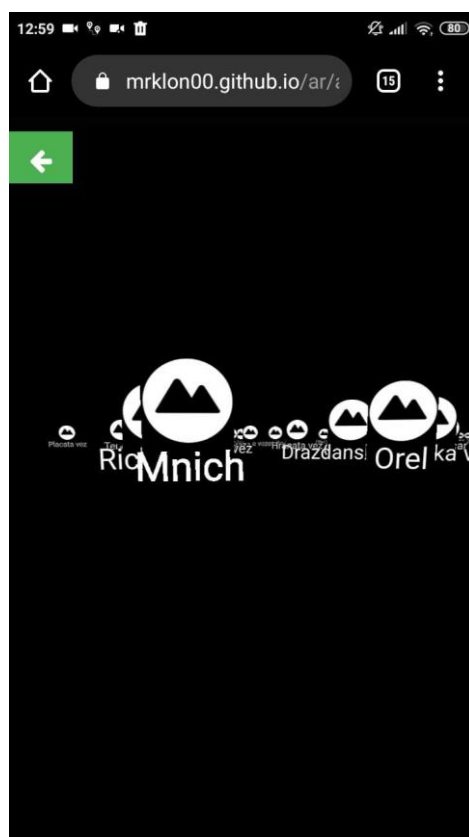


Obr. 15: Výsledná aplikace při zobrazení velkého počtu bodů (zdroj: autor)

Řešením by mohla být vlastnost textu *transparent*, jejíž výchozí hodnotou je *true*. Všem bodům byla nastavena hodnota *false*, při testování se však žádná změna neprojevila. Jako další možnost řešení problému bylo testováno různé nastavení parametru *z-offset*. Tento parametr zajišťuje, aby nedocházelo ke konfliktu mezi ikonou a popisem. Byly testovány hodnoty 0,1; 0,01; 0,001; 0; -0,1. Žádná z hodnot problém neřešila, naopak hodnoty menší než 0,01 způsobovaly problikávání textu. Při testování bylo pozorováno, že průhledná část ikony zakrývá některé prvky za sebou. Toto se nabízelo jako další možnost řešení překrývání popisů. Průhledná část ikony byla rozšířena na zhruba trojnásobek původní šířky. Ani tento postup však při testování nepřinesl uspokojivé výsledky. Další testované řešení využívalo parametru *wrap-count*, ten definuje po kolika znacích se má lámat řádek textu. Výchozí hodnota 40 byla změněna na 10 a posléze 8. Předpokladem bylo, že zkrácením řádků (některé popisy měly přes 20 znaků), se omezí překrývání popisů. V praxi se však toto řešení neosvědčilo, naopak výsledný efekt byl spíše horší než původní stav. Jako další možnost bylo testováno využití vlastnosti prvku *gpscamera*. Tento prvek má parametr *minDistance*, po jehož nastavení se nezobrazují body blíže než daná hodnota. Pro účel této aplikace by byl užitečný opačný parametr – zobrazovat pouze prvky, blíže než daná hodnota. Oficiální dokumentace se však bohužel o takovém parametru nezmiňuje a ani testování neukázalo, že by existoval parametr *maxDistance*, který by fungoval tímto způsobem.

4.4.2 Dvě verze rozšířené reality

Po zdlouhavém testování a snaze přehledným způsobem zobrazit všech 161 věží Prachovských skal, bylo rozhodnuto pro demonstraci možností použité technologie vytvořit dvě verze rozšířené reality. Pro hlavní verzi bylo ze všech 161 věží vybráno 55 nejvýznamnějších. Tím bylo dosaženo uspokojivé přehlednosti, při zachování možnosti uživatele zorientovat se v terénu. Bylo ze zkušenosti autora z pohybu v podobných terénech předpokládáno, že pokud se uživatel dokáže přibližně zorientovat pomocí vybraných významných věží, orientace mezi přilehlými menšími věžemi už nebude problémem. Do druhé verze aplikace bylo vloženo všech 161 věží a 10 vyhlídek. Tato verze naopak ukazuje částečné limitace, resp. možnosti dalšího vývoje aplikace i použité technologie. Body z oblasti Vysokých Tater jsou v obou verzích vloženy všechny, bodů není taková hustota, a proto zde nebyl problém s přehledností aplikace. Obě verze jsou dostupné skrze webovou prezentaci.



Obr. 16: Verze aplikace s optimalizovaným počtem věží v Prachovských skalách (zdroj: autor)

4.5 Webové stránky

Všechny výsledky práce jsou shromážděny a prezentovány prostřednictvím webových stránek. Webové stránky se skládají celkem z devíti jednotlivých stránek. Mezi všemi stránkami lze přepínat pomocí lišty v jejich horní části. Při vstupu uživatele uvítá úvodní stránka. Na ní najde velmi stručné představení průvodce a dvě tlačítka odkazující na zpracované oblasti. Dle dvou zpracovaných oblastí je také rozdělena hlavní část průvodce. Sekce Prachovské skály je tvořena třemi stránkami (viz dělení v kapitole 4.1.3) a Vysokým Tatrám je věnována jedna stránka. Další stránka je věnována informacím o rozšířené realitě a z ní vedou odkazy na dvě verze rozšířené reality. Poslední stránka nabízí stručný návod k celému průvodci.

Základní technické řešení

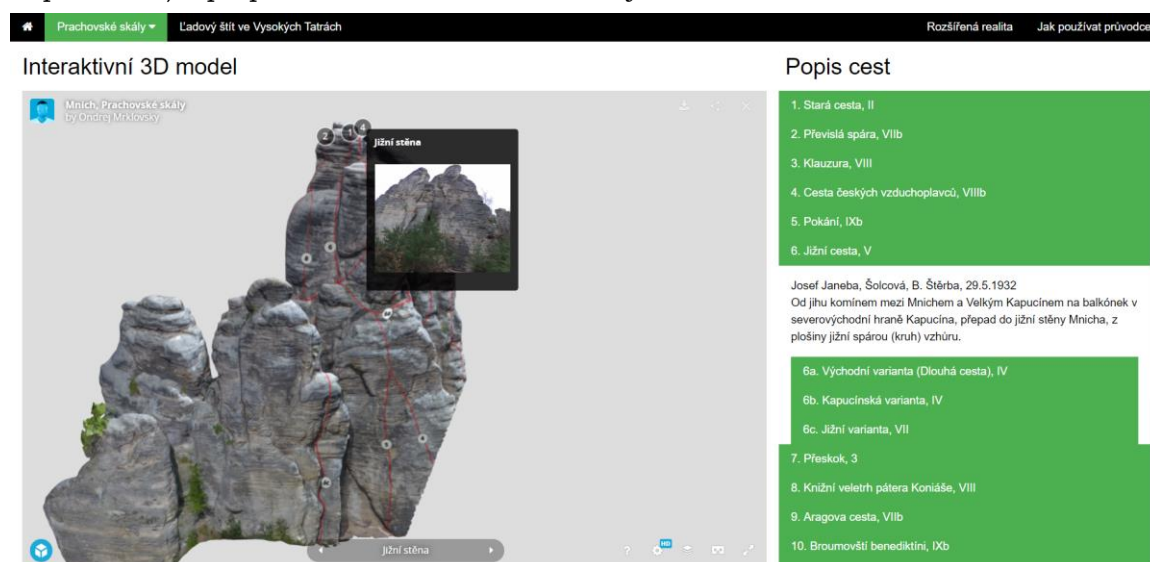
Celý web je postaven na jazyce HTML. Stylování je řešeno volně dostupným W3.CSS. V horní části všech stránek (kromě úvodní stránky a aplikace rozšířené reality) se nachází lišta pro orientaci na webu. Lišta je řešena mimo jiné pomocí tříd *w3-bar*, *w3-button* a *w3-dropdown-hover* a s využitím ikon Font Awesome.

Pro rozmístění obsahu na stránce je využit responsivní systém mřížky vestavěný do stylování W3.CSS. Všechn obsah je nejdříve uveden třídou *w3-content* a následně každý řádek mřížky třídou *w3-row*. V rámci řádku je obsah dělen na třetiny pomocí tříd *w3-third*, resp. *w3-twothird*. Stejně jako v případě rozšířené reality, celý vývoj webových stránek probíhal v programu PSPad a průběžné testování skrze GitHub.

4.5.1 Prachovské skály

3D model

Nejdůležitějším prvkem obsahu webu jsou 3D modely, zabírající dvě třetiny šířky stránky. 3D modely jsou do webu vloženy prostřednictvím služby Sketchfab. Po registraci na webu Sketchfab lze snadno nahrávat modely, poměrně detailně nastavovat parametry zobrazení modelu a vygenerovat odkaz pro vložení modelu do vlastních stránek. Okno s náhledem modelu je řešeno elementem *iframe*. U modelu je vypnuto automatické spouštění, z důvodu zachování menší náročnosti na internetové připojení a výkon počítače. Prohlížení modelu se spustí kliknutím na tlačítko uprostřed okna a uživatel poté může model libovolně otáčet, přibližovat a posouvat. Na vrcholu věže se nachází 4 tlačítka, tzv. anotace, každé reprezentující jednu stěnu věže. Po kliknutí na ně se model natočí do ideální, předem definované pozice, pro náhled na danou stěnu. U těch stěn, kde byla dostupná vhodná data byl také do anotace vložen obrázek odkazující na 360stupňový pohled na danou část věže v Google Street View. V pravém dolním rohu okna se nachází tlačítka pro prohlížení ve virtuální realitě (viz také kapitola 4.3) a přepnutí do módu celé obrazovky.



Obr. 17: Náhled webového průvodce věže Mnich (zdroj: autor)

Popis cest

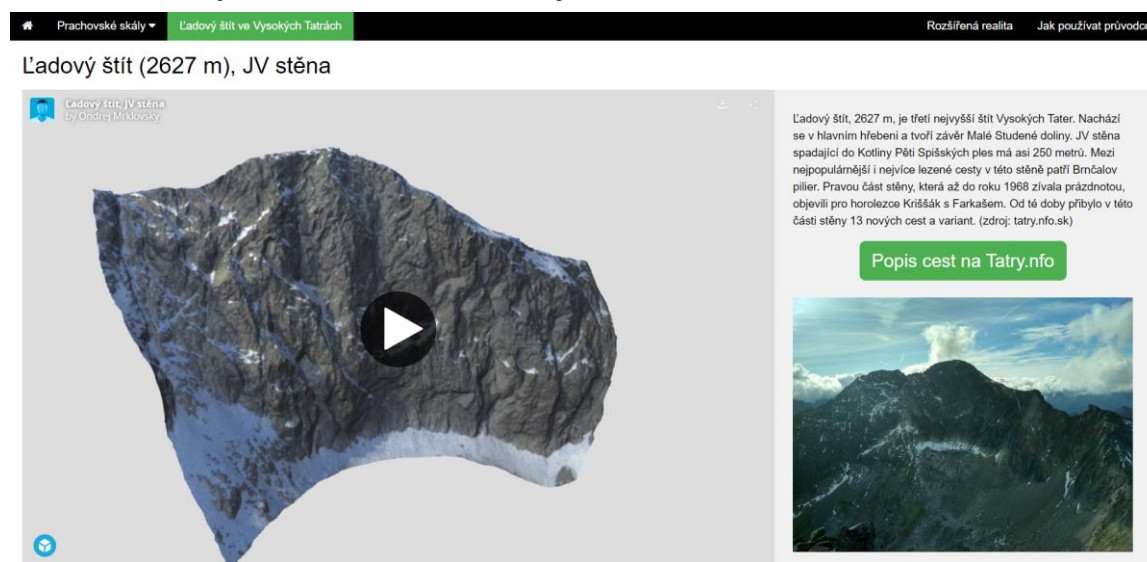
Vpravo od 3D modelu zbylou třetinu stránky zabírá popis lezeckých cest. Ve výchozím zobrazení jsou viditelné pouze názvy cest s jejich obtížností. Číslování cest koresponduje s číslováním v 3D modelu a umožňuje snadno dohledat kudy cesta vede. Další informace o cestě, tedy datum a autoři prvovýstupu, popis cesty a případně její varianty se rozbálí po kliknutí. Informace byly čerpány z tištěného lezeckého průvodce (Prachovské skály – horolezecký průvodce, Petrůň, Kofátek, 2007) a databáze skal ČHS. Z technického pohledu je seznam cest řadou tlačítek umístěných pod sebou a rozbalení tlačítka zajišťuje krátký skript vložený přímo do HTML. Celý seznam cest je pevně definován na stejnou výšku jako 3D model. V případě, že výška seznamu cest tuto výšku převyšuje, je možné v rámci seznamu cest scrollovat a nedochází k rozbití celého rozložení stránky. Toto je definováno jako `style="overflow:auto"`.

Doplňující informace

Pod 3D modelem a popisem cest, v druhém řádku rozložení stránky, se nachází doplňující informace o skalní věži. Jedná se o fotografii z leteckého snímkování, krátký text o věži a mapu s její polohou. Zdrojem map jsou Mapy.cz a byly vloženy pomocí elementu *iframe*.

4.5.2 Ľadový štít, Malá Studená dolina

Stránka věnovaná Ľadovému štítu v Malé Studené dolině je podobná stránkám o Prachovských skalách, má však jisté odlišnosti. 3D model, jeho okno a virtuální realita jsou řešeny identickým způsobem. Rozdílem je, že na stránce se nenachází jeden model, ale hned dva. Prvním je detailní model JV stěny Ľadového štítu a druhým celkový model Malé Studené doliny (více v kapitole 4.2). Z důvodů vysvětlených v kapitole 4.2.1 nebyly do prvního modelu zakresleny lezecké cesty. Proto je místo popisu cest v pravé třetině stránky krátký text popisující štít a danou stěnu, odkaz do webového průvodce Tatry.nfo a fotografie štítu. S pomocí průvodce se může uživatel pokusit některé cesty v modelu identifikovat. U modelu Malé Studené doliny je také její krátký popis, odkaz do průvodce Tatry.nfo a fotografie. Do celkového modelu Malé Studené doliny byly pomocí anotací vloženy jména nejvýznamnějších vrcholů, fotografie vrcholů a odkazy na další informační zdroje.



Obr. 18: Náhled webového průvodce Ľadového štítu (zdroj: autor)

4.5.3 Rozšířená realita a návod

Rozšířená realita

Stránka věnovaná rozšířené realitě obsahuje stručné vysvětlení, co to rozšířená realita je, jak funguje a jakým způsobem je použita v tomto průvodci, včetně vyjmenování všech bodů, které je možné v ní vidět. Následuje vysvětlení dvou verzí a odkaz na obě verze (více v kapitole 4.4.2). Na samém konci stránky se nachází upozornění pro uživatele na možnou nepřesnost rozšířené reality a výzva k zodpovědnému chování ve skalním a horském terénu.

Návod

Poslední stránka průvodce stručně popisuje, jak se v průvodci orientovat. Obsahuje popis základních prvků, funkcí a jejich ovládání. Dále je zde vysvětlena virtuální realita a výčet podporovaných zařízení.

4.6 3D tisk

Pro další vizualizaci vybraného modelu byla využita metoda 3D tisku. Do modelu věže Mnich byly zvýrazněny lezecké cesty a model byl vytištěn dvoubarevně na tiskárně Ultimaker.

4.6.1 Zpracování modelu

Prvním krokem bylo seříznutí spodní části modelu do roviny, které proběhlo v programu Autodesk Netfabb. Následně bylo nutné do modelu vyznačit lezecké cesty. Pro tento účel bylo rozhodnuto využít dvoubarevného 3D tisku. Pro tisk jsou nutné dva samostatné soubory – každému se nastaví jedna barva. Tyto soubory byly vytvořeny následujícím postupem. Seříznutý model byl nahrán do programu Blender, umístěn do středu pracovní plochy a exportován do formátu STL. STL soubor byl znovu importován a ve *Sculpt mode* pomocí štětce *Crease* do něj byly vytvořeny rýhy v místech cest. Nastavení štětce bylo: *Radius* – zamknutý, hodnota 0,06; *Strength* – zamknutý, hodnota 0,930; *Autosmooth* – 0,010; *Pinch* – 0,500. Upravený model byl exportován ve formátu STL. Následně byly původní a upravený model importovány do programu Autodesk Netfabb. Při importu proběhla základní oprava modelů. Poté byly od sebe modely pomocí nástroje *Boolean* odečteny. Tím vzniklý soubor tak obsahuje pouze lezecké cesty (Obr. 19).



Obr. 19: Soubor pouze lezeckých cest (zdroj: autor)

Tento soubor byl drobně opraven v programu Autodesk Meshmixer. Opravený soubor cest byl poté odečten od původního STL souboru. V programu 3D Builder byla modelu dodána podstava a sloup. Poté už bylo možné realizovat samotný 3D tisk na tiskárně Ultimaker. Pro tisk byl použit materiál PLA ve dvou různých barvách.

5 VÝSLEDKY

V práci byly zkoumány možnosti využití moderních vizualizačních technologií pro tvorbu lezeckých průvodců. Hlavním výsledkem práce je interaktivní webový lezecký průvodce. V průvodci jsou použity dvě různé metody tvorby 3D modelů skalních formací a na příkladu dvou lokalit aplikovány technologie virtuální reality a rozšířené reality. Dvě vybrané lokality pro tvorbu průvodce byly Prachovské skály a Malá Studená dolina ve Vysokých Tatrách. Tyto lokality byly vybrány s ohledem na reprezentativnost typických lezeckých terénů v České republice a na Slovensku, vzájemnou charakterovou rozdílnost a v neposlední řadě dostupnost vhodných dat.

Vstup do průvodce je zprostředkován skrze úvodní stránku s výběrem ze dvou zpracovaných lokalit. Hlavním obsahem webu jsou 3D modely skalních formací, do kterých byly doplněny další prvky.

V oblasti Prachovských skal byl zpracován digitální model věže Mnich a tří menších přilehlých věží – Velký Kapucín, Želva a Želvička. Byla zde testována a aplikována metoda fotogrammetrického zpracování modelu. Do modelu byly poté zakresleny lezecké cesty. Samostatně všechny cesty vedoucí na věž Mnich, samostatně cesty na věž Velký Kapucín a poté společně všechny cesty na věže Želva a Želvička. Podle stejného rozdělení byly poté všechny lezecké cesty očíslovány, aby k nim později mohly být vztaženy další informace (Obr. 20).



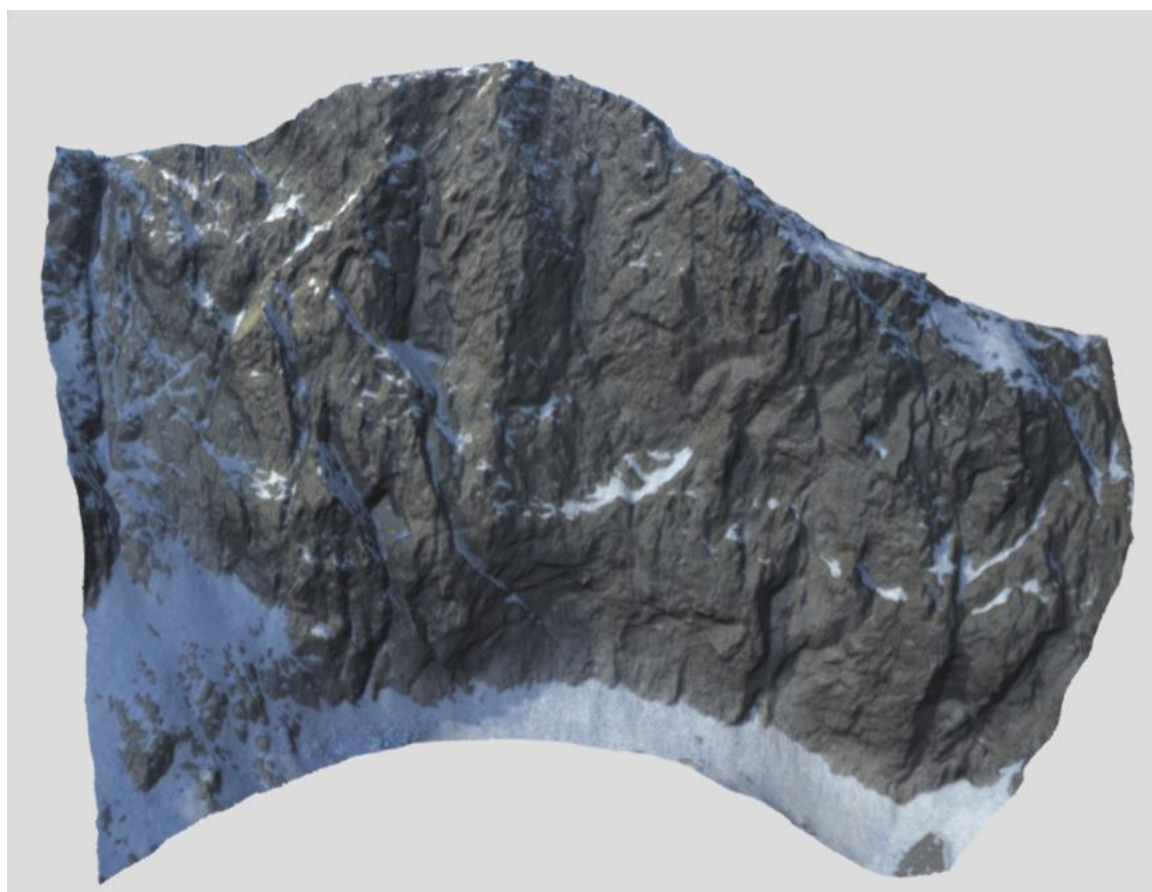
Obr. 20: Detail zakreslených lezeckých cest a jejich číslování (zdroj: autor)

Všechny tři výsledné modely byly nahrány do služby Sketchfab, kde k nim byly pomocí anotací přidány další prvky. Anotace byly použity k vložení odkazu na 360stupňové fotografie z Google Street View a také se po kliknutí na danou anotaci model otočí do předem definované pozice, což usnadňuje orientaci v modelu. Všechny tři takto připravené modely byly vloženy do webového průvodce a na jejich základě vznikly

3 stránky věnované daným skalním formacím. Z okna s 3D modelem lze přejít do prostředí virtuální reality a prohlédnout si v něm daný model. Podporována je většina v současnosti nejrozšířenějších zařízení pro virtuální realitu.

Na každé stránce k jednotlivým skalním formacím se vedle interaktivního 3D modelu nachází odpovídající seznam lezeckých cest vedoucích na danou věž/věže. U všech cest je zobrazen jejich název, obtížnost dle lezecké stupnice a číslování v 3D modelu. Po rozkliknutí se k vybrané cestě zobrazí další informace – datum a autoři prvovýstupu a zejména její popis. Číslování cest na 3D modelu a v seznamu cest umožňuje snadno a rychle přecházet mezi oběma prvky a dohledávat informace.

V druhé vybrané lokalitě – Malé Studené dolině ve Vysokých Tatrách byly zpracovány dva modely. První model zachycuje detailně JV stěnu Ľadového štítu (Obr. 21). Na této stěně byl testován postup tvorby modelu z mračna bodů. Jako druhý byl vytvořen méně detailní, orientační model celé doliny. Pro větší přehlednost byl tento model obarven gradientem dle nadmořské výšky. Do modelu byly pomocí anotací vloženy informace o nejvýznamnějších vrcholech. Oba modely byly společně vloženy do jedné stránky webového průvodce a uživatel tak má k dispozici zároveň celkový pohled i detail dané oblasti. Oba modely je taktéž možné prohlížet v prostředí virtuální reality. Další informace k dané stěně a ostatním vrcholům v okolí jsou dostupné skrze odkaz do standartního lezeckého průvodce.

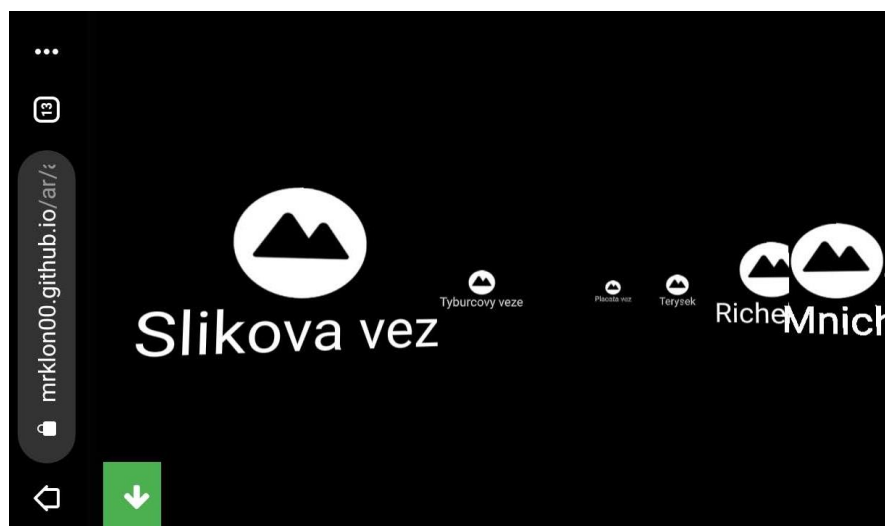


Obr. 21: Model JV stěny Ľadového štítu (zdroj: autor)

Dalším hlavním prvkem webového lezeckého průvodce je aplikace rozšířené reality. Aplikace je přímo dostupná pomocí webového prohlížeče v mobilním telefonu a není nutné cokoli instalovat. Aplikace uživateli umožňuje se skrze telefon volně rozhlížet po svém okolí, zatímco se do obrazu z fotoaparátu dokresluje další prvky. Funkce je opět

dostupná ve dvou zpracovaných lokalitách. Ve Vysokých Tatrách uživatel uvidí názvy vrcholů v okolí, Téryho chatu a 19 body je značena trasa výstupu Jordánovou cestou na Lomnický štít. Z důvodu zachování přehlednosti byly v Prachovských skalách vytvořeny dvě verze rozšířené reality. V první verzi uživatel vidí názvy a ikony 55 vybraných věží. Druhá verze nabízí všech 161 věží v oblasti a k tomu ještě 10 vyhlídek.

Interaktivní webový průvodce je dále doplněn stručným návodem a vysvětlením všech funkcí. Průvodce byl testován a optimalizován na dvou počítačích s rozlišením monitoru 1920 x 1080 px a 1366 x 768 px, v prohlížečích Google Chrome a Microsoft Edge. Virtuální realita byla testována na telefonu Xiaomi Redmi 4X ve spojení s Google Cardboard. Aplikace rozšířené reality byla testována na telefonu Xiaomi Redmi 4X v prohlížeči Google Chrome. Základní funkcionalita byla ověřována na testovacích bodech v místě bydliště autora. Pro testování výsledné verze aplikace bez nutnosti cestovat na dané lokality, byla použita mobilní aplikace Fake GPS location. Pro doplnění webového průvodce byl model věže Mnich se zvýrazněnými lezeckými cestami vytištěn na 3D tiskárně.



Obr. 22: Aplikace rozšířené reality (zdroj: autor)

6 DISKUZE

Všechny kroky práce byly vedeny s cílem vytvořit interaktivního webového lezeckého průvodce. Protože tento postup zahrnoval značné množství kroků a bylo použito několik různých metod a technologií, některým aspektům práce se nebylo možné věnovat do maximální hloubky. Cílem práce bylo na ukázce prvního průvodce daného druhu prozkoumat možnosti využití současných moderních vizualizačních nástrojů a nastínit možnosti dalšího vývoje. Jak bylo popsáno v rešerši a demonstrováno v praxi, tyto možnosti jsou značné a v současnosti jsou využívány pouze částečně.

První fází vývoje lezeckého průvodce bylo zpracování modelů. V této fázi byly částečným limitem dostupná data. Data z leteckého snímkování Prachovských skal nebyla pořízena za účelem zpracování v této práci. Přestože jejich kvalita umožnila vytvoření dostatečně kvalitního modelu, pokud by byla pořízena přímo za účelem této práce, kvalita výsledného modelu mohla být vyšší. Model utrpěl zejména se své spodní polovině a také ze své severní strany. V těchto místech bylo pokrytí snímky a jejich rozlišení horší. Naopak kvalita modelu v jeho horní části je velmi dobrá. Lepší kvality modelu ve všech jeho částech by mohlo být dosaženo pořízením většího množství šikmých snímků. Vyšší kvalita a detailnost modelu by umožnily z něj také vidět a následně zvýraznit další pro lezce důležité informace např. polohu jisticích bodů.

V oblasti Vysokých Tater byla k dispozici unikátní velmi detailní výškopisná data. Díky nim bylo možné vytvořit výrazně detailnější model vybrané stěny, než by bylo možné s jakýmkoliv jinými volně dostupnými daty. K mračnu bodů se bohužel nepodařilo získat také snímky, pomocí kterých by bylo možné vygenerovat texturu modelu. Zdrojem obarvení modelu je tedy pouze mračno bodů, napříč tomu je model velmi kvalitní. Do modelu nebylo možné zakreslit lezecké cesty z důvodu nedostupnosti dostatečně kvalitních informací o těchto cestách. Odhadovat přesnou polohu cest na modelu na základě jediné dostupné fotografie, by bylo velmi nejisté a v důsledku by mohlo být pro uživatele průvodce dokonce nebezpečné. Pro zakreslení cest by bylo třeba, buď získat přesnější informace odjinud nebo provést vlastní terénní průzkum.

Propojení zakreslených cest na modelu a jejich popisu je v této práci řešeno číslováním všech prvků. Přestože je toto řešení bez problému funkční, uživatelsky přívětivější by bylo umístit popis cest přímo do modelu. Toto byl také původní záměr v této práci, vložit informace o cestách do anotací přímo v modelu. Bohužel služba Sketchfab deklaruje, že ve zdarma verzi lze vložit do jednoho modelu pouze pět anotací, reálně webové rozhraní umožní vložit dokonce pouze čtyři. Ani komunikací se zástupci služby se nepodařilo získat větší počet anotací zdarma nebo s výraznější slevou.

Vše výše zmíněné lze považovat za veskrze drobné možnosti dalšího vylepšení budoucích průvodců. Kde je však největší prostor pro budoucí vývoj, je oblast rozšířené reality. V rámci rozsahu práce se podařilo do rozšířené reality umístit základní prvky, tím také byly nastíněny možnosti typu vkládaného obsahu a rozšířená realita byla zakomponována do struktury webového průvodce. V rámci další práce by v první řadě bylo třeba optimalizovat zobrazení popisu, tak aby nedocházelo k jeho překrývání a zhoršení čitelnosti při zobrazení většího množství obsahu. Snahy řešit tento problém v této práci jsou popsány v kapitole 4.4. Dalším krokem ve vývoji rozšířené reality by mohlo být využití kromě bodů, také liniových prvků pro značení tras v horách a přidání interakce k těmto prvkům. Rozšířená realita by tak mohla sloužit jako rozcestník s odkazy k dalším informacím. Uživatel například pomocí rozšířené reality může identifikovat lezecký objekt a kliknutím se přesunout na stránku nabízející seznam a popis cest. Takovéto propojení bylo původně záměrem i v této práci, samotné vložení

ikon s popisem však bylo relativně problematické a přidání odkazů se po dobu tvorby práce nepodařilo. Z dalších funkcí by mohlo být užitečné vyhledávání konkrétních bodů, popř. filtrování na základě určitých parametrů. Vrcholem vývoje rozšířené reality pro využití v lezeckém průvodci by bylo zakreslování lezeckých cest přímo na skalní formaci. Toto by teoreticky mohlo být možné kombinací využití digitálního modelu dané formace a počítačového rozpoznání obrazu. Umožnit by to mohla funkce Image Tracking, která již je integrována do AR.js a při rozpoznání obrázku v záběru zobrazí určité prvky. Otázkou však zůstává, jak si tato technologie poradí s venkovním prostředím a změnami počasí.

Projekt AR.js má velký potenciál pro další využití v oblasti lezeckých průvodců i jiných odvětvích. Jeho největší předností je, že se jedná o webové řešení, což přináší jednak snadnější vývoj a také jednodušší dostupnost širšímu okruhu uživatelů. Uživatelé si nemusí instalovat žádnou aplikaci, vše, co potřebují je mobilní telefon s webovým prohlížečem. AR.js bohužel během tvorby této práce částečně trpělo absencí dostatečně přesné dokumentace. Za tímto projektem však stojí velmi aktivní tým vývojářů, ještě v průběhu práce byla zveřejněna první oficiální ucelená dokumentace a vyšlo několik nových verzí a funkcí. To vše je velkým příslibem do budoucna pro tento projekt.

7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zpracovat lezeckého průvodce s využitím moderních vizualizačních nástrojů. Průvodce byl zpracován pro dvě oblasti – Prachovské skály a Malou Studenou dolinu ve Vysokých Tatrách. Pro tvorbu průvodce byly využity modely získané fotogrammetricky a laserovým skenováním. Do těchto modelů byly následně doplněny další prvky, jako jsou lezecké cesty a odkazy k dalším informacím. Celý průvodce je zpracován formou webové prezentace a obsahuje výsledné modely s možností vstupu do prostředí virtuální reality a aplikaci rozšířené reality. Průvodce je dostupný skrze webové stránky bakalářské práce a také na adrese gis.upol.cz/naskaly. Kromě webového průvodce byl metodou 3D tisku vytvořen také fyzický model jedné ze skalních věží.

V první fázi práce proběhla rešerše možností moderních vizualizačních nástrojů. Soustředěno se bylo zejména na využití těchto nástrojů pro zpracování lezeckých průvodců a podporu dalších sportů odehrávajících se v horách, jako jsou horská cyklistika, běh, horská turistika, skialpinismus a lyžování (běžecké i sjezdové). Byly zkoumány také možnosti rekonstrukce modelů skalních a horských terénů. V druhé části rešerše byly studovány standardní tištění lezeckých průvodců, jejich obsah a potřeby lezců pro orientaci ve skalním terénu. V této části bylo využito také již dřívějších znalostí autora, který je aktivním lezcem.

Během všech kroků zpracování průvodce byl použit relativně vysoký počet programů. Pro fotogrammetrické zpracování modelu byl použit software Agisoft Metashape a pro drobné opravy modelu program Autodesk Meshmixer. Data získaná laserovým skenováním byla zpracována v programech Cloud Compare a Meshlab. Po zpracování modelů byly pro zakreslení lezeckých cest využity programy Blender a Adobe Illustrator. Takto připravené modely byly následně vloženy do webového průvodce prostřednictvím služby Sketchfab. Samotný webový průvodce je optimalizován pro zobrazení na počítači i na mobilním zařízení a je postaven na stylování W3.CSS.

Webový průvodce obsahuje všechny vytvořené modely skalních formací, které jsou doplněny popisem lezeckých cest a dalšími informacemi. K dispozici je také možnost prohlížení modelů v prostředí virtuální reality. Průvodce i modely také slouží jako rozcestník s odkazy na další doplňující informace.

Součástí průvodce je také aplikace rozšířené reality. Rozšířená realita je zpracována jako webová aplikace s využitím knihovny AR.js. Jejím hlavním cílem je usnadnit uživateli orientaci ve skalním a horském terénu. V Prachovských skalách aplikace do obrazu z fotoaparátu uživateli dokresluje polohu a název věže v jeho okolí. K dispozici je verze se všemi věžemi a verze pouze s vybranými významnými věžemi. Ve Vysokých Tatrách aplikace pomůže uživateli identifikovat vrcholy a je možné se také navigovat po trase výstupu Jordánovou cestou na Lomnický štít.

Vybraná věž byla také zpracována do podoby fyzického modelu. V modelu byly v programu Blender vyznačeny lezecké cesty. Poté byl model vytisknuto dvoubarevně, z materiálu PLA na 3D tiskárně Ultimaker.

Výsledný interaktivní webový lezecký průvodce bude užitečným nástrojem pro orientaci lezců ve zpracovaných oblastech. Jeho hlavním přínosem je však ukázka možností využití moderních vizualizačních nástrojů v oblasti lezeckých průvodců, která může být příkladem pro budoucí rozsáhlejší zpracování dalších oblastí a také odrazovým můstkem pro další vývoj těchto metod.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

8a.nu [online]. 2020 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.8a.nu/>

10 Best Uses Of Virtual Reality VR Marketing [online]. 2019 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://mbryonic.com/best-vr-marketing/>

A-Frame - Make WebVR [online]. 2020 [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: <https://aframe.io/>
Geologie Jeseníků. *Správa CHKO Jeseníky* [online]. 2013 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <http://jeseniky.ochranaprirody.cz/charakteristika-CHKO/geologie/>

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing [online]. Bethesda, 2018 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.asprs.org/organization/what-is-asprs.html>

AR.js Documentation [online]. 2020 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>

AR.js Github repository [online]. 2020 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://github.com/AR-js-org/AR.js>

ASSALI, Pierre et al. Surveying and modeling of rock discontinuities by terrestrial laser scanning and photogrammetry: Semi-automatic approaches for linear outcrop inspection. *Journal of Structural Geology Volume 66, September 2014, Pages 102-114* [online]. 2014, **66**, 102-114 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191814114001187>

BUCHROITHNER, Manfred. Creating the virtual Eiger North Face. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* [online]. 2002, **57**(1-2), 114-125 [cit. 2020-06-02]. DOI: 10.1016/S0924-2716(02)00109-0. ISSN 09242716. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924271602001090>

BUKVALD, Josef. *Studie o současném stavu virtuální reality* [online]. Brno, 2017 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=148708.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jiří Kroupa.

CARBONELL CARRERA, Carlos a Luis A. BERMEJO ASENSIO. Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill. *Journal of Geography in Higher Education*. 2017, **41**(1), 119-133.

CARPIGNOLI, Nicolo. Build your Location-Based Augmented Reality Web App. *Medium* [online]. 15.11.2019 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://medium.com/chialab-open-source/build-your-location-based-augmented-reality-web-app-c2442e716564>

CURTAZ, M., A. M. FERRERO, R. RONCELLA, A. SEGALINI a G. UMILI. Terrestrial Photogrammetry and Numerical Modelling for the Stability Analysis of Rock Slopes in

High Mountain Areas: Aiguilles Marbrées case. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2014, **47**(2), 605-620. DOI: 10.1007/s00603-013-0446-z.

ČESKÝ HOROLEZECKÝ SVAZ. *Pravidla lezení v pískovcových oblastech v Čechách* [online]. 2013 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.horosvaz.cz/res/archive/058/010523.pdf?seek=1359717580>

El Capitan Gigapixel Climbing Routes. *XRez* [online]. 2019 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <http://www.xrez.com/blog/el-capitan-gigapixel-climbing-routes/>

FRYČÁK, Filip. *Tvorba 3D tiskových modelů z fotogrammetrických dat* [online]. Olomouc, 2019 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/frycak19/download/frycak_bp.pdf. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Jakub Mířijovský.

FURHT, Borko. *Handbook of Augmented Reality*. Springer-Verlag New York, 2011. ISBN 978-1-4614-0064-6.

GALLAY, Michal et al. Geomorphometric analysis of cave ceiling channels mapped with 3-D terrestrial laser scanning. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2016, **20**(5), 1827-1849. DOI: 10.5194/hess-20-1827-2016.

Geologie Tater. *Tatry.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.tatry.cz/cs/geologie-tater>

Holeček: Kde je nejlepší lezení? *Horydoly.cz* [online]. 2013 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.horydoly.cz/horolezci/marek-holecek-kde-je-nejlepsi-lezeni.html>

JANÁK, Dalibor. *Synchronizace dat mezi mobilními aplikacemi na platformě Android na příkladu databáze horolezeckých cest severní Moravy* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/janak15/janakdp.pdf>. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Vilém Pechanec.

JESENSKÝ, Ondřej. *Český terminologický slovník z oblasti horolezectví a sportovního lezení* [online]. Praha, 2015 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/120181009>. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.

KAAB, A., W. HAEBERLI a G. HILMAR GUDMUNDSSON. *Analysing the Creep of Mountain Permafrost using High Precision Aerial Photogrammetry: 25 Years of Monitoring Gruben Rock Glacier, Swiss Alps* [online]. Zurich, 1997 [cit. 2020-05-20].

KOŤÁTKO, Zdeněk a Zdeněk PETRÁŇ. *Prachovské skály – horolezecký průvodce*. Jičín: Lezecký kroužek Prachov, 2007.

LIENERTH, Radek. *Horolezecké názvosloví* [online]. 2012 [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1451/jaro2012/nk1074/Teorie_didaktika_horolezectvi_2.pdf. Učební materiál předmětu Teorie a didaktika horolezectví. Masarykova univerzita.

Matterlight: Photogrammetry and industrial design. *Pix4D* [online]. 2017 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.pix4d.com/blog/matterlight-lamp-photogrammetry-3d-printing-innovative-materials-craftsmanship-industrial-design>

PORZI, Lorenzo a et al. *Learning Contours for Automatic Annotations of Mountains Pictures on a Smartphone* [online]. 2014 [cit. 2020-05-21]. DOI: 10.1145/2659021.2659046. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/272826616_Learning_Contours_for_Automatic_Annotations_of_Mountains_Pictures_on_a_Smartphone

PORZI, Lorenzo et al. An automatic image-to-DEM alignment approach for annotating mountains pictures on a smartphone. *Machine Vision and Applications* [online]. 2016 [cit. 2020-05-21]. DOI: 10.1007/s00138-016-0808-0. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/308417285_An_automatic_image-to-DEM_alignment_approach_for_annotating_mountains_pictures_on_a_smartphone

SEIFERT, Ludovic et al. *The Science of Climbing and Mountaineering*. Routledge, 2016. ISBN 9781138595231.

Skalní oblasti ČR [online]. 2020 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: https://www.skalnioblasti.cz/4_history/5_history_index.asp?history_cmd=11view&id=199

Sketchfab [online]. 2020 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://sketchfab.com/virtual-reality>

STEJSKAL, Ondřej. *Rozšířená realita a její využití v současné době* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/x7r8p/MAGISTERSKA_DIPLOMOVA_PRACE_-_STEJSKAL_383921_DOC_final.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

ŠAŠAK, Ján et al. Combined Use of Terrestrial Laser Scanning and UAV Photogrammetry in Mapping Alpine Terrain. *Remote Sensing* [online]. 2019, **11**(18) [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/335864532_Combined_Use_of_Terrestrial_Laser_Scanning_and_UAV_Photogrammetry_in_Mapping_Alpine_Terrain

Yosemite Extreme Panoramic Imaging Project. *Blue Planet VR* [online]. 2010 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://blueplanetvr.com/2010/01/12/yosemite-extreme-panoramic-imaging-project/>

ZEMÁNEK, Jakub. *Virtuální realita jako objekt a subjekt výstavní praxe* [online]. Brno, 2018 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/bzvkt/Mgr_prace_Jakub_Zemanek.pdf. Magisterská diplomová práce. Masarykova univerzita.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Fotografie skalní věže Mnich pořízená dronem (autor: Jakub Miřijovský)	11
Obr. 2: Náhled mračna bodů Malé Studené doliny (zdroj: autor).....	12
Obr. 3: Plány skalního města (zdroj: Adršpašské skály – horolezecký průvodce (Lukavský, 2003))	18
Obr. 4: Náskres půdorysu skalních věží (zdroj: Horolezecká cvičení v Prachovských skalách (Janeba, 1934))	18
Obr. 5: Náskres půdorysu a bokorysu skalní věže (zdroj: Adršpach 500 horolezeckých výstupů (Lisák, 1994))	19
Obr. 6: Mobilní průvodce Rockfax (zdroj: autor)	21
Obr. 7: Webový lezecký průvodce Climb Assist (zdroj: autor)	22
Obr. 8: Rozšířená realita v aplikaci PeakLens (zdroj: peaklens.com).....	26
Obr. 9: Věže Mnich (1), Velký Kapucín (2), Želva (3) a Želvička (4) (zdroj: autor)	28
Obr. 10: Detail zakreslení cest na texturu (zdroj: autor)	29
Obr. 11: Model JV stěny Ľadového štítu před ořezáním (zdroj: autor)	30
Obr. 12: Model Malé Studené doliny před ořezáním (zdroj: autor).....	32
Obr. 13: Virtuální realita v mobilní aplikaci Sketchfab (zdroj: autor)	33
Obr. 14: Sada ikon pro rozšířenou realitu – zleva trasa Jordánovy cesty; věže, vrcholy a sedla; vyhlídka; chata (zdroj: autor).....	35
Obr. 15: Výsledná aplikace při zobrazení velkého počtu bodů (zdroj: autor)	35
Obr. 16: Verze aplikace s optimalizovaným počtem věží v Prachovských skalách (zdroj: autor).....	37
Obr. 17: Náhled webového průvodce věže Mnich (zdroj: autor)	38
Obr. 18: Náhled webového průvodce Ľadového štítu (zdroj: autor)	39
Obr. 19: Soubor pouze lezeckých cest (zdroj: autor)	40
Obr. 20: Detail zakreslených lezeckých cest a jejich číslování (zdroj: autor)	41
Obr. 21: Model JV stěny Ľadového štítu (zdroj: autor)	42
Obr. 22: Aplikace rozšířené reality (zdroj: autor)	43

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

- Příloha 1 Webová prezentace
- Příloha 2 Poster
- Příloha 3 DVD
- Příloha 4 fyzický 3D model skalní věže Mnich

Popis struktury DVD

Adresáře:

text_prace

 mrklovsky_bp

vystupni_data (digitální 3D modely)

 Prachov

 Prachov_Mnich

 Prachov_VKapucin

 Prachov_Zelvy

 Tatry_dolina

 Tatry_Ladovy

web

 pics

 pruvodce

 css

 js

 pics

poster

Poznámka: Fotogrammetrické materiály použité pro tvorbu modelů v Prachovských skalách jsou vzhledem k neveřejné povaze dat uloženy na Katedře geoinformatiky, Přírodovědecké fakulty, Univerzity Palackého v Olomouci u RNDr. Jakuba Miřijovského, Ph.D. (kontakt: jakub.mirijovsky@upol.cz). Data z laserového skenování použitá pro tvorbu modelů v Malé Studené dolině ve Vysokých Tatrách jsou vzhledem k neveřejné povaze dat uložena na Ústavu geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košicích. Data DMR 5.0 odběratel nesmí dále šířit. Data jsou volně dostupná ke stažení skrze klient ZBGIS.