



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Ústav dopravních prostředků

**Zvyšování vizuální kvality scénářů pro vozidlové
simulátory**

**Improving the visual quality of scenarios for vehicle
simulators**

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Dopravní systémy a technika

Vedoucí práce: Ing. Adam Orlický

Hynek Chroust

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K616..... Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Hynek Chroust

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Zvyšování vizuální kvality scénářů pro vozidlové simulátory**

Název tématu (anglicky): Improving visual queues quality in driving simulator scenarios

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Prostudujte možnosti zvyšování vizuální kvality virtuálního prostředí ve vozidlových simulátorech
- Prozkoumejte a definujte požadavky na tvorbu scénářů do vozidlových simulátorů
- Vytvořte software (plug-in) zaměřený na zvyšování kvality 3D modelu scénáře
- Za pomoci tohoto softwaru vytvořte scénář pro vozidlový simulátor a následně realizujte experiment zaměřený na prozkoumání subjektivního vnímání kvality vytvořeného virtuálního prostředí



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: ŽÁRA, Jiří, Bedřich BENEŠ a Petr FELKEL. Moderní počítačová grafika. Praha: Computer Press, 1998. ISBN 80-7226-049-9.
ORLICKÝ, Adam. Automatická tvorba silniční infrastruktury ve 3D pro vozidlové simulátory. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT Fakulta Dopravní.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Adam Orlický
Ing. Josef Mík, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

22. června 2017

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

27. srpna 2018

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
- b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Hynek Chroust
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 22. června 2017

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Děčíně dne 24.08. 2018

Hynek Chroust

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Adamovi Orlickému. za odborné vedení, za hodnotné rady a připomínky při psaní této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval všem zúčastněným, kteří se podíleli na analýze a na tvorbě přípravných prací pro analýzu a dalších činnostech. Také bych chtěl poděkovat ústavu K616 univerzity ČVUT za poskytnutí dokumentací a prostředků k vytvoření pluginu v programu Rhinoceros.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je prozkoumat možnosti zkvalitňování virtuální reality pro scénáře používaných pro vozidlové simulátory a následně na základě průzkumu vytvoření pluginu pro jejich zkvalitňování.

První část je věnována 3D modelování, kde jsou vysvětleny základní pojmy, metody reprezentace těles v prostoru a metody jejich texturování a mapování. Další kapitola se zabývá dopravními simulátory, jejich popisem a dále virtuální realitou, kterou se pro dopravní simulátory používá a jaké jsou požadavky pro modely používané ve virtuální realitě. Na tuto kapitolu navazuje průzkum, který odhaluje největší nedostatky, které brání být scénářům více reálné. Na základě tohoto průzkumu byl v praktické části navrhnout způsob, jak těmto nedostatkům zabránit a byli navrženy funkce, které tyto problémy řeší. V poslední kapitole je proveden experiment, který ukazuje, jak byla tato práce užitečná a jaký je rozdíl mezi scénáři před využitím pluginů a po jejich využití.

Klíčová slova: 3D modelování, scénář, virtuální realita, vozový simulátor

Abstract

The aim of this bachelor's thesis is to investigate the possibilities of improving virtual reality for the scenarios used for vehicle simulators and then on the basis of research to create a plugin for their improvement.

The first part is devoted to 3D modeling, which explains basic concepts, methods of representation of solids in space and methods of their texturing and mapping. The next chapter deals with traffic simulators, their description and also the virtual reality that is used for traffic simulators and what are the requirements for models used in virtual reality. The following is a description of the Rhinoceros program and an explanation of how useful it is for vehicle simulator scenarios and how to program its new features. This chapter is followed by a survey that reveals the greatest shortcomings that prevent the scenarios from being more realistic. Based on this survey, a practical part has been proposed to prevent these deficiencies and to propose scripts that solve these problems. The last chapter is an experiment that shows how this work was useful and what is the difference between the scenarios before using the plugins and using them.

Key words: 3D modeling, screenplay, virtual reality, driving simulators

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
1 Úvod	9
TEORETICKÁ ČÁST	10
2 Počítačová grafika	10
2.1 Obor počítačová grafika	10
2.2 Počítačová grafika v dopravě	10
2.3 Rozdělení počítačové grafiky	11
2.3.1 2D grafika	11
2.3.2 3D grafika	12
2.4 Texturování	14
3 Virtuální realita v dopravních simulátorech	16
3.1 Vozidlový simulátor	16
3.1.1 Lehké simulátory	16
3.1.2 Plnohodnotné simulátory	17
3.1.3 Vozidlový simulátor na ČVUT FD v Děčíně	17
3.2 Virtuální realita	18
3.2.1 Virtuální scéna	19
3.2.2 Virtuální scénář	19
3.3 Požadavky na 3D modely pro virtuální scénáře	19
4 Analýza reálného světa se současnou virtuální realitou	20
4.1 Analýza	20
4.1.1 Použitý materiál pro analýzu	20
4.1.2 Příprava pro plošný průzkum	23
4.1.3 Plošný průzkum	24
4.1.4 Výsledky plošného průzkumu	25
4.1.5 Výsledky analýzy	25
4.1.6 Vyhodnocení analýzy	26
PRAKTICKÁ ČÁST	28

5	Návrh metody pro zkvalitnění virtuální reality	28
5.1	Rhinoceros.....	28
5.1.1	Popis programu	29
5.1.2	Skriptování	29
6	Tvorba databáze modelů.....	31
6.1	Přidávání a editace modelů v databázi	31
7	Plugin.....	33
7.1	Funkce <i>AddOneObject</i>	33
7.1.1	Popis funkce	33
7.1.2	Pseudokód funkce	35
7.2	Funkce <i>AddGroupObject</i>	35
7.2.1	Popis funkce	35
7.2.2	Vytvoření textového dokumentu pro popis skupin	37
7.2.3	Pseudokód funkce	38
7.3	Funkce <i>Skybox</i>	39
7.3.1	Popis funkce	39
7.3.2	Pseudokód funkce	40
8	Experiment	41
9	Závěr.....	43
	Použité zdroje.....	45
	Seznam obrázku.....	46
	Seznam tabulek.....	46
	Seznam příloh	46
	Obsah CD.....	47

Seznam použitých zkratk

FD ČVUT	Fakulta dopravní České vysoké učení technické v Praze
VR	Virtuální realita
SW	Software

1 Úvod

V dnešní době jsou technologie běžnou součástí života každého z nás. Lidé si už neumí představit každodenní fungování bez mobilního telefonu, internetu, nebo, nyní již naprosto běžné věci, jako je automobil, případně veřejná doprava. Technologie velice úzce zasahují do dopravy, kterou využíváme každý den a možná si to ani samy neuvědomujeme, ale zamysleme se a představme si, že sedíme v automobilu na sedadle řidiče – ještě, než se vůbec automobil rozjede, už nás obklopuje velké množství technologií, například upozornění, že dveře nejsou dovřené, nejsme připoutaní, na dojezd k benzínové stanici máme posledních 30 km a za 270 km by naše auto mělo projít servisní kontrolou.

Všechny tyto věci přispívají k vyšší bezpečnosti na silnicích po celém světě. Ovšem téměř nejvyšší složku bezpečnosti hraje samotná dopravní infrastruktura, dopravní systémy a samozřejmě my lidé, účastníci provozu.

Těmito tématy se zabývají vyučující i studenti na Fakultě dopravní, kde najdeme mnoho ústavů zabývajících se rozdílnými problematikami dopravy, ale všechny vedou k jednomu společnému cíli – bezpečnější a plynulejší provoz. Jedním z důležitých projektů, který probíhá na Ústavu dopravních prostředků fakulty, je Simulace a vizualizace v dopravě. [1]

Projekt Simulace a vizualizace v dopravě je nově otevřeným projektem, který je spojen s výstavbou vozidlového simulátoru v Děčíně. Projekt se dále zabývá všemi přípravami pro jeho fungování a plné využívání od vytvoření scénářů, vývoj mikro simulačního modelu chování vozidel, až po automatické vyhodnocování a zpracování užitečných dat z jízdy vozidla a chování řidiče ve vozidlovém simulátoru.

Hlavním cílem této bakalářské práce je průzkum a návrh nové metody pro zvyšování realističnosti scénářů, která přispívá ke kvalitnějším výsledkům a tím zkvalitňování průzkumů a experimentů ve virtuální realitě vozidlových simulátorů. Tím se přiblížíme k přirozenějšímu chování řidičů při jízdě ve vozidlovém simulátoru ve virtuální realitě. Tento efekt je velice důležitý právě při vyhodnocování dat, protože čím přirozeněji se bude řidič chovat, tím více budeme moci výsledky srovnávat s realitou.

TEORETICKÁ ČÁST

2 Počítačová grafika

V současném světě vidíme počítačovou grafiku všude kolem nás. Pokud se rozhlédneme kolem sebe, zcela výjimečně zahlédneme billboard, plakát nebo reklamu na veřejném dopravním prostředku, které by byly namalovány bez použití počítačové grafiky. S počítačovou grafikou se setkáváme i při používání telefonu, tabletu nebo osobního počítače. I toto je jeden z důvodů, proč je tento obor tak rozvinutý.

2.1 Obor počítačová grafika

Z technického hlediska je počítačová grafika oborem Výpočetní techniky, který se zabývá především tvorbou umělých grafických objektů, nebo úpravou zobrazitelných a prostorových informací převedených z reálného světa do virtuální reality (dále VR). S VR můžeme nyní již velice jednoduše pracovat pomocí informačních grafických programů, které jsou k dispozici. Z uměleckého hlediska je počítačová grafika samostatná kategorie grafiky. [2]

V historii se s počítačovou grafikou setkáváme již v 15 století, kdy vznikaly a postupně se vyvíjeli tiskařské technologie. Postupně se tento obor vyvíjel a vždy navazoval na předchozí práci, ale dodnes nám zanechal důležitý obsah používaný každým uživatelem textových editorů – písmo. Některé fondy jsou již od 18. století nezměněné a stále pojmenované po svých tvůrcích. [2]

V blízké historii je tento obor velice dynamicky rozvinutým oborem. Editace obrázků a jiných grafických objektů byla ještě před nedávnem práce pro odborníky v oboru, kteří disponovali vhodným hardware a softwarem, který byl z finančního hlediska, pro běžné občany nedostupný. V současné době je jednoduché editování obrázků zcela běžnou přípravou na prezentace a reklamní studia si vystačí s osobním počítačem obdařených výkonným procesorem a dostatkem operační paměti.

2.2 Počítačová grafika v dopravě

V dopravě se s počítačovou grafikou setkáváme už od samotného návrhu řešení infrastruktury, přes zkoumání vhodných alternativ, až po analýzu nehod. I přímo v dopravě, kdy sedíme za volantem automobilu, jsou běžnou součástí provozu značky, billboardy apod.

Zároveň se počítačová grafika používá v dopravních simulátorech při návrhu virtuální scény, návrhu kokpitu vozidla a vytváření scénářů. Kvalita těchto prvků musí být vysoce realistická, abychom získali vhodné a použitelné výsledky experimentů.

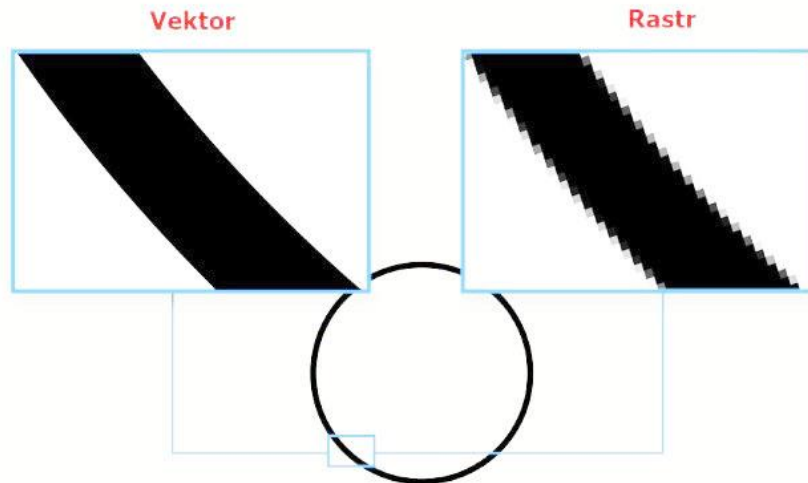
2.3 Rozdělení počítačové grafiky

Počítačovou grafiku dělíme dle různých hledisek. Základním dělením je hledisko prostoru, a to na dvourozměrnou a trojrozměrnou grafiku, respektive 2D a 3D. Dále také existují 1D a 4D, ovšem tyto typy nemají ve vytváření virtuální reality vozidlového simulátoru význam, proto nebudou v této práci více rozebrány. [3]

2.3.1 2D grafika

Dvourozměrná grafika, jak už z názvu napovídá, je definovaná pouze dvěma rozměry. Nejčastěji se používá šířka a délka obrazce. Pracuje především s obrázky a fotografiemi. 2D grafiku dále můžeme dělit na vektorovou a rastrovou. Rozdíl mezi jednotlivými typy grafik je znázorněn na obrázku (Obrázek 1).

- **Vektorová grafika** – Objekty vektorové grafiky jsou definovány matematickým zápisem, který nese informaci o typu čáry a křivky, které popisují jednotlivé objekty. Základem celého obrázku jsou tedy jednotlivé geometrické objekty, ze kterých se skládá. Obrázky tvořené vektorovou grafikou je možné plynule zvětšovat a zmenšovat bez ztráty kvality. Tato grafika je využívána při počítačovém projektování a modelování. Do programů využívající vektorovou grafiku nelze uložit fotografii.
- **Rastrová grafika** – Základem rastrové grafiky obrázku je mřížka neboli rast. Obraz se skládá z bodů (pixelů), které s sebou nesou informaci o jeho barvě, jasu, kontrastu a poloze. Z těchto bodů se následně skládá celý obraz. Při zvětšování obrázku se zároveň zvětšují samotné body, proto se zhoršuje kvalita obrazu a dochází k pixelizaci (čtverečkování). Tato grafika je využívána u fotografií, televizí apod. [3]



Obrázek 1: příklad rastrové a vektorové grafiky

2.3.2 3D grafika

V trojrozměrné grafice se k 2D přidá ještě jeden rozměr, nejčastěji zde mluvíme o hloubce tělesa. 3D tedy reprezentuje těleso v prostoru. Ve 3D modelování jsou prostorová tělesa reprezentována různými způsoby, které jsou založeny na odlišných principech. Každý z nich má své výhody i nevýhody, dle kterých si tyto reprezentace vybíráme. Existují tři základní druhy reprezentace – objemová reprezentace, hraniční reprezentace a procedurální reprezentace.

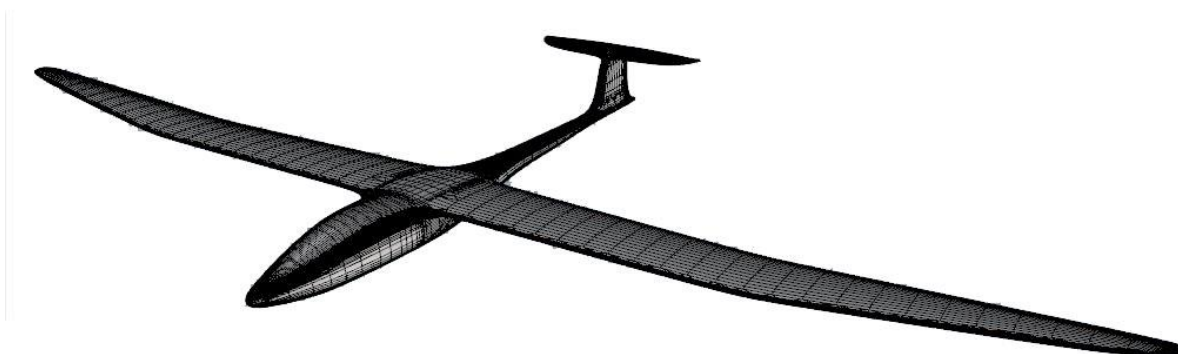
- **Objemová reprezentace** – Základním kamenem objemové reprezentace je tzv. objemová buňka neboli voxel. Tyto voxely si můžeme představit jako krychličky, které rozdělují prostor a zároveň s sebou nesou informaci, zda do tělesa patří, nebo nepatří a jaké jsou vlastnosti konkrétního voxelu. Proto se tato reprezentace využívá spíše v technických oborech, nebo v medicíně, pokud se jedná o práci, nebo estetické účely, tak tato reprezentace může být až příliš složitá a stačila by reprezentace hraniční. Typickými zástupci této reprezentace jsou oktanový strom, buněčný model, BSP strom.
- **Procedurální reprezentace** – V procedurální reprezentaci hrají základní roli algoritmy, kterými je těleso reprezentováno. Na základě charakteristik objektu je těmito algoritmy, možné automaticky generovat trojrozměrný model.
- **Hraniční reprezentace** – Hraniční reprezentace definuje pouze hranici mezi tělesem a okolním prostorem. Tímto způsobem tedy dokážeme popsat pouze povrch tělesa nikoliv jevy, které se odehrávají uvnitř tělesa. Pro popsání tělesa, respektive povrchu tělesa, jsou používány základní prostorové prvky jako body,

úsečky, části rovin, křivky nebo plochy. Na vytvořený povrch tělesa můžeme nanést například barvu pomocí texturování. Mezi základní druhy hraniční reprezentace patří bodová, tahová, TIN a NURBS. Nejvýznamnějšími reprezentacemi z hlediska vozidlových simulátorů jsou reprezentace TIN a NURBS. [3] [4]

2.3.2.1 TIN representace

Neboli *triangulated irregular network*, kde už z názvu je možné odvodit, že je jedná o síť vytvořenou z nepravidelných trojúhelníků, která vytváří plášť tělesa nebo plochu (Obrázek 2). Dva trojúhelníky spolu tedy mohou mít společnou pouze jednu hranu. Tím je vytvořena nevýhoda této metody, kdy přechody mezi trojúhelníky jsou vždy ostré. Pokud je za potřebí vytvořit přesný model, je potřeba velký počet trojúhelníků, tím zároveň narůstá také velikost souboru. Platí zde základní Eulerovský vztah: [4]

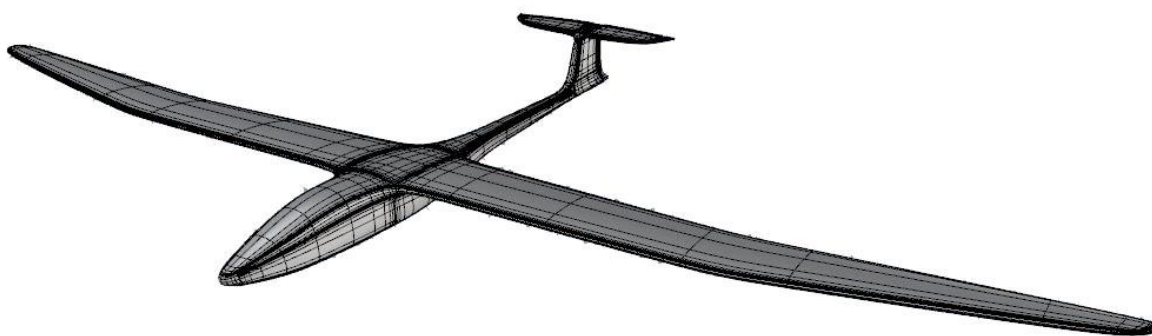
„Pokud definujeme těleso touto metodou, platí, že součet trojúhelníků a vrcholů se rovná počtu hran povýšených o dva. Pokud plochu definujeme takto, tak platí, že součet trojúhelníků a vrcholů se rovná počtu hran povýšených o jedna.“



Obrázek 2: Příklad objektu v TIN reprezentaci

2.3.2.2 NURBS representace

Neboli *non-uniform rational basis spline*, je metoda, která vytváří objekt pomocí křivek. Touto metodou je definována síť pomocí křivek, mezi kterou je matematickými algoritmy dopočítána plocha (Obrázek 3). Tím je zajištěna spojitost a plynulost ploch a je umožněno generování přesných komplikovaných modelů. I přes vysokou přesnost modelu, která může být dosažena nízkým počtem křivek, nemusí být výsledný soubor velký. [3] [4]

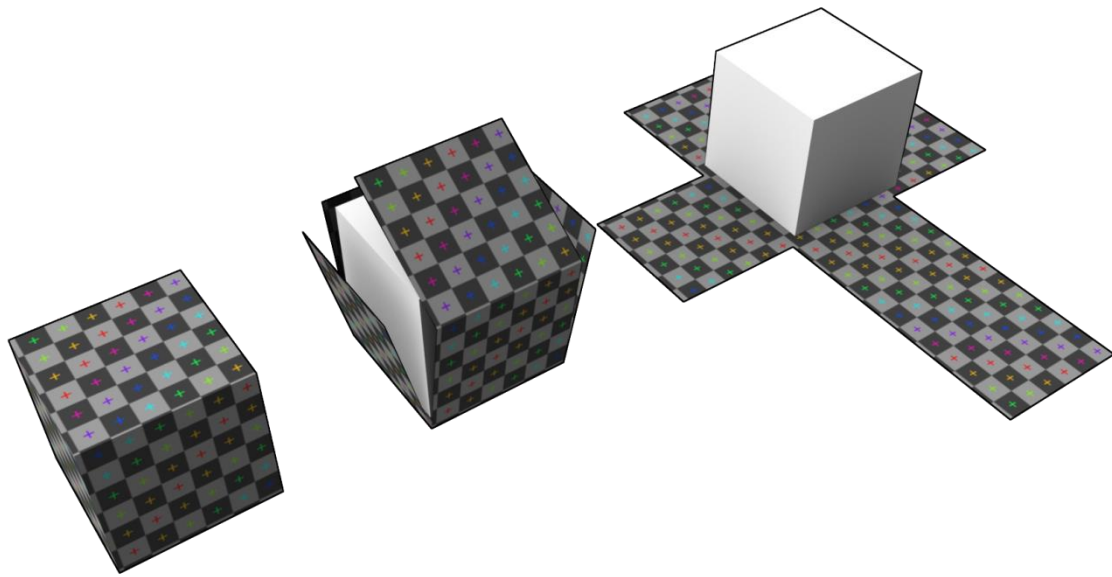


Obrázek 3: Příklad objektu v NURBS reprezentaci

2.4 Texturování

Model vytvořený, níže uvedenými způsoby, pouze udává tvar výsledného modelu. Pro dodání bravy a optických vlastností používáme textury. Textury nijak nezmění tvar, ani geometrické vlastnosti modelu, pouze určují vybranou barvu objektu v prostoru. Textura může být vytvořená pomocí počítačových programů (např. Photoshop) nebo je možné ji vytvořit pomocí fotografií, takové textury vytvářejí reálnější povrch těles. V tomto případě musíme dávat pozor na mapování, kterým zajistíme, aby textura byla nanášena ve správném měřítku. Textury jsou rozdělovány na plošné (dvoudimenzionální textury) a objemové (trojdimenzionální textury).

Někdy se používá název UV mapování, protože každý bod povrchu, má kromě souřadnice X, Y, Z také souřadnice U, V. Tyto souřadnice určují umístění textury na objektu (Obrázek 4).
[4]



Obrázek 4: UV mapování

3 Virtuální realita v dopravních simulátorech

Následující kapitola popisuje různé druhy vozidlových simulátorů, jejich vlastnosti, výhody a nevýhody. Dále se zabývá virtuální realitou, jejím dopadem na dnešní svět a možnostmi práce s ní v souvislosti s dopravou.

3.1 Vozidlový simulátor

Vozidlový simulátor je nejlepší cestou, pro zkoumání lidského chování při řízení automobilu, a to především z důvodu bezpečnosti. Řidič se s automobilem pohybuje ve virtuálním světě, kde nezanechá žádné skutečné následky, a hlavně z tohoto důvodu jsou vozidlové simulátory vhodné k různým pokusům, které by ve skutečném světě mohly být velice nebezpečné.

Nejčastějším typem vozidlového simulátoru je typ CAVE, který je vybaven projekcí okolo simulátoru na promítacích plátnech, nebo LCD obrazovkách. Výsledná projekce je nejčastěji uspořádaná do tvaru čtverce, kde se na tři strany promítá výsledná virtuální realita. Dokonalejší simulátory jsou ještě vybaveny zvukovými efekty, případně naklápěcí plošinou, která simuluje příčnou a podélnou dynamiku vozidla.

Základem simulátoru je kabina (nebo celé vozidlo), která je propojená se simulačním programem, který snímá pohyby volantu a pedálů či informace o rychlosti a otáčkách motoru a přenáší je do programu. Matematický model simulátoru tyto informace vyhodnotí a dle toho se chová i vozidlo ve virtuální realitě. Z konstrukčního hlediska existují 2 typy simulátorů, a to lehké a plnohodnotné. [5]

3.1.1 Lehké simulátory

Konstrukci lehkého simulátoru může tvořit pouze kabina vozidla či její část a virtuální scéna je promítána na promítacích plátnech nebo na monitoru před vozidlem, respektive před řidičem. Výhoda lehkých simulátorů spočívá ve snadném sestavení, přestavění či rozestavění simulátoru dle potřeb a požadavků, konkrétních experimentů. Zároveň je možnost simulátor doplnit o další zařízení, které pro experiment potřebujeme. Oproti plnohodnotným simulátorům je výhodná také cena celého zařízení. Přestože je snaha o vytvoření co nejrealnější scény, nemusí se řidič cítit, jako v reálném provozu. To může být nevýhodou tohoto typu simulátoru. Výsledky tedy nemusí být zcela přesné. Z těchto důvodů je důležité dopředu dobře promyslet, jaký experiment chceme provádět a za jaké výsledky z něj chceme získat.

3.1.2 Plnohodnotné simulátory

V případě plnohodnotných simulátorů využíváme, na rozdíl od předchozího typu, celé vozidlo a řidič sedí uvnitř kokpitu stejně, jako za normálního provozu, tím se blíže přibližujeme k pocitu reálné jízdy. Projekce virtuální scény, kromě projekce před vozidlem, je doplněna o projekci po stranách vozidla a často také za vozidlem. Tím je docíleno, že řidič vidí své okolí všude kolem sebe a také ve zpětných zrcátkách. Z tohoto hlediska je plnohodnotný simulátor samozřejmě výhodnější. Jeho nevýhodou, je kromě vysoké ceny, také náročná přestavba, případně stěhování celého systému do jiného prostředí. Pokud potřebujeme plnohodnotné výsledky chování řidiče v určitých situacích, je potřeba vyhledávat tento typ simulátoru. [5]

3.1.3 Vozidlový simulátor na ČVUT FD v Děčíně

V rámci projektu „Simulace a vizualizace“ je v plánu výstavba lehkého vozidlového simulátoru v Děčíně právě typu CAVE, který je popsán v úvodním odstavci o simulátorech.

Konkrétně se jedná o pohyblivý simulátor s projekcí na promítacích plátnech pomocí třech FullHD projektorů. Je plánováno, že simulátor bude využívat lineárního pojezdu. Ten by měl simulovat síly, které za normální jízdy působí na řidiče. Celá kabina by měla být uchycena na platformě s 6 stupni volnosti (6DOF). Vizualizace simulátoru je možné vidět na obrázcích (Obrázek 5 a Obrázek 6).



Obrázek 5: Vizualizace vozidlového simulátoru na FD v Děčíně (pohled do kokpitu)



Obrázek 6: Vizualizace vozidlového simulátoru na FD v Děčíně (pohled na celou laboratoř)

3.2 Virtuální realita

„Existuje již mnoho definic VR, avšak stručně ji lze vymezit jako počítačem simulovanou skutečnost (počítačem generovaný svět), se kterou může uživatel vstoupit do interakce.“
[6]

Dalšími synonymy pro virtuální realitu jsou například cyberspace, hifi simulation nebo umělá skutečnost. Prostředky pro vstup do VR jsou různé a mohou se lišit náročností i velikostí, tím nejjednodušším je projekce na promítací plátno nebo velkoplošnou obrazovku. Složitějšími prostředky jsou přilbový displej doplněný o rukavice se senzory na prstech, které snímají pohyb rukou a prstů, nebo datový oblek.. [4] [5]

Pro účely vozidlových simulátorů je ideálním způsobem projekce na promítacích plátnech. Tyto plátna zajišťují dostatečnou velikost výsledného obrazu, ale problémem je, že místnosti s projekcí pomocí projektoru musí být dostatečně zatemněné. Dále je dobré, pokud se jedná o projekci pomocí projektoru, aby místnost byla dostatečně odvětrávána, protože projektory při delších experimentech mohou extrémně zvýšit teplotu místnosti.

3.2.1 Virtuální scéna

Téměř nejdůležitějším prvkem vozidlového simulátoru je virtuální scéna, bez tohoto prvku by simulátor téměř neměl smysl. Mluvíme o virtuálním prostředí vymodelovaném pomocí 3D počítačové grafiky, ve kterém se řidič pohybuje. Aby výsledky byly kvalitní, musí se virtuální scéna, co nejreálněji přiblížit skutečnému prostředí. [4] [5]

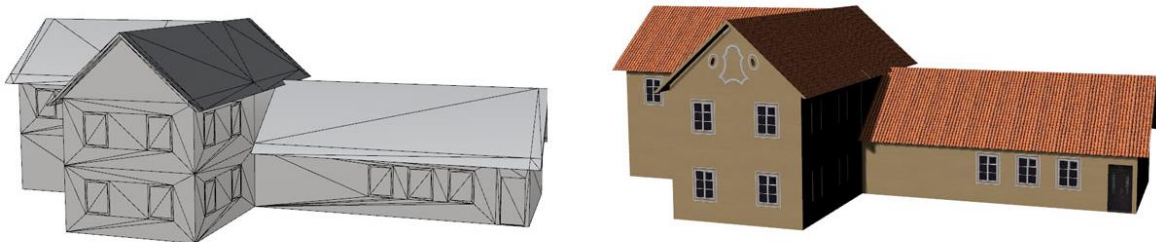
3.2.2 Virtuální scénář

Pro různé experimenty je potřeba vytvářet různé virtuální scénáře. Jedná se o souhrn událostí, se kterými se řidič může setkat a různě na ně reagovat. Můžeme definovat překážky, jako špatný rozhled, nebo železniční přejezdy a v pokročilejších simulacích i chování řidiče na okolní prvky, např. děti hrající si na chodníku. Dalším možným zkoumáním mohou být také reakce řidičů na okolní dynamické prvky, které mohou řidiče rozptylovat. Všechny tyto události pomáhají dotvářet virtuální scénu a přidávají virtuálnímu světu na realističnosti. [4] [5]

3.3 Požadavky na 3D modely pro virtuální scénáře

Jak už bylo několikrát zmiňováno, tak pro ideální experimenty a vhodná data musí být virtuální scéna, co nejvíce blížit realitě. Zároveň je taky nutné, aby se objekty dostatečně rychle vykreslovaly, proto nesmí být příliš složité. Z tohoto důvodu je hledán kompromis mezi kvalitou a nenáročností objektů na simulační program.

Většina simulačních programů nejčastěji definuje objekty pomocí TIN reprezentace. Při této reprezentaci je důležité, aby zobrazovaný objekt měl co nejméně trojúhelníků. Zároveň je vhodné, aby byla jedna textura použita u více objektů, tím je snížena výsledná velikost objektů. Objekty s nízkým počtem trojúhelníků se nazývají „*low poly objekty*“ (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). [4] [5]



Obrázek 7: Low poly objekt

4 Analýza reálného světa se současnou virtuální realitou


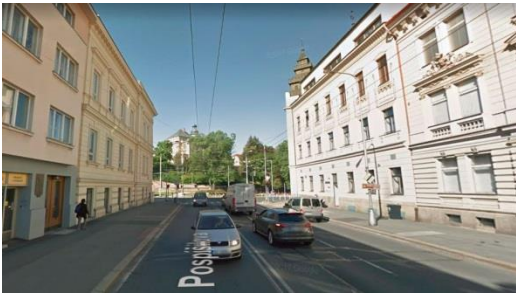
Pro definici ideálních prvků, které VR realitu posunou ke skutečnosti je potřeba analýza, která posoudí rozdíly mezi reálným světem a VR. K této analýze byly vytvořeny snímky z pohledu řidiče v simulátoru, který se nachází na Fakultě dopravní ČVUT v Praze v budově v Horské ulici. Ke každému snímku byla vyhledána odpovídající fotografie z reálného světa. Následně byla provedena analýza, při které se obrázky porovnali a byly hledány chybějící prvky. Analýza byla částečně provedena s pomocí studentů Fakulty dopravní. Výsledkem analýzy jsou tedy prvky, které ve VR chybí a řidiči jsou sledovány jako podstatné.

4.1 Analýza

Pro analýzu bylo vybráno 16 fotografií z VR a 16 fotografií z reálného světa. Pro potřebný výsledek analýzy bylo nutné soustředit se na uspořádání prvků ve VR. Při analýze je důležité, zaměřit se především na prvky ovlivňující naši pozornost jako řidiče. Snímky využitě k analýze jsou obsaženy v příloze (Příloha 1), miniatury v tabulce (Tabulka 1).

4.1.1 Použitý materiál pro analýzu

Tabulka 1: Rozdíl mezi VR a reálným světem

#	Virtuální svět	Reálný svět
1		
2		

3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



4.1.2 Příprava pro plošný průzkum

Před samotným plošným průzkumem byla nejprve provedena analýza autorem. V této analýze byly vyhledány největší nedostatky VR a byl navržen dotazník pro plošný průzkum.

Při obecném pohledu na fotky, je možné říci, že VR je velmi kvalitní, téměř srovnatelná s realitou. Ovšem pokud jsou fotky rozebrány podrobně, vždy je možné najít nedostatek, který není při prvním pohledu vidět, nebo může připadat zanedbatelně. A právě tyto maličkosti mohou hrát při experimentech, které zkoumají chování řidiče, důležitou roli. Proto budou v další části analýzy rozebrány fotky podrobněji a bude zde poukázáno na jejich nedostatky.

Z analýzy vyplívá skutečnost, která byla naznačena již před provedením analýzy, že ve VR je nutné doplnit více detaily, které na první pohled nemusí být vidět. I přesto, že při pohledu na obrázek z VR je zřejmá téměř bezchybnost, maličkosti byly objeveny.

Jak analýza ukazuje, tak nedostatky často zahrnují především opakující se podněty, proto je důležité se zaměřit především na ně. Analýza ukázala, že důležitější je zaměřit se spíše na prvky v extravilánu, zde je největší problém s monotónností scény, která není narušována jinými objekty.

4.1.2.1 Intravilán

Simulační program v intravilánu je už v současné době hodně vyspělý, proto se chybějící prvky hledají hůře. Největším nedostatkem je sterilita prostředí. Dále na některých snímcích je možné postrádat popelnice, koše, lavičky, stojany pro cyklistická kola a reklamy na okolních budovách, nebo plakáty na zastávkách. Značně ovlivňující prvek, kterého je možné si při analýze všimnout, jsou chybějící lidé ve městě. Dalším nedostatkem je absence elektrického vedení pro trolejbusy nebo tramvaje, ale také nadzemního vedení elektrického energie.

4.1.2.2 Extravilán

V extravilánu bylo vyzorováno více prvků, které narušují nereálnost VR. Na první pohled je zřejmé, že obzor je stále neměnný, zde by bylo vhodné vytvořit různá pozadí, která by bylo možné měnit. Další možností je doplnění v obzoru vzdálenou siluetu města, kolem kterého může řidič pouze projíždět a vytvořit rozmanitější volné plochy, jako jsou pole a louky. Zde je možné je obohatit o různé prvky, které na pole a louky patří, jako poseady, studně, zemědělské objekty apod.

4.1.3 Plošný průzkum

Pro plošný průzkum bylo vybráno 24 dotazníků vyplněné 8 probandy ženského pohlaví a 16 probandy mužského pohlaví. Probandi shlédli snímky, které byly použity v analýze a do připraveného dotazníku označili u každého snímku možnosti, které shledali, že v simulačním programu chybí.

Dotazník byl vytvořen na základě definovaných prvků vybrané autorem, které shledal, jako největší nedostatky a uživatelům byla poskytnuta část dotazníku, která jim umožňovala definovat i vlastní prvky, které shledali ve VR jako chybějící (Obrázek 8). Probandi vyplňující dotazník měli možnost označit libovolný počet možností (tedy pokud by nic nedoplňli, tak nebylo potřeba zaškrtnout žádnou možnost).

#	Reklama	Horizont	Vzdálené město	Kravín, silo	Střední dělicí pás	Dopravní značení	Popelnice	Lavičky	Vlastní návrh
1									

Obrázek 8: Ukázka tabulky připravené pro probandy

4.1.4 Výsledky plošného průzkumu

Dle plošného průzkumu byl probandy shledán jako největší nedostatek absence horizontu, který byl probandy zaznamenán v 9/16 případech. Nejvíce scházel u dvojice snímků č. 10. Veškeré výsledky jsou zaznamenány v tabulce (Tabulka 2).

Tabulka 2: Výsledky plošného průzkumu

#	Reklama	Horizont	Vzdálené město	Kravín, silo	Střední dělicí pás	Dopravní značení	Popelnice	Lavičky	Vlastní návrh
1		8					13		Elektrické vedení, nepořádek
2	7	16							Elektrické vedení, provoz
3	15	8							Elektrické vedení
4		15							Elektrické vedení, lavičky
5		3							
6									
7		4			9				Vegetace
8		9			12				Vegetace
9		15				3			Vegetace
10		17							
11						14			
12									Vegetace
13									Provoz
14						11			Elektrické vedení
15									Vegetace
16						14			

4.1.5 Výsledky analýzy

Výsledky analýzy je vhodné opět rozdělit na intravilán a extravilán. Výsledky se totiž shlukují do dvou, respektive třech skupin. Do třech skupin z toho důvodu, že ještě je možné rozdělit na extravilán dálnic a komunikací II. a I. tříd.

4.1.5.1 Intravilán

Průzkum ukázal již předvídanou skutečnost, že intravilán je v současném programu velice kvalitně zpracován a probandi nevidí nutnost ho nějak měnit. Jediná změna, která by dle

průzkumu prostředí města prospěla je přidání nadzemního kabelového vedení, trolejí a pohybujících se osob po městě.

4.1.5.2 Extravilán

Jak již bylo zmíněno, extravilán je možné rozdělit do dalších dvou podskupin. Některé prvky, které byly při vyhodnocení zjištěny jako nedostatky spadají sice pod obě tyto skupiny, nicméně jiné prvky jsou možné nalézt pouze v jedné z těchto skupin.

Nejdříve budou zhodnoceny prvky, které byly shledány v obou případech. Naprosto nejčastějším negativním příznakem byla absence horizontu. Ukázalo se, že pokud kolem silnice nejsou prvky, které narušují scénu, je absence horizontu silným nedostatkem. Důvod je zřejmý – řidič při jízdě extravilánem sleduje především širší okolí a absence horizontu působí velmi nereálně. Dalším prvkem, který se v dotazníku často vyskytoval jsou neměnné plochy okolo silnic, kterými jsou například louky, nebo pole. V tomto případě by bylo ideální doladit tedy vyšší rozmanitost těchto ploch, aby řidič více vnímal okolní prostor a nebyl pro něj monotónní.

Při zaměření na dálnice se u těchto obrázků ukázal nedostatek týkající se dopravního značení konkrétně směrová informativní dopravní značka IS6c, a také mýtné brány. Dalším prvkem, který by velká část probandů chtěla změnit, je vegetace v okolí dálnice. Tento prvek, který byl také zaznamenán autorem, se v prostředí sice vyskytuje, vegetace je ovšem až příliš upravená a někdy moc vzdálená od komunikace a velice pravidelná. Také absence vegetace ve středním dělicím pásu. V reálném světě není nikdy zcela holý, ale téměř vždy je zde využitá vegetace. Ta zmírňuje oslňování aut z protisměru, hluk, nebo rozptýlení.

Na silnicích I. a II. třídy je častým nedostatkem absence siluety města v okolí komunikace, nebo malé usedlosti, která zde může vykonávat i funkci nemonotónnosti okolí. Dalším prvkem, který probandi často zmiňovali ve svých dotaznících, je sjezd na pole využívaný zemědělci, zde bychom mluvili spíše o komunikacích nižší třídy.

4.1.6 Vyhodnocení analýzy

Jak analýza ukazuje, nedostatky často zahrnují podněty, které opakovaně chybí ve VR. Především na ty je důležité se zaměřit. Analýza ukázala, že důležitější je zaměřit se spíše na prvky v extravilánu, kde není tolik detailních prvků, jako může být v intravilánu. Je nutné narušovat scénu objekty, které „rozbijí“ monotónnost scény. Na základě analýzy byli definovány následující prvky, na které bylo vhodné se zaměřit (Tabulka 3).

Tabulka 3: Hlavní nedostatky

Prvky v intravilánu	Prvky v extravilánu
Lavičky	Vzdálené města, špice kostela
Cyklostezky	Usedlosti
Stojan pro cyklistická kola	Vegetace v okolí komunikace
Cyklistická kola	Vegetace uvnitř středového dělicího pásu
Popelnice	Dopravní značení IS6c
Reklamy	Elektrické vedení

PRAKTICKÁ ČÁST

5 Návrh metody pro zkvalitnění virtuální reality

Na základě průzkumu byly definovány opakující se problémy a prvky narušující kvalitu VR. Tyto problémy byly rozděleny na skupiny prvků, které je možné obstarávat stejnými funkcemi. Nakonec byly v této bakalářské práci definovány 3 funkce, kterými je možné snadno zvyšovat kvalitu scénáře.

První funkcí je funkce, která umožňuje vkládání jednotlivých objektů do VR scénáře. V intravilánu tato funkce umožňuje vkládání prvků doplňující prostor města – jedná se především o lavičky, reklamy, značky a další prvky, které je jednoduché zařadit do mobiliáře města. V extravilánu se jedná o prvky, jako například velké dopravní značení, stromy, autobusové zastávky. Tyto prvky je možné všechny vyřešit jednou funkcí. Jedná se o plugin, který vyzve k vybraní objektu, který následně uživatel umístí na vybrané místo v terénu.

Dalšími objekty jsou prvky typické pro extravilán a jedná se především o prvky, které mohou dotvářet krajinu, aby nebyla monotónní. Jedná se o prvky tvořící se z více objektů, například usedlosti, nebo vesnice. Pro tento typ objektů bude vytvořena funkce, která nejprve vyzve k vybraní jedné skupiny modelů, tvořící jeden celek, např. město, zemědělskou usedlost neb kostel a následně bude celá skupina objektů vložena na místo určení.

Poslední funkce, která bude v rámci této práce vytvořena se bude zabývat dotvářením horizontu. Plugin bude obsahovat válec, na který je mapována textura horizontu, například pohoří a bude vložen do středu prostoru, kde se bude vozidlo v simulátoru pohybovat. Tento horizont se nebude pohybovat s vozidlem, ale bude statický.

Celý plugin obsahující 3 funkce je v následujících kapitolách popsány podrobněji v pseudokódech. Pseudokód je neformální přepis kódu, který zjednodušeně popisuje algoritmus funkce, k jeho čtení není potřeba znalost daného programovacího jazyka a jeho syntaktických pravidel.

5.1 Rhinoceros

Při výběru vhodného programu k této práci byla využita Diplomová práce Ing. Adama Orlického Automatická tvorba silniční infrastruktury ve 3D pro vozidlové simulátory. Ing. Adam Orlický zde popsal 3D modelovací programy a vyhodnotil nejvhodnější program využívaný k podobným účelům. Na základě této práce byl vybrán stejný program pro tuto práci, tedy

Rhinoceros, a to z důvodu, aby byla rozšířena funkcionality stávajícího softwaru a nebyl pro tvorbu scénáře používán další program. [4]

5.1.1 Popis programu

3D modelovací program Rhinoceros je konstrukční program, který je známý především dokonale přesnými modely. Základními modelovacími prvky jsou křivky v reprezentaci NURBS. Tato reprezentace nám zaručuje jednoduché editace již vytvořených modelů, kterými se dostaneme k výsledku vyhovujícímu našim požadavkům. Velkou výhodou tohoto programu je otevřená platforma pro vývojáře, která nám dovoluje doplňovat program o nové funkční prvky – *plugin*. Takových pluginů je vytvořeno v současné době již mnoho, vždy dle potřeb uživatelů. Této možnosti využil i Ing. Adam Orlický, který ve své diplomové práci vytvořil plugin umožňující modelování silniční infrastruktury.

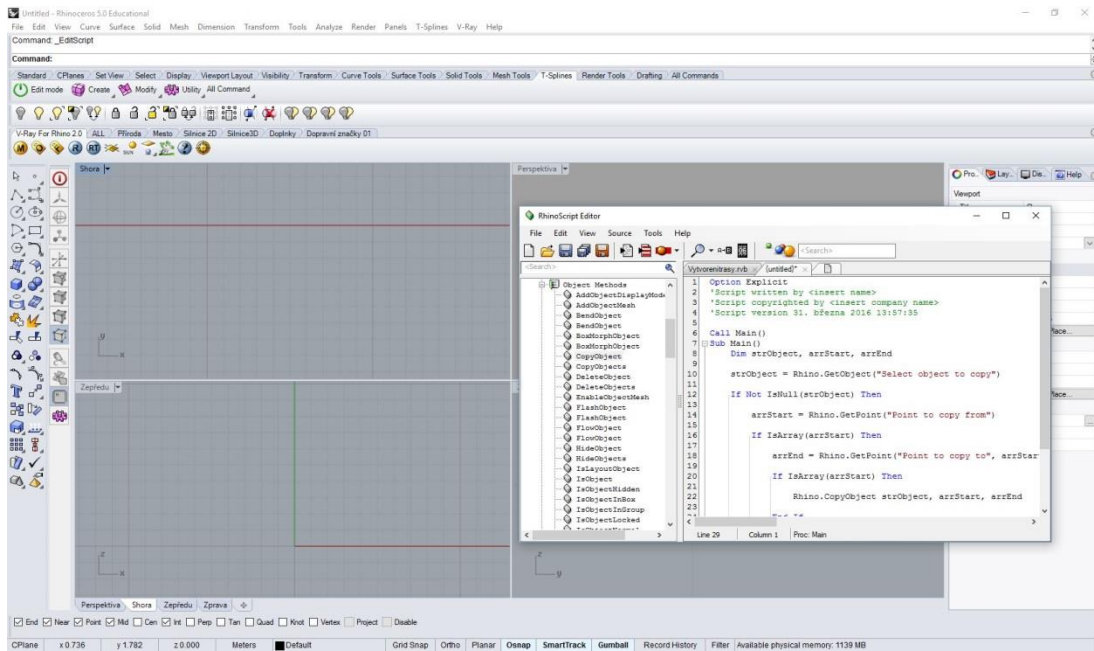
Program Rhinoceros je na trhu od roku 1998 a díky důvodům uvedeným výše se postupně stal velmi oblíbeným ve všech odvětvích. Bohužel není program volně dostupný, pouze ve zkušební verzi na 3 měsíce. Licenci lze zakoupit ve více možnostech, dle potřeby. Pro operační systémy windows je možné zakoupit komerční licence za 31 097 Kč, školní licence stojí 5 929 Kč, kterou je možné zakoupit s přidáním potvrzením o studiu a tato licence je plně komerční a trvalá. Další možnost pro školy je zakoupení Lab Kit (zvýhodněná multilicence), která slouží pro školy a je využívána pro 30 stanic v rámci jedné učebny a je možné ho zakoupit za 30 105 Kč. [4] [7]

5.1.2 Skriptování

Skriptování slouží k rozšíření funkcionality základního software. Skript je kód, který je zapsán v podporovaném jazyce základního software a nejčastěji se jedná o posloupnost příkazů, které jsou spouštěny podle definovaných pravidel. Výhodou skriptu je snadná modifikace bez potřeby rekonstrukce souboru.

V programu lze otevřít speciální okno, ve kterém jsou tyto skripty vytvářeny. V tomto speciálním okně jsou také zobrazeny všechny příkazy, které jsou pomocí VBScriptu podporovány (Obrázek 9).

Druhým jazykem je Python. Postup, při tvorbě v tomto jazyce je podobný jako v RhinoScripts a otevře se okno pro editaci s knihovnou, která nabízí příkazy používající tento skript. Zároveň jsou zde ukázky jednoduchých skriptů použitých v tomto programu. [4]



Obrázek 9: RhinoScripts v programu Rhinoceros

6 Tvorba databáze modelů

Pro snadné vybírání, přidávání a editaci modelů byla vytvořena databáze modelů. Tato databáze je vytvořena jako samostatná a neviditelná vrstva v programu Rhinoceros, která je zamčená tak, aby modely v ní uložené nebylo možné měnit.

V této práci byly modely již navrženy a zapůjčeny z knihovny modelů ústavu K616 FD ČVUT. Práce obsahuje funkce, jak tyto modely ideálně zakomponovat do terénu VR tak, aby jejich vkládání bylo jednoduché, přirozené, rychlé a odpovídalo požadavkům práce. Tedy celý prostor VR dostal kvalitnější a reálnější pohled.

Při používání funkcí je nutné mít databázi vždy nahanou v programu. Proto byla vytvořena šablona pro program Rhinoceros obsahující modely v databázi. Šablona obsahuje speciální vrstvu nazvanou *DATABÁZE*, ze které se nahrávají modely využívané pro scénáře. Po spuštění a načtení uživatelského pohledu programu Rhinoceros je nutné otevřít záložku *Soubor* a kliknout na ikonu *Otevřít* (také lze použít klávesovou zkratku CTRL + O). Po otevření průzkumníku nalézt správnou složku, ve které je databáze uložena a vybrat soubor typu *3dm* s názvem ***DatabázeModely***. Je nutné, aby ve složce, kde je soubor uložený, byly načteny všechny textury, které jsou použity pro modely.

6.1 Přidávání a editace modelů v databázi

Aby byly pluginy efektivní, je potřeba, aby byla databáze jednoduše editovatelná. Modely musí být do databáze jednoduchým a rychlým způsobem nahrány, případně smazány a v případě potřeby je libovolně upravovat.

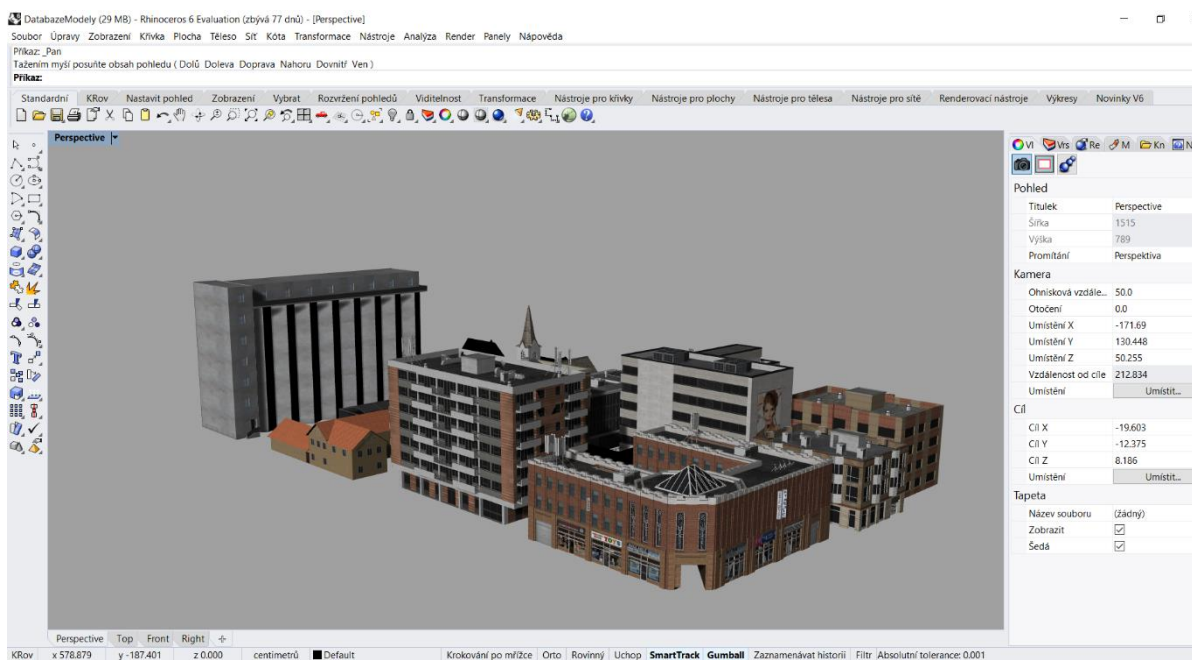
Přidání nových modelů lze provést dvěma způsoby. První způsob je přidat objekty manuálně, nebo lze využít funkci, která byla vytvořena v Diplomové práci Ing. Adama Orlického s názvem Automatická tvorba silniční infrastruktury ve 3D pro vozidlové simulátory.

Manuální způsob je prováděn otevřením souboru *DatabázeModely* tím se spustí také program Rhinoceros, vrstvu *DATABAZE* uvolnit a zobrazit. Dále importovat model, který bude nově uložen v databázi. Modelu je nutné přidat počáteční bod, tento bod slouží pro určení počátku vkládání objektů. Ideální je bod vkládat do středu podstavy modelu, případně do těžiště modelu. Bod i model musí být shodně pojmenován a změněna vrstva objektů na vrstvu *DATABAZE*. Tímto způsobem je možné jednoduše nahrát nový model, dále je možné pokračovat shodným způsobem s dalším modelem. Po přidání posledního modelu je důležité vrstvu *DATABAZE* opět uzamknout a zneviditelnit, aby nebyly náhodně smazány, nebo zaměněny. V poslední řadě je důležité soubor uložit jako šablonu a do složky,

kde je soubor uložený nahrát textury použitých modelů, pokud tak nebude učiněno, modely se budou zobrazovat bez textur (Obrázek 10).

Při využití funkce, která byla vytvořena Ing. Adamem Orlickým se celý manuální proces automatizuje. Uživatel je vyzván k výběru objektu a určení počátečního bodu a následně je objekt automaticky nahrán do databáze.

Pro editaci modelů je začátek postupu shodný jako u přidávání. Po uvolnění vrstvy lze vybraný model editovat a mohou být provedeny požadované změny. Po ukončení vrstvu opět uzamknout a zneviditelnit a celý soubor uložit.

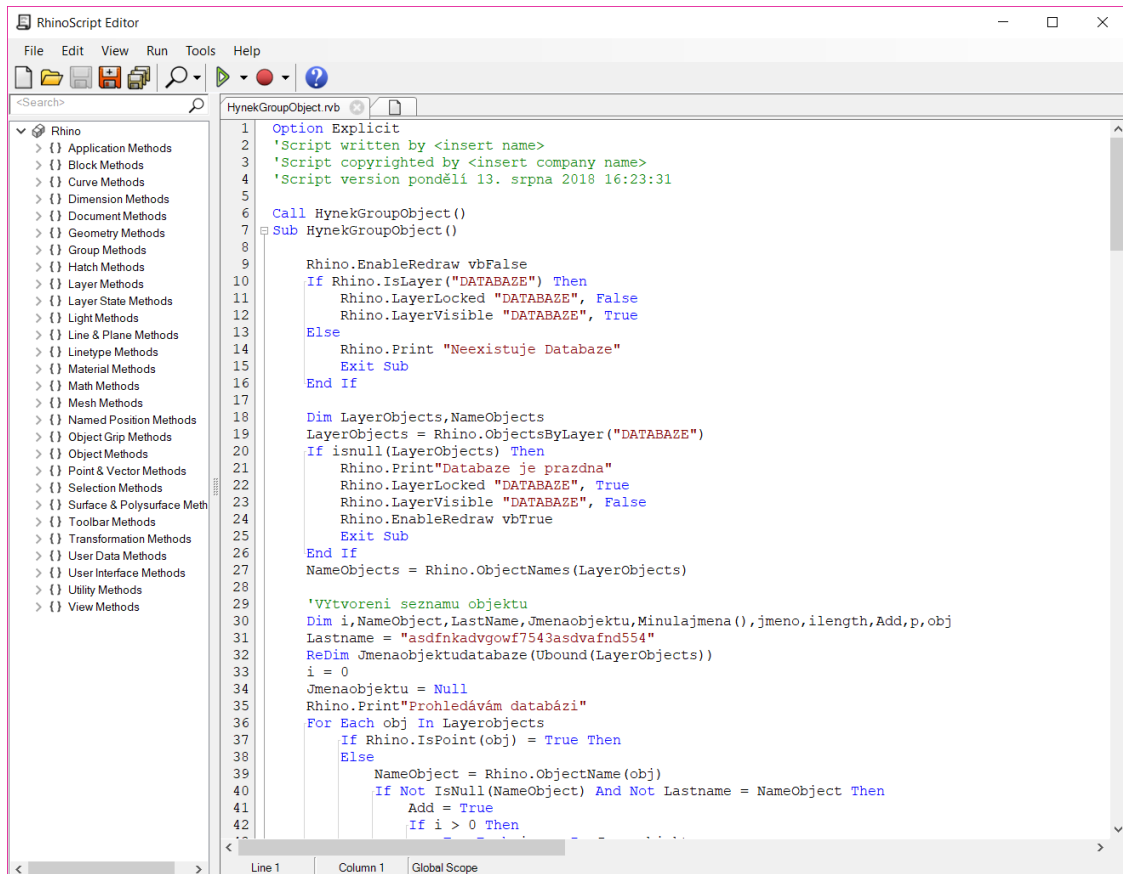


Obrázek 10: Databáze modelů

Důležité je průběžně databázi čistit a modely, které nejsou využívány z databáze odstranit. Je možné si pro případ, že model bude ještě někdy potřeba, vytvořit nové šablony, do které budou tyto odstraněné modely ukládány. Tímto způsobem bude zajištěn přístup k modelům, ale databáze bude pročištěna. Kdyby bylo v databázi nadbytečně modelů, soubor bude mít velkou velikost a program s tímto souborem nebude pracovat dostatečně rychle.

7 Plugin

V rámci bakalářské práce byly vytvořeny 3 funkce, které budou v následujících kapitolách popsány. První dvě popisované funkce využívají modely z předpřipravené databáze a usnadňují dotváření scénáře. Pro vytváření skriptů byl využit scriptovací jazyk VBScript (Obrázek 11).



```
1 Option Explicit
2 'Script written by <insert name>
3 'Script copyrighted by <insert company name>
4 'Script version pondělí 13. srpna 2018 16:23:31
5
6 Call HynekGroupObject()
7 Sub HynekGroupObject()
8
9     Rhino.EnableRedraw vbFalse
10    If Rhino.IsLayer("DATABASE") Then
11        Rhino.LayerLocked "DATABASE", False
12        Rhino.LayerVisible "DATABASE", True
13    Else
14        Rhino.Print "Neexistuje Database"
15        Exit Sub
16    End If
17
18    Dim LayerObjects, NameObjects
19    LayerObjects = Rhino.ObjectsByLayer("DATABASE")
20    If Isnull(LayerObjects) Then
21        Rhino.Print "Database je prazdna"
22        Rhino.LayerLocked "DATABASE", True
23        Rhino.LayerVisible "DATABASE", False
24        Rhino.EnableRedraw vbTrue
25        Exit Sub
26    End If
27    NameObjects = Rhino.ObjectNames(LayerObjects)
28
29    'Vytvoreni seznamu objektu
30    Dim i, NameObject, LastName, Jmenaobjektu, Minulajmena(), jmeno, ilength, Add, p, obj
31    LastName = "asdfnkadvogwf7543asdvařnd554"
32    ReDim Jmenaobjektudatabase(Ubound(LayerObjects))
33    i = 0
34    Jmenaobjektu = Null
35    Rhino.Print "Prohledavam databazi"
36    For Each obj In Layerobjects
37        If Rhino.IsPoint(obj) = True Then
38        Else
39            NameObject = Rhino.ObjectName(obj)
40            If Not IsNull(NameObject) And Not LastName = NameObject Then
41                Add = True
42                If i > 0 Then
```

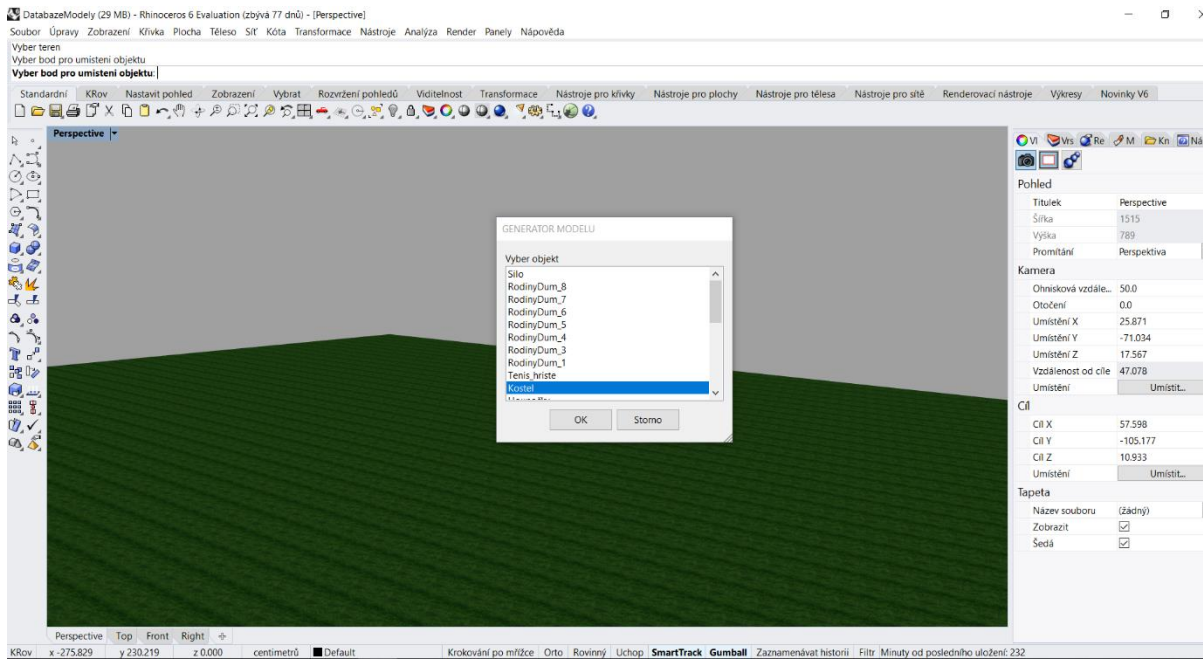
Obrázek 11: Ukázka scriptu

7.1 Funkce AddOneObject

Tato funkce slouží pro vkládání jednoho samostatného modelu do krajiny. Může se jednat o prvky obohacující pole a louky, jako posedy, studny apod., nebo se může jednat o modely, které dotváří intravilán, např. lavičky, houpačky.

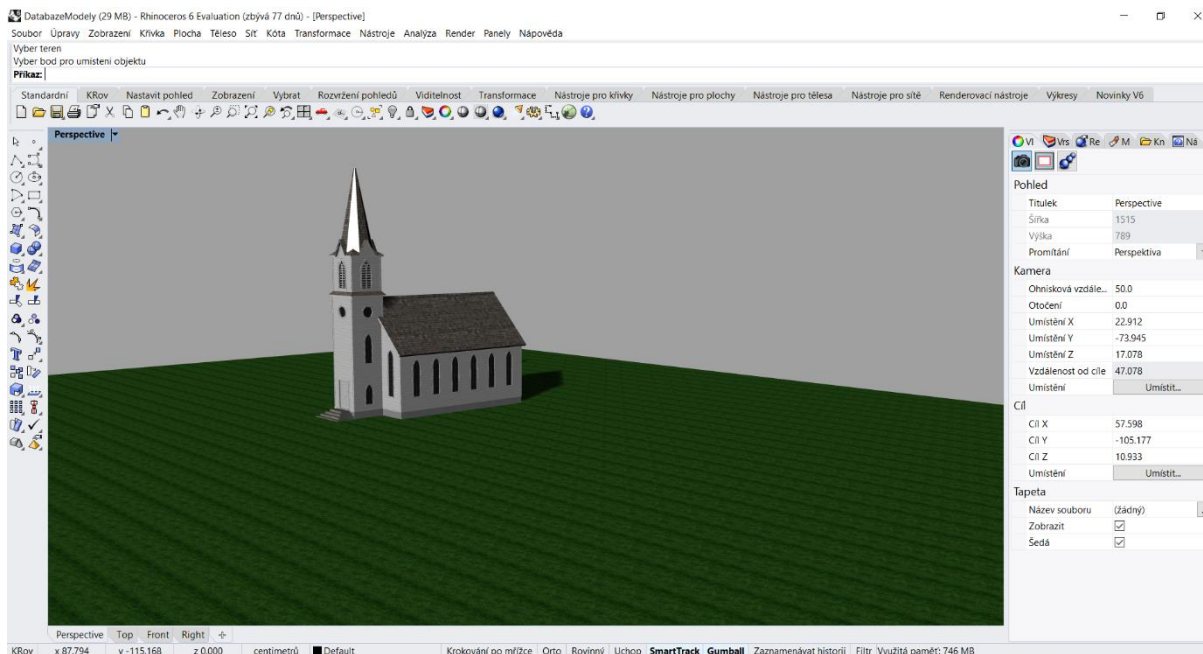
7.1.1 Popis funkce

Tato funkce slouží pro jednoduché vkládání samostatných modelů do krajiny VR. Funkce byla navržena tak, aby její používání bylo jednoduché a uživatelsky přívětivé. Princip funkce je, že na začátku prohledá databázi s modely (vysvětleno v předchozí kapitole) a uživateli vypíše seznam modelů, které se v databázi nachází (Obrázek 12).



Obrázek 12: Generátor modelů ve funkci AddOneObject

Dále si uživatel jedním kliknutím vybere model, který potřebuje a určí místo, na které má být model vložen. SW vypočítá výšku terénu, na který se model vkládá a model do dané výšky umístí (Obrázek 13). Funkce usnadňuje práci především automatickým vyhledáním a vložením modelu do správné výšky. Fungování funkce lze pochopit z přiloženého pseudokódu.



Obrázek 13: Výsledek vkládání modelu ve funkci AddOneObject

7.1.2 Pseudokód funkce

NázvyObjektů = Prohledej databázi a zjisti názvy všech objektů

*VkládanýObjektJméno = Vyber z **NázvyObjektů** objekt, který chceš vložit do VR scény*

*VkládanýObjekt = Podle jména objektu **VkládanýObjektJméno** nahraj do proměnné model určený pro vkládání*

*PočátečníBod = Podle jména objektu **VkládanýObjektJméno** nahraj počáteční bod modelu určený pro vkládání*

Terén = Vyber terén, na který bude model vkládaný

BodVložení = Urči bod ve VR, kam bude model vložen

*BodTerén = Promítni **BodVložení** na plochu **Terén***

*VloženýModel = Zkopíruj model **VkládanýObjekt** z pozice **PočátečníBod** do pozice **BodTerén***

*Vlož zkopírovaný model **VloženýModel** do vrstvy HCH_plugin*

7.2 Funkce AddGroupObject

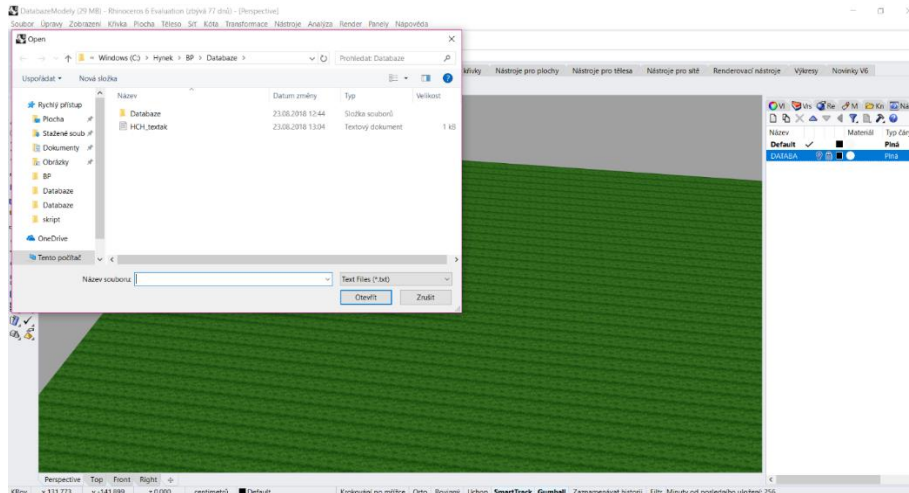
Tato funkce slouží k vkládání více objektů, které tvoří jeden celek, do krajiny. Je vhodné ji využít pro vkládání ucelených prvků, jako malá města, vesnice, zemědělské usedlosti, hotelové komplexy apod.

7.2.1 Popis funkce

Funkce AddGroupObject je vytvořena na principu vkládání několika objektů do krajiny VR. Funkce čerpá modely z databáze, stejně jako předchozí funkce. Zde jsou ale definovány skupiny objektů pomocí textového dokumentu, které tvoří jeden celek. V textovém dokumentu jsou definovány pro každý objekt skupiny další tři parametry. Tyto parametry definují posunutí od bodu vložení a natočení vzhledem k ose z. Tento dokument je při každém spuštění funkce nutné nahrát. Následně funkce automaticky zjisti názvy skupin a vypíše je do generátoru modelů. Funkce si stejně jako předcházející, automaticky dopočítá pozici na terénu, kam má být vložen.

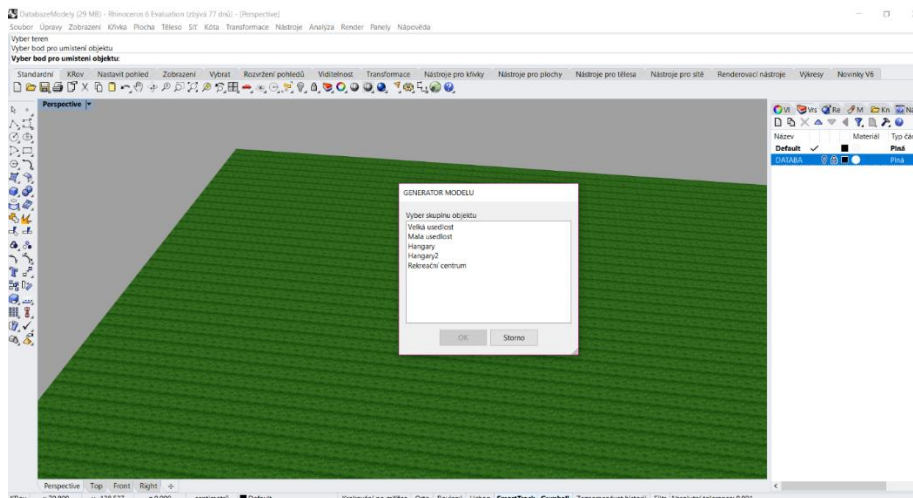
Nejprve je nutné do programu nahrát šablonu s databází modelů. Po jejím nahrání je spuštěna funkce AddGroupObject a program vyzve k výběru terénu, na který jsou objekty vkládány. Po vybrání terénu je vybrán bod, od kterého jsou počítány souřadnice a natočení modelů ze skupiny. Dle tohoto bodu na terénu je vypočítána z-souřadnice modelu. Dále

se automaticky otevře složka, ze které je nutné vybrat textový soubor, který je zmiňován v minulém odstavci (Obrázek 14).



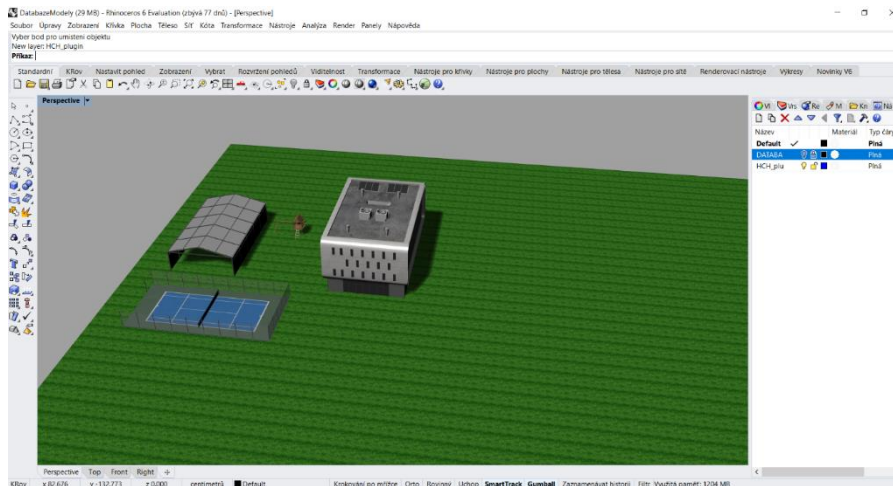
Obrázek 14: Výběr textového souboru obsahující skupiny objektů

Dále se zobrazí seznam, ve kterém jsou vypsané skupiny objektů dle zvoleného textového dokumentu (Obrázek 15).



Obrázek 15: Generátor modelů ve funkci AddGroupObject

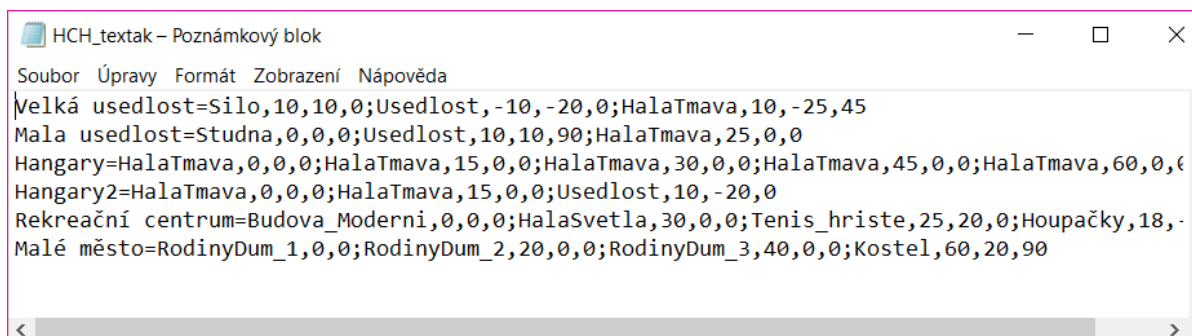
Ze seznamu je vybrána skupina modelů a po stisknutí tlačítka OK se modely zobrazí na terén od bodu, který byl určen v předcházejících krocích. Dále program vytvoří novou vrstvu *HCH_plugin*, do které jsou vytvořené modely automaticky nahrány. Pokud je tento postup opakovaný vícekrát za sebou, funkce pouze prohledá vrstvy v programu a pokud je vrstva *HCH_plugin* vytvořena, modely do ní nahraje (Obrázek 16).



Obrázek 16: Výsledek vkládání skupin objektů ve funkci AddGroupObject

7.2.2 Vytvoření textového dokumentu pro popis skupin

Nejdůležitějším prvkem této funkce je textový dokument obsahující definice jednotlivých skupin objektů. Je definována přesná struktura dokumentu, která musí být dodržena (Obrázek 17).



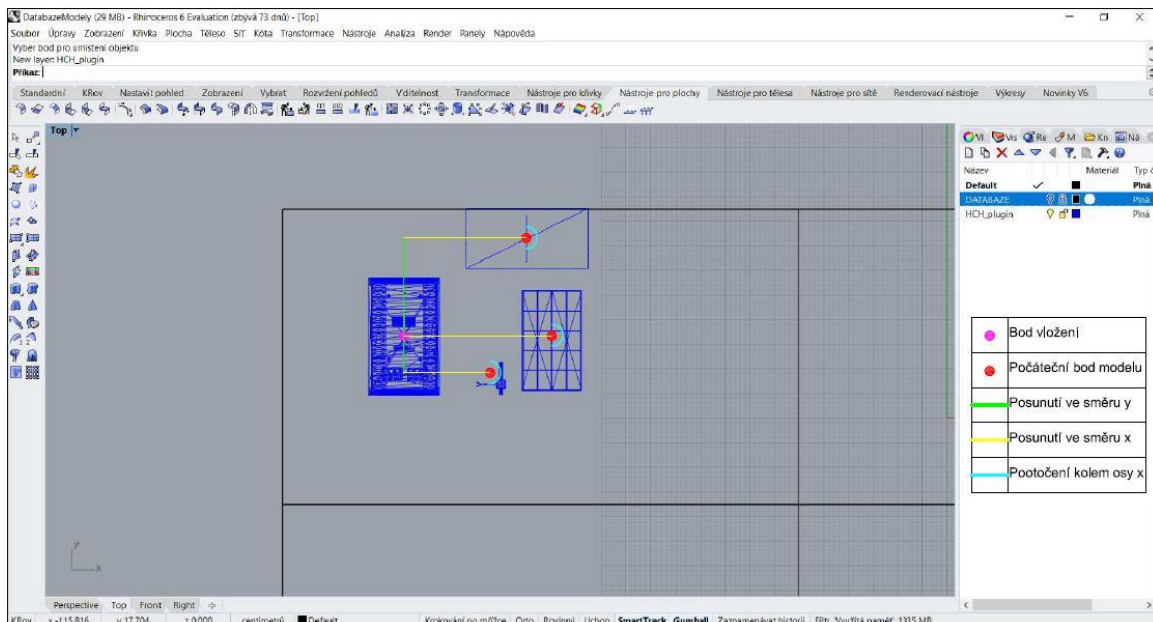
Obrázek 17: Ukázka textového dokumentu skupin objektů pro funkci AddGroupObject

Struktura dokumentu je následující:

Název_Skupiny = Název_Modelu, posunutí ve směru x, posunutí ve směru y, úhel natočení modelu;

Název_Skupiny definuje název, který se bude uživateli ukazovat v programu, jako seznam pro vybírání skupin. *Název_Modelu* musí být takový, jak je model pojmenovaný v databázi, aby ho bylo možné vyhledat. Posunutí ve směru x i y definuje posunutí v osách od bodu, který uživatel určil jako vkládací bod. Natočení vzhledem k ose z definuje pootočení modelu kolem osy z, procházející bodem vložení (Obrázek 1). Stejným principem jsou přidávány i další objekty skupiny. Bod vložení byl objektu přiřazen při vytváření databáze. Každý model musí

být ukončený středníkem „;“ a celý řádek nesmí být ukončený žádným znakem, respektive musí být ukončený úhlem pootočení posledního modelu skupiny.



Obrázek 18: Posunutí modelů od počátečního bodu

7.2.3 Pseudokód funkce

Teren = Vyber terén, na který bude model vkládáný

TextovýDokument = Vyhledej v počítači textový soubor definující skupiny objektů

*NázvySkupin = Získej ze souboru **TextovýDokument** názvy jednotlivých skupin*

*Vybraná skupina = Vyber z **NázvySkupin** skupinu, kterou chceš vložit do VR scény*

*PočetObjektů = Zjistí počet jednotlivých objektů ve skupině **VybranáSkupina***

*VkládanéObjekty () = Podle jména skupiny **VybranáSkupina** nahraj do proměnné modely určené pro vkládání*

*PočátečníBody () = Podle jména skupiny **VybranáSkupina** nahraj počáteční body modelů určených pro vkládání*

*Posunutí () = Podle jména skupiny **VybranáSkupina** zjistí pro každý model posunutí v osách x, y*

*Pootočení () = Podle jména skupiny **Vybraná skupina** zjistí pro každý model pootočení kolem osy z*

BodVložení = Urči bod ve VR, kam bude skupina vložena

i = 0

Do while i < PočetObjektů

BodPosunutí = přičti k souřadnicím **BodVložení** hodnotu posunutí (*i*)

BodVloženíModelu = Promítni **BodPosunutí** na terén **Terén**

VloženýModel = Zkopíruj model **VkládanéObjekty** (*i*) z pozice **PočátečníBody** (*i*) do pozice **BodVloženíModelu** (*i*)

Pootoč model **VloženýModel** kolem osy z o hodnotu **Pootočení** (*i*)

Vlož zkopírovaný model **VloženýModel** do vrstvy *HCH_plugin*

$i = i + 1$

Loop

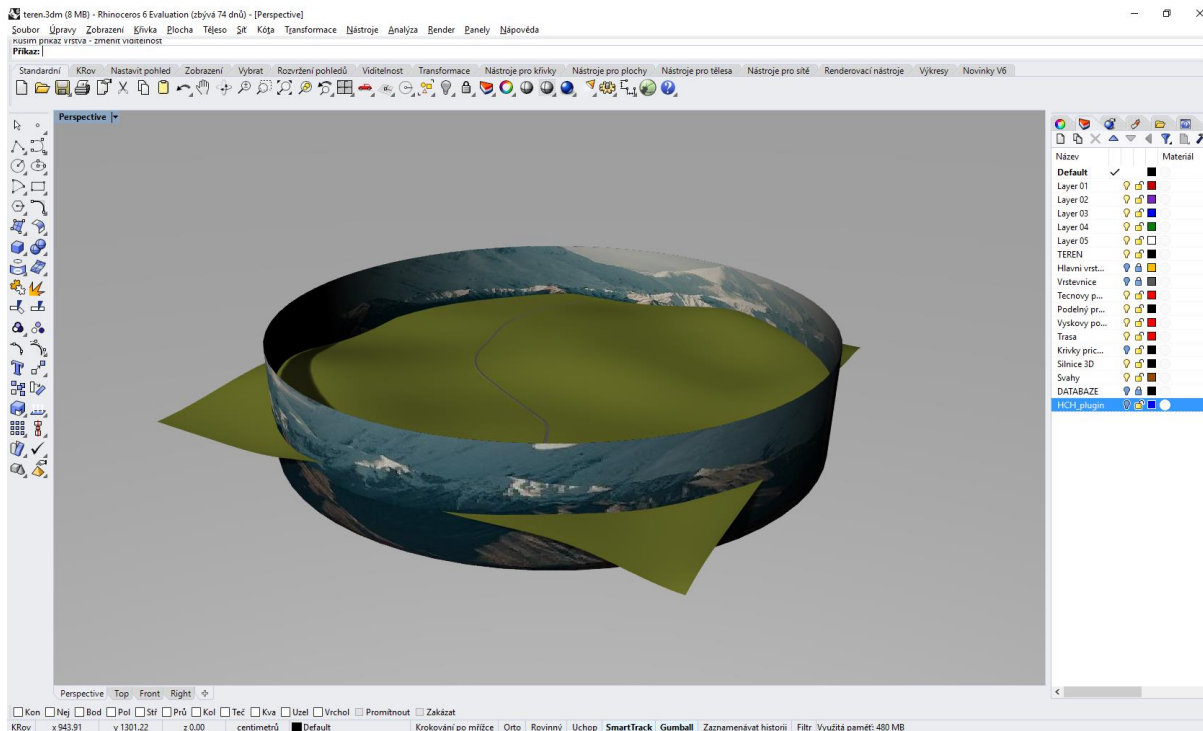
7.3 Funkce *Skybox*

Tato funkce byla vytvořena, aby dotvářela horizont scény. Princip funkce spočívá v obklopení krajiny válcem, na který je nemapovaná textura v podobě horizontu. Horizont může zobrazovat pohoří, oblačnost apod.

7.3.1 *Popis funkce*

Jednoduchá funkce, která řeší problém monotónního horizontu. Funkce vytváří dutý válec okolo bodu, který si uživatel na obrazovce sám určí a jeho poloměr je také zcela závislý na volbě uživatele. Výška válce závisí na poloměru kružnice, který uživatel zadá. Poměr *obvod kružnice* : *výška* je vždy ve stejný, aby bylo zachováno stejné mapování. Z tohoto poměru je určen formát mapovací textury, který musí být vždy stejný, v případě této práce 16:1. Tento poměr vyšel při zkoušení, jako nejvíce efektivní. Důležité je zdůraznit, že tento skybox není pohyblivý společně s kamerou, ale je statický.

Fungování funkce je následovné. Po spuštění se zobrazí hláška *Vyber střed skyboxu* (je to zcela libovolné, ale ideální je vybrat střed zkoumané oblasti), po vybrání středu se zobrazí hláška *Zadej radius*. Poloměr je možné zadat pomocí příkazového řádku, nebo ho vybrat v okně. Po tomto kroku se vytvoří válec, na který bude mapována textura s horizontem. Pro tyto postupy je dobré mít nastavený pohled Top (shora) (Obrázek 19).



Obrázek 19: Horizont ve VR - pohoří

7.3.2 Pseudokód funkce

Střed = Urči střed zkoumané oblasti

Poloměr = zadej poloměr válce pro tvorbu horizontu

*KružniceSkybox = Vytvoř kružnici o poloměru **Poloměr** a středu kružnice **Střed***

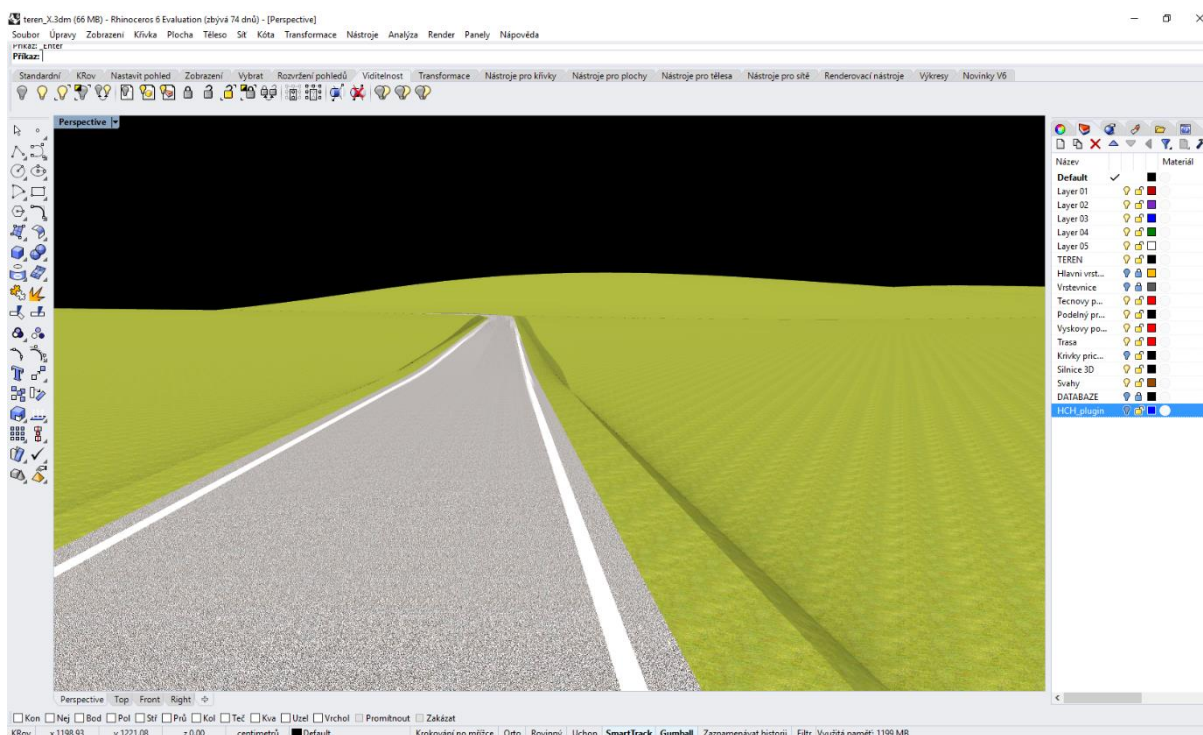
*Výška = $2 * \text{Poloměr} * 3.14 / 16$ //závisí na poměru textury*

*Skybox = Vysuň křivku **KružniceSkybox** o hodnotu **Výška***

8 Experiment

Na základě vypracovaných funkcí byl proveden experiment, kterým byla ukázána jednoduchost a efektivita vytvořených funkcí.

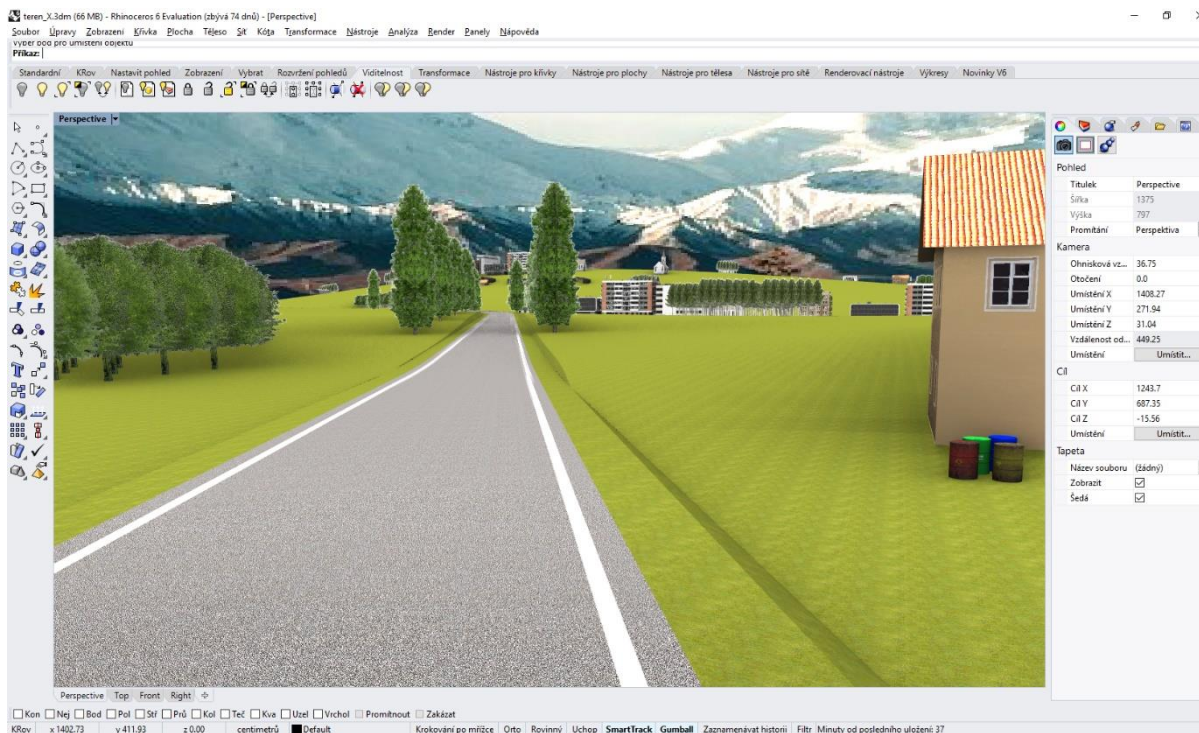
Pro požadovaný experiment byl nejdříve vytvořen terén a část extravilánu s použitím pluginu RoadCreator, který byl vytvořen Ing. Adamem Orlickým při vypracování jeho diplomové práce. Terén byl vytvořen pomocí použití plochy, která je částečně zdeformovaná, aby se vytvořilo částečné stoupání a klesání v terénu. Na terén byla nanесena textura trávy, případně pole. Pomocí pluginu RoadCreator byla na do terénu vytvořena komunikace (Obrázek 20).



Obrázek 20: Krajina před použitím vytvořených funkcí

Po vytvoření testovacího scénáře byla do programu nahrána šablona DatabázeModely, která byla do souboru importována. V dalším kroku byla spuštěna funkce pro nahrání nejdříve jednoho modelu, tedy AddOneObject. Pomocí této funkce bylo do scénáře vloženo několik modelů, např. kostel a silo a některé stromy. Funkci je možné použít vícekrát za sebou. Dále bylo pomocí funkce AddGroupObject do scénáře vloženo několik skupin objektů. Byla použita například zemědělská usedlost a rekreační centrum. Jako poslední krok byla použita funkce Skybox, kterou byl přidán horizont. Na horizont byla nanесena textura pohoří.

Celá krajina byla dotvořena použitím funkcí vytvořených v této bakalářské práci a čas strávený při dotváření byl do několika málo minut (Obrázek 21).



Obrázek 21: Krajina po použití vytvořených funkcí

Pro porovnání je předložen snímek scénáře před použitím funkcí (Obrázek 20) a po použití funkcí (Obrázek 21). Modely by samozřejmě bylo možné nahrát také ručně, ale vše by bylo složitější a trvalo by delší dobu, protože by musely být posouvány manuálně do výšky terénu, a proto je v těchto funkcích nepopsatelná výhoda.

9 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření pluginů ke zkvalitňování dodávání realističnosti virtuální reality vozidlových simulátorů.

Při řešení bylo postupováno následovně. Nejprve byli autorem prozkoumány možnosti, jak VR zkvalitnit, tedy byly provedeny testovací jízdy na vozidlovém simulátoru FD ČVUT v Praze, kde byly zjištěny a zaznamenány nedostatky. Z těchto scénářů byly vytvořeny snímky, které sloužili k porovnávání v analýze. Dále byla provedena analýza a plošný průzkum, kterému byli podrobeni především studenti FD ČVUT, tedy studenti, kteří se částečně problematikou zabývají. Zbylí probandi byli doplněni z řad široké veřejnosti, napříč různými věkovými skupinami.

Na základě porovnání výsledků autorovy analýzy a plošného průzkumu byly vybrány prvky, kterými je důležité se zabývat. Dále byly vytvořeny 3 různé funkce, které tyto prvky snadno a rychle umisťují do krajiny.

K vypracování byl vybrán nejvhodnější modelovací program pro účely této bakalářské práce Rhinoceros. Tento program je výhodný, protože má otevřenou platformu pro vývojáře, která dovoluje doplňovat program o nové funkční prvky – pluginy. Další výhodou je, že byla touto bakalářkou prací rozšířena funkcionalita programu Rhinoceros, který je využíván pro návrh scénářů pro vozidlové simulátory. Dříve již byly vytvořeny pluginy od Ing. Adama Orlického – RoadCreator a od Bc. Kláry Pudové – segmenty v podobě dlaždic s prvky komunikací a okolní vegetace. S přidáním funkcí vytvořených v této bakalářské práci jsou scénáře stále více reálnější.

Pro nově vytvořené funkce byla vytvořena databáze, která obsahuje všechny potřebné prvky, jež je možné umisťovat do krajiny. Modely jsou vkládány do programu a ukládány do vrstvy *DATABAZE* společně se svými počátečními body. Dále byl vytvořen plugin, pomocí kterého lze jednoduše, a především efektivně dotvářet scénáře.

První funkce umožňuje vkládání jednotlivých modelů, jako například lavičky, houpačky, kostel, silo apod. Funkce automaticky prohledá databázi modelů a vypíše z ní seznam, aktuálně vložených modelů. Dále vybraný model umístí na předem zvolený terén a bod na terénu. Automaticky si vypočítá z-souřadnici modelu, která se je shodná jako z-souřadnice terénu na místě, kde byl označen počáteční bod. Výhodou funkce je snadné rozšiřování databáze modelů, ze které mohou být modely jednoduše čerpány.

Pro druhou funkci byly vybrány prvky, které jsou složeny z více objektů a vytváří tak jeden celek, konkrétně se jedná o např. malé město, rekreační centra, zemědělské usedlosti apod. Pro vytvoření těchto skupin objektů je nutné vytvořit textový dokument, který má jasně danou strukturu, kterou je nutné při vytváření dodržovat. V tomto textovém dokumentu je uvedeno uspořádání modelů ve skupině. Podobně jako první funkce nejprve prohledá databázi modelů a následně vyzve k otevření textového dokumentu. Po zvolení správného dokumentu, vypíše seznam skupin objektů a po vybrání vloží objekty na předem vybraný terén. Zde každému objektu ze skupiny vypočítá zvlášť z-souřadnici, tak aby vždy byli vloženi přímo na terén a nijak ho nedeformovali. Velkou výhodou je jednoduchá struktura textového dokumentu, který lze snadno rozšířit o další skupiny objektů, případně již vytvořené skupiny rozšířit o další modely. Velikost skupin není omezena, takže je možné pomocí této funkce vytvořit i relativně velkou skupinu objektů.

Poslední funkce vytváří pomyslný horizont. Uživatel vybere bod v terénu, který bude středem kružnice a následně poloměr kružnice, nad kterou se vytvoří válec. Plocha válce je v poměru 16:1, který byl shledán jako ideální poměr pro účely horizontu. Na plochu válce je následně mapována textura, která vytvoří horizont okolí.

Výstup práce tvoří plugin, který napomáhá k vytváření reálnějších scénářů a tím ke kvalitnějším výsledkům a věřím, že najde uplatnění při vytváření scénářů pro vozidlový simulátor a bude využíván v plném rozsahu.

Hlavním přínosem práce je jednoduchost pluginu a jeho využití v budoucnu. Při využití tohoto pluginu je značně zjednodušena práce při doplňování prvků do scénářů. Jednoduchost spočívá především ve funkci, která vkládá skupiny objektů. Důležitý aspekt je jednoduché doplňování databází a skupin objektů, díky kterému je možné tyto funkce stále rozšiřovat.

Použité zdroje

- [1] FD ČVUT: K616 Ústav dopravních prostředků. FD ČVUT [online]. [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: <http://www.fd.cvut.cz/projects/k616x1f/>
- [2] IT KOPLETACE: Počítačová grafika [online]. [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: <http://www.kteiv.upol.cz/frvs/ict-kubricky/?page=pocitacova-grafika/pocitacova-grafika>
- [3] POČÍTAČOVÁ GRAFIKA (TE1MP_PGR) [online]. , 48 [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: POČÍTAČOVÁ GRAFIKA (TE1MP_PGR)
- [4] ORLICKÝ, Adam. Automatická tvorba silniční infrastruktury ve 3D pro vozidlové simulátory. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT.
- [5] PUDOVÁ, Klára. Tvorba počítačových 3D modelů segmentů komunikací pro vozidlové simulátory. Praha, 2017. Bakalářská práce. ČVUT.
- [6] Centrum pedagogicko-psychologického poradenstva a prevencie [online]. [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: http://www.cpppap.svsbb.sk/files/im_ost_vr.html#.W3882-gzZPZ
- [7] 3DSHOP.CZ [online]. [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: <http://www.3dshop.cz/hledat?q=rhinoceros>
- [8] STARGEN [online]. [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: <http://www.stargen.cz/slovník/vektorova-grafika/>
- [9] VXF: Český web o vizuálních efektech [online]. [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: <http://vizualniefekty.cz/jak-zacit-s-vfx-14-jak-na-uv-mapping/>
- [10] AutoDESK [online]. [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/id/Create-Low-Poly-Art-from-3D-Models/>

Seznam obrázku

Obrázek 1: příklad rastrové a vektorové grafiky	12
Obrázek 2: Příklad objektu v TIN reprezentaci.....	13
Obrázek 3: Příklad objektu v NURBS reprezentaci	14
Obrázek 4: UV mapování	15
Obrázek 5: Vizualizace vozidlového simulátoru na FD v Děčíně (pohled do kokpitu).....	17
Obrázek 6: Vizualizace vozidlového simulátoru na FD v Děčíně (pohled na celou laboratoř)	18
Obrázek 7: Low poly objekt.....	19
Obrázek 8: Ukázka tabulky připravené pro probandy.....	25
Obrázek 9: RhinoScripts v programu Rhinoceros	30
Obrázek 10: Databáze modelů	32
Obrázek 11: Ukázka scriptu.....	33
Obrázek 12: Generátor modelů ve funkce AddOneObject	34
Obrázek 13: Výsledek vkládání modelu ve funkce AddOneObject.....	34
Obrázek 14: Výběr textového souboru obsahující skupiny objektů	36
Obrázek 15: Generátor modelů ve funkce AddGroupObject	36
Obrázek 16: Výsledek vkládání skupin objektů ve funkci AddGroupObject.....	37
Obrázek 17: Ukázka textového dokumentu skupin objektů pro funkci AddGroupObject .	37
Obrázek 18: Posunutí modelů od počátečního bodu	38
Obrázek 19: Horizont ve VR - pohoří.....	40
Obrázek 20: Krajina před použitím vytvořených funkcí	41
Obrázek 21: Krajina po použití vytvořených funkcí	42

Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozdíl mezi VR a reálným světem.....	20
Tabulka 2: Výsledky plošného průzkumu.....	25
Tabulka 3: Hlavní nedostatky.....	27

Seznam příloh

Příloha 1: Snímky použité pro analýzu (a – Fotografie z reálného provozu; b – snímek z virtuální reality).....	48
--	----

Obsah CD

Plugin

- AddOneObject.rvb
- AddGroupObject.rvb
- Skybox.rvb

Šablona pro plugin

- DatabazeModely.3dm

Veškeré obrázky, tabulky a přílohy, které nemají uvedený zdroj, byly vytvořeny autorem práce.

**Příloha 1: Snímky použité pro analýzu
(a – Fotografie z reálného provozu; b – snímek z virtuální reality)**

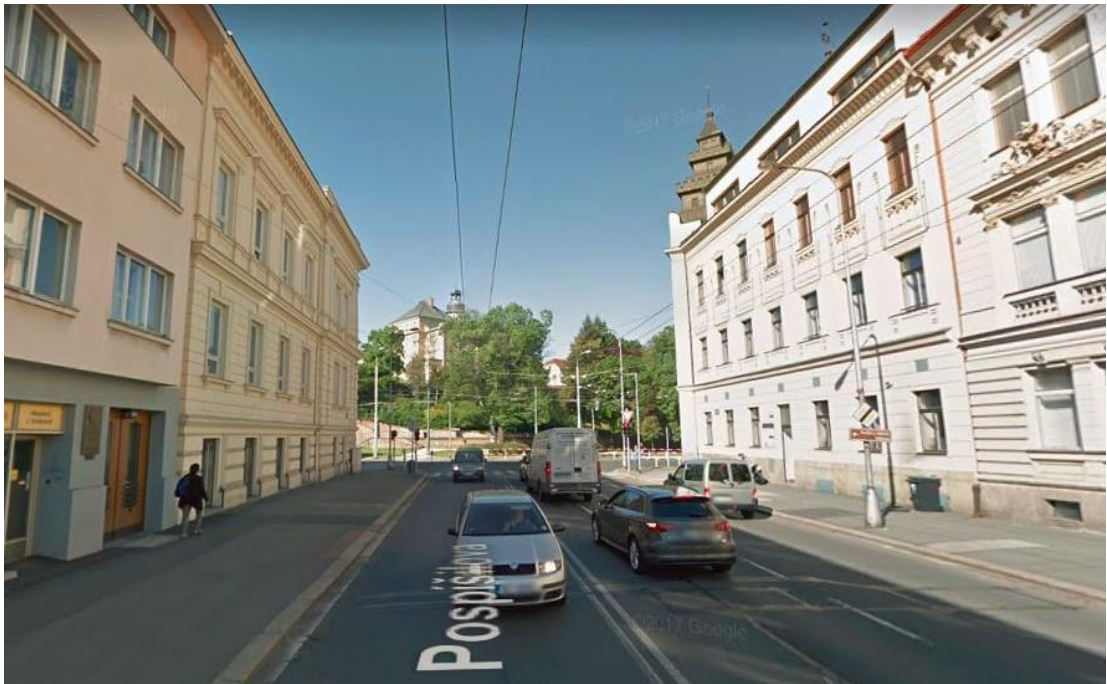
1a



1b



2a



2b



3a



3b



4a



4b



5a



5b



6a



6b



7a



7b



8a



8b



9a



9b



10a



10b



11a



11b



12a



12b



13a



13b



14a



14b



15a



15b



16a



16b

