

Výroba stylizovaných 3D CGI prostředí

Matěj Šak

Bakalářská práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Fakulta multimediálních komunikací

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Matěj Šak
Osobní číslo: K18102
Studijní program: B8209 Teorie a praxe audiovizuální tvorby
Studijní obor: Animovaná tvorba
Forma studia: Prezenční
Téma práce: 1. teoretická část:
Výroba stylizovaných 3D CGI prostředí

2. praktická část:
Pierre – 3D CGI animovaný film

Zásady pro vypracování

1. teoretická část:

Teoretická písemná práce se člení na dvě části: teoretickou část (TČ) a praktickou část (PP). Povinný minimální rozsah TČ je 15 normostran, u PP je to 5 normostran. Zatímco první, teoretická část písemné práce, se zabývá vybraným tématem, které se váže k praktické části BP, druhá, praktická část písemné práce, pojednává o praktickém výstupu bakalářského projektu a jde tedy o explikaci k bakalářskému projektu.

Cílem teoretické části je pojmut konkrétní téma a prostřednictvím práce s odbornými zdroji a s dalšími texty či díly jej analyzovat a zasadit do kontextu (a případně i do vztahu ke svému bakalářskému praktickému výstupu).

Cílem praktické části je popis vývoje a výroby bakalářského praktického výstupu, zasvěcení do procesu a obhajoba jeho východisek a výsledného tvaru.

Hodnotí se nejen jazyková úroveň textu (gramatika, stylistika), ale také formulace názorů, práce s informacemi, zacházení se zdroji. Povinný minimální počet odborných zdrojů je 5 článků, 3 knihy, alespoň z poloviny v cizím jazyce.

Odevzdat v elektronické podobě ve formátu PDF na Portál UTB a na NAS FMK; 1 ks kroužkové vazby v tisknuté podobě (stačí černobíle).

2. praktická část:

Praktická bakalářská práce má za cíl demonstrovat řemeslné dovednosti absolventa bakalářského studia, a tedy obsáhnout jak zvládnutí technologie, tak řemesla animace (pohyb postav, práce s prostorem, stylizace, timing...). V bakalářském projektu student představuje své silné stránky, a tedy si volí techniku, stejně tak akcentuje dílčí profese animovaného filmu (např. charakter design, výtvarník, charakter animátor, scenárista, režisér...). Možné je zhotovit bakalářský projekt výhradně jako autorskou záležitost, tedy bez volby jedné konkrétní profese.

Bakalářský projekt má povinnou minimální stopáž 1 minutu a povinnou maximální stopáž 5 minut. Jen ve výjimečných případech a na základě schválení pedagogy ateliéru Animovaná tvorba je možné stopáž překročit. (Do stopáže se započítávají titulky.)

Bakalářský projekt může být uceleným narativním dílem, nebo kompaktně seskládanou sadou animačních etud/obrazů/scén. V případě akcentace profesí jako je výtvarník animovaného filmu nebo charakter design / concept art se klade velký důraz na doprovodné materiály (studie, skicy, výtvarnou přípravu filmu apod.)

Dokončené dílo se odevzdává v předepsané technické kvalitě a jeho součástí jsou i kompletní materiály mapující vývoj (téma, námět, literární scénář, bodový scénář, storyboard, animatik) a podklady k propagaci a distribuci díla (titulková listina, formuláře pro OSA a NFA, plakát, obrázky z filmu).

Odevzdání videosoubor (export: velikost obrazu v bodech 1920 x 1080 FullHD 1080p, poměr stran 16:9, bitrate (kbit/s) 10,000-20,000, počet snímků za sekundu 25, poměr stran obrazového bodu pixel aspect 1:1 square, vstupní formát zvuku WAV, případně MP3, parametry zvuku 48000 kHz, 24Bit, Stereo, kodek H.264).

Součástí jsou: výtvarný návrh plakátu (formát 70x100cm, digitální podoba PDF příprava pro tisk, rozlišení 300 dpi ve formátu PNG nebo JPEG, režim CMYK barva), 5 snímků výtvarných návrhů, 8 snímků filmu (obojí ve stejné velikosti jako video), titulková listina.

Pro přijetí práce je nutné odevzdat vyplněné formuláře pro OSA a NFA a licenční smlouva k audiovizuálnímu dílu.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

KERLOW, Isaac. Mistrovství 3D animace. Brno Computer Press, a. s., 2011. 496 s. ISBN 978-80-251-2717-9

GURNEY James. Color and Light: A Guide for the Realist Painter. Andrews McMeel Publishing 2010. 224 s. ISBN-13 978-0740797712

SURYAVANASHI Santan a Hand P. BACHER. Vision: Color and Composition for Film. Laurence King Publishing 2018. 240 s. ISBN-13 978-178627220

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Lukáš Gregor, Ph.D.**
Ateliér Animovaná tvorba

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**



Mgr. Josef Kocourek, PhD.
děkan

Mgr. Lukáš Gregor, Ph.D.
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 1. prosince 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že:

- jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 6. 5. 2022

Jméno a příjmení studenta: Matěj Šak

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Práce definuje pojem stylizované 3D CGI prostředí, navrhuje způsob třízení všech takových prostředí z kinematografických projektů a videoher na základě hodnocení jejich stylizace podle čtyř různých kritérií a popisuje postup při výrobě takového prostředí nejen na autorově projektu Pierre.

Klíčová slova: prostředí, pozadí, stylizované prostředí, level, stylizace, animace, digitální animace, 3D, CGI, CG

ABSTRACT

The thesis defines the term stylized 3D CGI environment, suggests a way to categorize all such environments from videogames and cinematic projects on the basis of evaluating their style according to four different criteria, and describes the process of creating such environment in the author's project Pierre.

Keywords: environment, background, stylized environment, level, stylization, animation, digital animation, 3D, CGI, CG

Rád bych poděkoval mé přítelkyni, rodině, její rodině, přátelům, spolupracovníkům a ateliéru animované tvorby za neustálou podporu v hledání a budování mé profesionální kariéry v zábavním průmyslu, čehož je tato práce důkazem.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 STYLIZOVANÉ PROSTŘEDÍ OBECNĚ	12
1.1 DEFINICE 3D CGI STYLIZOVANÉHO PROSTŘEDÍ.....	12
1.1.1 Prostředí	12
1.1.2 Stylizace	13
1.1.3 Úplná definice 3D CGI stylizovaného prostředí.....	14
1.2 STYLIZACE A REALISMUS	15
1.2.1 Stručný přehled historie 3D CGI se zaměřením na prostředí.....	15
1.2.2 Stylizace proti realismu.....	17
1.2.2.1 Náročnost na výrobu	17
1.2.2.2 Stárnutí designu.....	18
2 TECHNIKY 3D STYLIZACE	21
2.1 MÍRA ZJEDNODUŠENÍ	22
2.1.1 Škála míry zjednodušení	22
2.1.1.1 Příklady zjednodušení – Animovaný film	24
2.1.1.2 Příklady zjednodušení – Videohra	26
2.1.2 Speciální styl: Lowpoly.....	26
2.2 MÍRA DEFORMACE	28
2.2.1 Škála míry deformace	28
2.2.1.1 Příklady deformace	30
2.2.2 Speciální styl: Voxel	30
2.2.2.1 Perlinův šum a Minecraft.....	31
2.3 MÍRA REALISMU VYKRESLENÍ.....	31
2.3.1 Škála míry realismu vykreslení.....	31
2.3.1.1 Příklady míry realismu vykreslení	34
2.4 MÍRA REALISMU ANIMACE.....	34
2.4.1 Škála míry realismu animace	34
2.4.1.1 Příklady míry realismu animace – Animovaný film.....	36
2.4.1.2 Příklady míry realismu animace – Videohra.....	38
2.5 OBECNÁ MÍRA STYLIZACE PROSTŘEDÍ	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
3 PROSTŘEDÍ PRO TEASER SERIÁLU PIERRE	41
3.1 VÝROBA PROSTŘEDÍ PRO ZKUŠEBNÍ TEASER PIERRA	41
3.1.1 Inspirace	41
3.1.2 Concept art	41
3.1.3 Model	42
3.1.3.1 Digitální plastelína	42
3.1.3.2 Modelování podle předlohy	42

3.1.4	Animace	43
3.1.5	Svícení a render	44
3.1.5.1	Svícení.....	44
3.1.5.2	Render a kamera.....	44
3.1.6	Postprodukce	44
3.2	VÝROBA PROSTŘEDÍ PRO FINÁLNÍ TEASER PIERRA.....	46
3.2.1	Změny proti zkušebnímu teaseru	46
3.3	PROSTŘEDÍ PIERRA Z POHLEDU HODNOCENÍ STYLIZACE	47
3.3.1	Míra zjednodušení	47
3.3.2	Míra deformace	48
3.3.3	Míra stylizace vykreslení	48
3.3.4	Míra stylizace animace.....	48
3.3.5	Rekapitulace	49
ZÁVĚR		50
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		52
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		54
SEZNAM OBRÁZKŮ		55

ÚVOD

Každý z nás se vždy nachází v prostředí: v prostoru relevantním pro střed – pro nás. Zahrnuje to vše, co kolem sebe vnímáme – nejen všechny hmotné věci a ostatní bytosti, ale i zvuky, vůně nebo počasí. Prostedí se nám mění několikrát denně a při každé změně se nám trochu změni pohled na svět a nálada. Proto se design prostředí stal důležitým médiem pro dokreslení a ztvárnění různých situací ve filmu i videohrách, i když se na něj docela často zapomíná v náročném souboji o soustředění diváka, který neustále vede s postavami.

Prostředí má spoustu uměleckého využití, od čistě estetické stránky, přes vedení pozornosti diváka, až po odhalení minulosti postav. A v animovaném filmu a videohrách se s ním dá pracovat téměř bez zábran. Jeho zpracování ve 3D přináší jisté výzvy, výtvarné i technické, ale pokud má tvůrce dost trpělivosti, může diváky přenést do světů vypracovaných stylem, který ještě nikdy nikdo neviděl, nabídnout tak strhující zážitek a vyvolat nejsilnější emoce. Potenciál 3D technologií pro ztvárnění krajiny zdaleka není prozkoumán a v tento moment je jedinou jistotou, že nabízí neomezenou škálu stylů.

A když je nějaká umělecká disciplína tak neomezená, vzniká v ní mnoho různých děl. Tato práce si proto klade za úkol vymyslet způsob, jak všechna díla, tedy stylizovaná 3D CGI prostředí z různých videoher a filmů, co nejexaktněji roztřídit podle úrovně stylizace a především obecně definovat stylizované 3D CGI prostředí jako takové. Takový systém totiž umožní divákovi udělat si přehled stylů, jaké se v odvětví používají a také nahlédnout do metod jejich výroby. V poslední části se poté navržený způsob kategorizace vyzkouší na dvou krátkých filmech autora práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 STYLIZOVANÉ PROSTŘEDÍ OBECNĚ

1.1 Definice 3D CGI stylizovaného prostředí

1.1.1 Prostředí

Prostředí se skládá ze všech faktorů a jevů vně organismu, které na tento organismus působí.¹ To zahrnuje všechny faktory fyzikální (např. teplota vzduchu, ale i všechno viditelné v podobě světla odraženého do fotoreceptorů daného organismu), chemické (vůně) nebo biotické (ostatní organismy v okolí). Tvůrci digitálního obsahu při navrhování prostředí, ať už reálného nebo smyšleného, mají k dispozici jen zvuk a obraz, se kterými si musí vystačit k popsání faktorů relevantních pro dané umělecké dílo a situace v něm. Pro navození správné atmosféry není potřeba zachytit veškeré možné faktory, ale je často výhodné zvýraznit více z nich najednou, aby se divák rychleji do situace vcítil. Klasicky například kromě sázky na zrakový vjem může režisér apelovat na další smysly – přidat do záběru animovaný kouř, který se line z kuchyně a navodit tím pocit vůně apod.

Tvůrci sice nemají nikdy možnost vykreslit a předat divákovi informaci o daném prostředí v celé své úplnosti, ale mají v zásobě několik triků, díky kterým mohou ukázat ty relevantní faktory, které nejsou v reálném prožitku možné. Jedním z nich je umění vedení pozornosti diváka, ať už střihem, kompozicí nebo svícením. Dalším mohou být uměle přidané prvky mimo filmový/herní svět, jako nediegetická hudba nebo vypravěč poskytující hlasem doplňující informace o prostředí.

Definice na začátku odstavce platí pro reálný svět, ale pro účely 3D animovaného filmu nebo videohry ji musíme lehce pozměnit. Jedním z problémů je, že pro animovanou postavu – prostředím prostředí, neplatí nutně pojem organismus. Postavou v díle může být doslova cokoliv, co se dá animovat a co divák může vnímat jako charakter (např. kámen, viz praktická část práce).

Druhá nepřesnost spočívá v tom, že o ten charakter stejně nejde, protože reálně je objektem daného prostředí pomyslná, obraz a zvuk zachycující kamera, která je pojítkem mezi prostředím reálného diváka před obrazovkou a univerzem filmu nebo hry. Kdyby bylo

¹ Co je „prostředí“?. EnviWiki [online]. Praha: Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, 2007, 11. 5. 2016 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: https://www.enviwiki.cz/wiki/Co_je_%E2%80%99Eprost%C5%99ed%C3%AD%E2%80%9C%3F

prostředí vázáno na postavu, tak by bez ní nemohlo existovat, ale existují filmy, které s konceptem postavy vůbec nepracují a sdělují informace právě skrze prostředí kamery.

Nový návrh definice je tedy:

Prostředí animovaného filmu nebo videohry se skládá ze všech fyzikálních, chemických nebo biotických faktorů a jevů vně pomyslné nediegetické kamery a postav v díle, které na kameru nebo postavy působí a mohou být divákovi sděleny obrazem a zvukem.

Samozřejmě důležitost postavy v příběhu ji posouvá na škále od čirého anonymního biotického faktoru, kdy by se dala považovat za součást prostředí (vedlejší zvířecí obyvatelé města *Zootopia*² ve stejnojmenném filmu – přestože mají malé interakce s hlavní postavou, stále fungují spíše jako způsob, jak popsat dané prostředí, než aby plnily nějakou konkrétní příběhovou roli), až po hlavní postavu příběhu, která jednoznačně do kategorie prostředí nepatří. Ta škála je však relativně pohyblivá a některé charaktery se mohou na začátku díla jevit jako součást prostředí, ale opakovaným zjevením se později stát samostatnou vedlejší postavou.

1.1.2 Stylizace

Druhá část definice se musí vypořádat s jevem stylizace. V říši 3D CGI umění se tím obvykle myslí mezikrok mezi snahou o nerozpoznatelný fotorealismus, který je obvyklou praktikou většiny blockbusterových filmů využívajících 3D triků (*The Jungle Book*³), a čirou 3D abstrakcí, se kterou se divák ve filmech moc neseťká, ale je často využívána v 3D motion grafice. Ta totiž často vsází na organizované pohyby 3D geometrických obrazců, jež nemají žádný hlubší význam nebo sdělení, jen estetickou kvalitu. Scott McCloud ve své knize *Jak porozumět komixu*⁴ realitu, obrazovou abstrakci bez významu a stylizaci místo do přímky staví do třech rohů trojúhelníkové mapy, protože našel svůj vrchol stylizace, za který považuje piktogram – úplně zjednodušený obraz, který má za sebou jasný význam a je potřeba mít speciální znalosti na jeho dešifrování. Nejvyšší vrchol je tedy abstrakce, levý vrchol je realita a pravý vrchol je význam a čím blíže je dílo k jednomu z vrcholů, tím čistější je jeho zařazení do těchto směrů. Skoro všechna díla se tak dají ohodnotit a následně na této mapě umístit do oblasti, která jejich styl správně zařazuje a vystihuje.

² *Zootopia* [česky Zootropolis: Město zvířat] [film]. Režie Byron HOWRAD, Rich MOORE. USA, 2016

³ *The Jungle Book* [česky Kniha džunglí] [film]. Režie Jon FAVREAU. USA, 2016

⁴ MCCLOUD, Scott. *Jak rozumět komixu*. Praha: BB/art, 2008. ISBN 978-80-7381-419-9.

Z reálného pozorování však vyplývá, že byť stále pravidla daného trojúhelníku platí, tak to, co se v praxi označuje za stylizovanou 3D tvorbu, pokrývá vlastně skoro celý jeho prostor – v podstatě cokoliv, co není snaha o fotorealismus a co nejsou jen abstraktní tvary bez dalšího významu, se považuje za stylizované 3D umění. A dokonce i čirá abstrakce se často objevuje v kategorii stylizace.

Proto pro účely této práce můžeme stylizované 3D CGI umění definovat jako jakýkoliv vizuální projev, který je generovaný počítačem ve virtuálním 3D prostoru, je případně doplněný zvukem pořízeným libovolným způsobem a neklade si za cíl dosáhnout nerozpoznatelnosti od skutečného fotografického nebo kamerového záznamu.

Počítačová technika se neustále zefektivňuje, a proto záměrně v definici operuji s kladením si cílů. Hry, které se snažily o fotorealismus před dvaceti lety už samozřejmě působí silně stylizovaným dojmem, ale jejich zkoumání není primárním předmětem této práce, protože stylizační výtvarná zkratka nebyla prvotním cílem při jejich designování.

Tato definice je však velmi široká, a proto pro naši potřebu budeme používat 4 specifitější škály, které jsou stylizaci zkoumaných filmů a her ušité na míru a pomůžou ještě důkladněji tato díla roztřídit. Najdete je i s příklady v druhé kapitole.

1.1.3 Úplná definice 3D CGI stylizovaného prostředí

Spojením těchto dvou oblastí se dá vytvořit tato hlavní definice:

3D CGI stylizované prostředí animovaného filmu nebo videohry se skládá ze všech vybraných fyzikálních, chemických nebo biotických faktorů a jevů vně pomyslné nediegetické kamery a postav v díle, které na kameru nebo postavy působí a jsou divákovi sděleny skrze audiovizuální obsah, jehož zvuková složka byla vytvořena nebo získána libovolným způsobem, zatímco vizuální složka byla, stejně jako grafika diegetického univerza nebo jeho části, generována ve 3D virtuálním prostoru počítačem a neklade si za cíl dosáhnout grafické nerozpoznatelnosti od skutečného fotografického nebo kamerového záznamu.

1.2 Stylizace a realismus

1.2.1 Stručný přehled historie 3D CGI se zaměřením na prostředí

Polygonální 3D CGI vzniklo, když Ed Catmull se svým kolegou v roce 1972 vytvořili dílo *Computer Animated Hand*⁵. Vynalezli tak techniku, kdy se bodům přiřadí různé souřadnice, správně se propojí hranami a ty se spojí v plochy, které když jsou ve správném uspořádání, tak vytvoří rozpoznatelný objekt – v tomto případě lidskou ruku. Už tehdy zkusili jednotlivé body animovat v čase a vytvořili tím první digitální sevření pěsti. Z dnešního pohledu jednoduchá záležitost, ale tento princip se používá dodnes a je v podstatě nepřekonaný, jen se na něj našroubovaly další postupy.

3D CGI se v mainstreamovém filmovém průmyslu používá od roku 1977, kdy vznikl první film franšizy Star Wars. Tam filmaři použili techniku tzv. *wireframe*⁶ k vizualizaci Hvězdy smrti⁷ na válečné poradě, což je zároveň příklad využití stylizované grafiky prostředí v hraném filmu. V roce 1982 byl natočen film *Tron*, který jako první ve velkém využil 3D grafiku vozidel, které zanechávají typické geometrické pruhy a podílí se tak na výstavbě estetiky prostředí filmu. V roce 1995 vzniklo po dlouhém technologickém boji režiséra Johna Lassetera veledílo *Toy Story* a odstartovalo nynější éru velkorozpočtových animovaných rodinných celovečerních filmů a období světové slávy studia Pixar. V roce 2006 naanimovali snímek *Auta*, který je sice považován za slabší příspěvek do jejich filmografie, ale rozpracovává téma prostředí v příběhu a zároveň byl záminkou pro vytvoření systému *ground locking*⁸, který umožnil soustředit více energie na tvorbu lákavých tratí a prostředí, protože všechna auta automaticky reagovala na nerovnosti povrchu a jejich jízda nemusela být animována snímek po snímku.

James Cameron si práci s počítačovými efekty oblíbil a po úspěšném Titanicu natočil v roce 2009 příběhově jednoduchý, ale vizuálně grandiózní film *Avatar*, jehož virtuální svět

⁵ Ultimate History of CGI, 2018, Computer Animated Hand (1972) - First polygonal 3D animation, YouTube video. [2022-03-20]. Dostupné z: <https://youtu.be/fAhyBfLFyNA>

⁶ Wireframe (doslova drátěná konstrukce) je technika, kdy se z 3D modelů renderují jen jejich hrany bez ploch (mnohdy s dalšími efekty, které hrany zhmotní nebo zdeformují) a vznikají tím typické síťové modely. Tato technika se mimo simulace hologramů a vizualizací hodí také na zpevnění sci-fi nebo post-apokalyptických vozidel, ke kterým se tak přivaří kovový rám.

⁷ evltube, 2007, Making of the Computer Graphics for Star Wars (Episode IV), YouTube video. [2022-03-20]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=yMeSw00n3Ac&ab_channel=evltube

⁸ Dá se přeložit jako přidržování u země.

Insider, 2021, How Pixar's Movement Animation Became So Realistic | Movies Insider, YouTube video. [2022-03-20]. Dostupné z: <https://youtu.be/QbhsMLD9Hb0>

s kompletně fiktivní faunou a flórou si zaslouží speciální pozornost. Vše po této podívané se dá považovat za novou generaci filmových triků, které postupně mažou hranici rozpoznatelnosti a nabízí tak filmařům neomezenou dílnu pro vytváření světů, což se ale v době psaní této práce zatím jeví spíše jako jednoduchý způsob k rychlým ziskům z na poslední chvíli napsaných superhrdinských a megalomanských akčních filmů, než jako geniální médium s nevyčerpatelnými možnostmi (např. Transformers: Age Of Extinction, 2014, který i přes skóre 17% na RottenTomatoes.com v době psaní vydělal přes miliardu dolarů⁹)

V roce 2013 Pixar začal ve velkém používat tzv. *global illumination* a *ray-tracing*, což znamenalo přestavbu svícení na zcela nový systém, který stojí na vyzařování paprsků ze všech zdrojů světla, jejich odražení od všech povrchů a následujícím vyhodnocení kamerou, čímž se snížila technická náročnost svícení a opět se rozšířil umělecký prostor. Tato technika se v roce 2019 tak zefektivnila, že se začala využívat i v real-time 3D CGI videoher (prvními hrami s touto technologií byly Metro Exodus a Battlefield V¹⁰), což napomohlo k celkovému pocitu realismu.

Ve stejném roce se také odvysílal seriál Mandalorian z univerza Star Wars, při jehož natáčení byl použit real-time vývojářsko-herní software Unreal Engine za pomoci obrovských LED stěn, které v reálném čase promítaly CGI 3D prostředí¹¹, které se hýbalo podle pohybu skutečné kamery a zajistilo tak v podstatě obdobu globálního osvětlení pro rekvizity a herce přímo na místě natáčení.

Celkově nyní všechno směřuje k minimálním časům vykreslování a k real-time grafice. Grafické karty s každou generací posouvají hranice nemožného a čím dál, tím víc, se maže rozdíl mezi studiovými a klasickými herními kartami i rozdíl mezi herní a filmovou grafikou. Také se snižuje potřebná technická znalost 3D softwaru a vývoj směřuje k freeware a uživatelsky přívětivým řešením (převážně iniciativa firem Epic a Blender), takže dochází k velkému rozšíření těchto uměleckých technik k široké veřejnosti, podobně jako se to

⁹ MCCLINTOCK, Pamela. Box Office Milestone: 'Transformers: Age of Extinction' Hits \$1 Billion Worldwide: The fourth installment in Paramount's franchise is the first film of 2014 to reach that mark, thanks in large part to a massive showing in China. Hollywoodreporter.com [online]. 3 August 2014 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.hollywoodreporter.com/movies/movie-news/box-office-milestone-transformers-age-723052/>

¹⁰ WILLINGS, Adrian. What is ray tracing and what hardware and games support it? [online]. May 10 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.pocket-lint.com/games/news/nvidia/148279-what-is-ray-tracing-and-what-hardware-and-games-support-it>

¹¹ What is mandalorian LED wall?: Mandalorian Virtual Set Cost. Doitvision.com/ [online]. 20 August 2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.doitvision.com/mandalorian-led-wall/>

v minulosti stalo například s fotografií, která v dřívě byla výsadou několika experimentátorů a nyní je v nějaké míře součástí života skoro každého z nás. V umění designu stylizovaných prostředí se však stále objevují nové výzvy: simulování klasických stylizací a jejich přenos do 3D prostoru, využití umělé inteligence, částečná automatizace, procedurálních přístupy při tvorbě rozsáhlých scénérií a podobně.

1.2.2 Stylizace proti realismu

1.2.2.1 Náročnost na výrobu

Dosáhnout fotorealismu v 3D grafice filmů a her byl (a stále je) obrovský, téměř nedosažitelný úkol. Malá videoherní studia při vzniku tohoto odvětví ho začala postupně dobývat a se stále větším rozpočtem se některá z nich rozrostla tak, že začala dosahovat technologické úrovně, která už v nezávislé tvorbě nebyla možná. Proto se pozdější herní indie scéna začala věnovat spíše stylizované grafice, která byla produkčně jednodušší. Vyrobit lowpoly strom je totiž zaručeně rychlejší než strom realistický, ale stále může bohatě dostačovat k dobrému zážitku ze hry (jak ukazuje například hra *Minecraft*).

V dnešní době jdou ale velká studia naproti zpřístupňování pracovních nástrojů veřejnosti a pokud nezávislý tvůrce chytrě využije různých služeb nabízejících předem nachystané 3D modely, tak v minimálním počtu lidí může dát dohromady dobře vypadající realistickou hru. Příkladem může být odemčení celé *Megascans*¹² kolekce fotorealistických modelů pro všechny uživatele bezplatného programu Unreal Engine, ve kterém se dá postavit celá hra nebo animovaný film. Megascans nabízí širokou škálu (v době psaní práce přes 12.000) fotogrametricky pořízených modelů, jenž dodává v kvalitě odpovídající první příčce na celém trhu. Uživatelé tak s průměrným herním počítačem můžou efektivně postavit fotorealistický les nebo město z těch stejných objektů, které často využívá Hollywood v nejmodernějších trikových filmech. Co se tedy týče her, tak se dá vyrobit realistická i stylizovaná v malém týmu. A samozřejmě i v obrovském, skvěle placeném.

U filmu je laťka realismu výš, ale díky všem dostupným addonům a pomůckám se také dá natočit nezávislý, ale kvalitní trikový film. Krásně to dokazuje projekt *Astartes*, série krátkých sci-fi CGI filmů na motivy univerza hry Warhammer 40,000. Produkční a realistická kvalita těchto snímků je neuvěřitelná, přičemž grafiku i animaci celého díla

¹² <https://quixel.com/megascans/>

vytvořil pouhý jeden člověk, *Syama Pedersen*¹³. Co se týče stylizované tvorby, ta opravdu může produkci ulehčit. I s menším budgetem a méně vytrénovaným týmem se dá vyrobit použitelný výstup, zatímco realistické VFX musí být dotažené, jinak hrozí prozrazení triku a nespokojenost diváka. Nicméně i ty nejjednodušší věci v kategorii studií vyrobeného internetového obsahu jsou produkčně náročné. Kupříkladu oblíbený seriál *Pocoyo*¹⁴ na první pohled vypadá naprosto jednoduše – nemá téměř žádné pozadí, jen bílou plochu, plus několik jednoduchých charakterů a rekvizit. Produkční cena ale i tak dosáhla v posledních dílech na 13,000 dolarů za minutu animace.

Pokud vezmeme v potaz AAA produkci, tak v ní neexistuje žádný limit ani pro stylizované animované filmy, ani pro nejlepší trikové blockbustery. Obě kategorie však mají podobné rozpočty, mezi 100 a 300 miliony dolarů. Takže stylizace na nejvyšším levelu není zaručený způsob, jak ušetřit peníze.

Závěrem tedy je, že na té nejnižší individuální úrovni je o něco jednodušší tvořit grafiku stylizovanou, pokud se vše vyrábí od nuly. Tato propast se bourá s využitím pomůcek, předpřipravených realistických objektů a poloautomatizovaných procesů (např. chytré materiály). Na úrovni nezávislých studií se tento rozdíl pomalu maže a záleží na schopnosti týmu. V soutěži těch největších korporátů už na 3D technice v podstatě nezáleží, protože každá stojí několik stovek miliónů dolarů a v kombinaci s úspěšnou IP vždy vrátí studiu několikanásobek.

1.2.2.2 *Stárnutí designu*

Stylizovaná 3D grafika má oproti snaze o fotorealismus značnou výhodu, protože tolik nestárne. Čím je stylizace blíže abstrakci nebo čistému významu, tím nadčasovější je. Můžeme zmínit například *Toy Story*¹⁵, což je první 3D celovečerní film. Na první pohled je to jasně stylizovaný, ale v kontextu výtvarna prostředí dalších dílů se řadí spíše do kategorie realistických VFX. Hračky jsou stylizované, ale jejich materiál je v ideálním světě totožný s tím reálným, jak ukazuje film *Toy Story 3*¹⁶. I přes obrovský rozpočet, v roce 1995 tým

¹³ COLLINS, Adrian. AN INTERVIEW WITH SYAMA PEDERSEN CREATOR OF ASTARTES. Grimdarkmagazine.com [online]. July 10 2019 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.grimdarkmagazine.com/an-interview-with-syama-pedersen-creator-of-astartes/>

¹⁴ Pocoyo [seriál]. Režie David CANTOLLA, Guillermo GARCIA, Alfonso RODRIGUEZ. Velká Británie, Španělsko, 2005 - současnost.

¹⁵ Toy Story [česky Toy Story: Příběh hraček] [film]. Režie John LASSETER. USA, 1995.

¹⁶ Toy Story 3 [česky Toy Story 3: Příběh hraček] [film]. Režie Lee UNKRICH. USA, 2010.

ještě nebyl schopný fotorealismu dosáhnout a s odstupem času vznikl klasický zaostalý obraz podobný videohrám vydaným kolem roku 2010.

U videoher je tento problém ještě markantnější a nejlépe to vystihuje libovolná dlouhodobě vycházející série, jako třeba GTA. První 3D díl, *GTA III*¹⁷, se snaží co nejvěrněji napodobit město plné gangsterů, ale je viditelně omezený na malý počet polygonů a opakující se textury. Tento styl starých her má své kouzlo, protože už se se svojí zastaralostí dostal na úroveň stylizace, ale protože nebyla primárním cílem, tak umělecky nikdy nepřekoná cíleně zjednodušené hry, jako třeba *Minecraft*. Ten se díky výtvarné jednoduchosti a zábavné hrátelnosti stal celosvětovým fenoménem a nejprodávanější hrou vůbec. U něj nezáleží o kolik let zestárne, protože jeho grafika je univerzální a bude fungovat i za 20 let.

GTA se samozřejmě posunulo o kus dále, nejnovějším příspěvkem je *GTA V*¹⁸ z roku 2013. V době vydání bylo považováno za jednu z nejrealističtějších her na trhu, ale v době psaní už jí bude 9 let a je to na ní znát. Tento boj o pocit fotorealismu je nekonečný a nedá se vyhrát. Postup má charakter křivky neustále se přibližující k ideálu, ale každoročně stále s menším rozdílem. Pořád bude něco chybět, ať už to bude nesprávné chování davu v pozadí, špatná simulace rozpadání ledu a zabořování se do bahnitého terénu, nedokonalé a podivné chování zvířat ve volné přírodě, nepřesně napojené plochy s trávou do země v detailu a nevěrohodně problikávající volumetrická mlha v celku. Těch drobných problémů a nepřesností bude vždy neomezený počet, protože pokud se člověk dívá pořádně, vždy ten rozdíl od skutečného světa najde.

To ale u stylizované grafiky nemusí nastat, protože ta může své vyjadřovací prostředky uměle determinovat a stanovit z nich normu, kterou je hráč nebo divák nucen přijmout. A pokud je norma dodržena bez nečekaných chyb, tak se jedná o nadčasové, dokonalé dílo. Takovou hrou může být například hra *Mini Motorways*¹⁹, která je tak graficky čistá, že jí vlastně až na pár malých bugů není co vytknout. A v příštím století na tom bude stejně. Bohužel není vytvořena ve 3D, ale podobná estetika je ve 3D určitě dosažitelná (*Bad North*, apod.). Film má výhodu v tom, že výtvarno může mít komplexnější, ale zároveň bezchybné. Tím že je divák omezen na pečlivě vybraný obraz, tak producent může všechny nedokonalosti odstranit nebo schovat.

¹⁷ DMA Design. Grand Theft Auto III. 2001-22-10.

¹⁸ Rockstar North, Rockstar San Diego, Rockstar Leeds, Rockstar Toronto, Rockstar New England, Rockstar London. Grand Theft Auto V. 2013-17-09.

¹⁹ Dinosaur Polo Club. Mini Motorways. 2019-19-09.

Je to jeden z největších argumentů, proč se snažit ve 3D hledat a vytvářet nové styly. Přemýšlet, jak krajinu a prostředí zjednodušit, ale zároveň zachytit podstatu a ponechat uvěřitelnost. Když se to totiž udělá správně, tak vznikne vizuální fenomén, který bude relevantní a rozpoznatelný desítky, ne jednotky let. Technicky to jednoduché není, protože se tvoří úplně nová pravidla a pipeline, ale zároveň je to směr, který nikdy nebude úplně vyčerpaný a vždy se v něm na rozdíl od realistického zobrazení dá najít něco nového a originálního.

2 TECHNIKY 3D STYLIZACE

V minulých kapitolách už zaznělo, že stylizované 3D je velice široký pojem. Proto tato práce navrhuje několik užších atributů, podle kterých se dají jednotlivá díla roztřídit. Jedná se o *míru zjednodušení*, *míru deformace*, *míru realismu vykreslení* a *míru realismu animace*. Všechny tyto vlastnosti jsou aplikovatelné také na charaktery nebo jakýkoliv konkrétní prvek, jehož stylizaci chceme konkrétněji definovat. Každý atribut bude představen jako škála se dvěma extrémy na koncích a deseti mezistupních, které pomáhají k exaktnějšímu ohodnocení zkoumaných děl. Na levém konci se vždy nachází realismus (nultý bod), na pravém druhý extrém relevantní pro danou škálu (pomyslný jedenáctý bod). Pro upřesnění jsou vždy jasně definovány první, čtvrté, sedmé a desáté body. Celý tento systém ale ze své podstaty nemůže být čistě exaktní a pozorovací odchylka může být až 2 stupně. Připojené příklady jsou rozdělené na filmy a videohry podle linky – celá značí film a přerušovaná videohru. Obě kategorie sledují osm příkladů, které jsou ohodnoceny na každé škále.

Vybraná filmová díla a jejich prostředí jsou: *Cars*²⁰ (2006): *Radiator Springs*, *Wreck-It Ralph*²¹ (2012): *Sugar Rush*, *The Lego Movie*²² (2014): *Bricksburg*, *Spider-Man: Into the Spider-Verse*²³ (2018): *Brooklyn*, *Soul*²⁴ (2020): *New York*, *Migrants*²⁵ (2020): *The Arctic*, *The Mitchells vs. the Machines*²⁶ (2021): *Silicon Valley*, *Arcane*²⁷ (2021): *Piltover*

Vybraná videoherní díla a jejich prostředí jsou: *Minecraft*²⁸ (2011): *New World*, *Dishonored*²⁹ (2012): *Dunwall*, *Don't Starve*³⁰ (2013): *Maxwell's World*, *Bad North*³¹ (2018): *The Kingdom*, *Red Dead Redemption 2*³² (2018): *North America*, *Lonely*

²⁰ Cars [česky Auta] [film]. Režie John LASSETER. USA, 2006

²¹ Wreck-It Ralph [česky Raubiř Ralf] [film]. Režie Rich MOORE. USA, 2012

²² The Lego Movie [česky LEGO příběh] [film]. Režie Chris MILLER, Phil LORD. USA, AUSTRÁLIE, DÁNSKO, 2014

²³ Spider-Man: Into the Spider-Verse [česky Spider-Man: Paralelní světy] [film]. Režie Bob PERSICHETTI, Peter RAMSEY, Rodney ROTHMAN. USA, 2018

²⁴ Soul [česky Duše] [film]. Režie Peter DOCTER. USA, 2020

²⁵ Migrants [film]. Režie Hugo CABY, Antoine DUPRIEZ, Lucas LERMYTTE, Zoé DEVISE, Aubin KUBIAK. Francie, 2020

²⁶ The Mitchells vs. the Machines [česky Rodina na baterky] [film]. Režie Michael RIANDA. USA, 2021

²⁷ Arcane: League of Legends [seriál]. Režie Pascal CHARRUE, Arnaud DELORD. USA, Francie, 2021

²⁸ Mojang Studios. Minecraft. 2009-17-05.

²⁹ Arkane Studios. Dishonored. 2012-09-10.

³⁰ Klei Entertainment. Don't Starve. 2013-23-04.

³¹ Plausible Concept. Bad North. 2018-20-07.

³² Rockstar Studios. Red Dead Redemption 2. 2018-26-10.

*Mountains*³³ (2019): *Mount Riley*, *Short Hike*³⁴ (2019): *Hawk Peak Provincial Park*, *World of Warcraft: Shadowlands*³⁵ (2020): *Ardenweald*

Jasně vyčlenění pozorovaného je občas sporné, pokud se jedná o celé prostředí. Ideální by bylo sledovat jeden určitý prvek, který se opakuje ve všech dílech, např. strom nebo voda. Pro větší efektivitu ale budeme rozebírat konkrétní prostředí jako celek, avšak bude to jedno prostředí specifické, ne souhrn všech prostředí v daném díle, protože ty se můžou stylem lišit.

2.1 Míra zjednodušení

2.1.1 Škála míry zjednodušení

Kim Aava ve svém článku pro 80.lv o stylizaci³⁶ píše, že referuje reálný vzhled daného prvku, ale bez pokusu o bezchybné zobrazení všech detailů. Krása stylizace spočívá právě ve vynechání nepotřebného a zdůraznění důležitého. A toto zjednodušení je jedním z hlavních atributů, které u prostředí můžeme zkoušet hodnotit a porovnávat mezi jednotlivými díly.

První škálu můžeme zjednodušeně postavit jako úsečku, na jejímž pravém konci je čistý význam. Mohla by tam být i čirá výtvarná abstrakce, ale pokud hodnotíme sílu stylizace díky vynechání detailů, tak hodnotíme míru extrakce významu z realistické vizuální reprezentace zkoumaného prvku. Čistá abstrakce bez významu tak na této škále není zastoupena, protože na ni nepatří. Na levé straně je naopak čistý realistický obraz, který nevynechal žádné detaily.

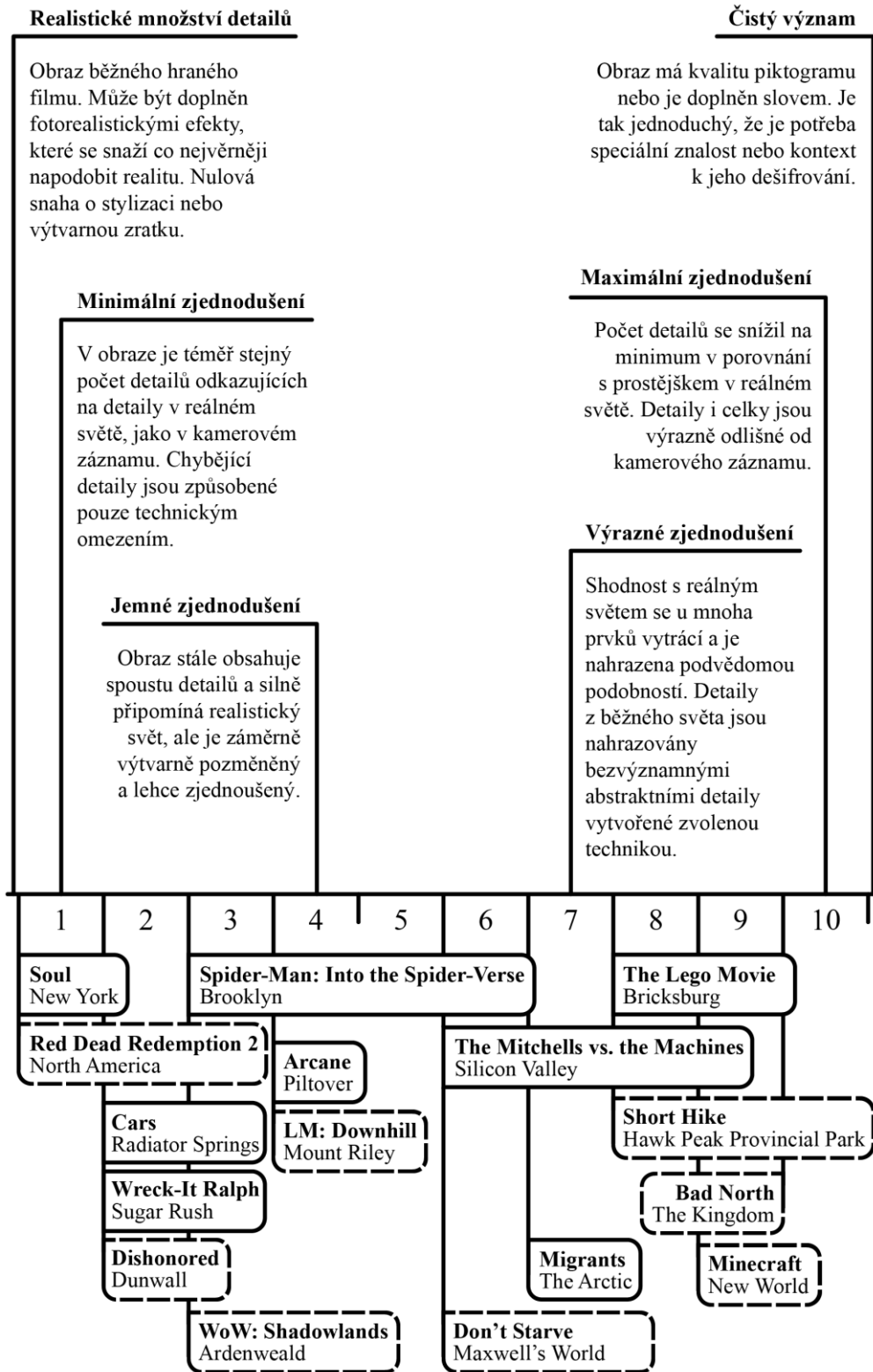
Je ale potřeba si ujasnit, že se nejedná o hodnocení vykreslovací techniky, pouze o úroveň detailu. Pokud bychom se přesunuli do kategorie klasických komixových ilustrací, tak propracovaná a prokreslená tušová ilustrace lesa by byla zařazena blízko levého konce škály.

³³ Megagon Industries. *Lonely Mountains: Downhill*. 2019-23-10.

³⁴ Adam ROBINSON. *A Short Hike*. 2019-05-04.

³⁵ Blizzard Entertainment. *World of Warcraft: Shadowlands*. 2020-23-11.

³⁶ AAVA, Kim. *Realistic vs. Stylized: Technique Overview*. 80LV [online]. 2017, 12 December 2017 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://80.lv/articles/realistic-vs-stylized-technique-overview/>



Obr. 1 Škála míry zjednodušení

2.1.1.1 Příklady zjednodušení – Animovaný film

Každou škálu si ukážeme na několika příkladech. Je nutno podotknout, že vždy se jedná o prostředí daného díla, takže i když má divák zafixované některé filmy jako silně stylizované, samotné prostředí může být dost realistické.

Typickým příkladem jsou filmy od studia Pixar. Charaktery tam jsou vždy zjednodušené, aby se líbily mladým divákům, ale pokud se podíváme pozorně na okolí, tak zjistíme, že se v něm studio snaží udržet tolik realistických detailů, kolik mu nejnovější technologie dovolí. Ve filmu *Soul* se na věrohodnost zaměřili ještě více, než je obvyklé ve starších snímcích. Část příběhu odehrávající se v New Yorku by se dala považovat téměř za hranou, jen s mírně karikovanými postavami. Prostor nestylizovali skoro vůbec, ale stále tam není dost detailů, aby byl obraz zaměnitelný s fotografií. Toto prostředí ale můžeme použít jako náš realistický začátek škály s hodnotou jedna.

Pokročilejší stylizace v rukou velkých studií se často na detaily orientuje – protože mají ve zvyku tvořit výtvarnou zkratku spíše tvarem nebo technikou. Můžeme zmínit například seriál *Arcane*, vypracovaný francouzským studiem Fortiche³⁷, které si najal herní behemot Riot Games. Budeme se k němu ještě vracet, protože reprezentuje typickou, původně spíše videoherní, 3D stylizační techniku, která primárně pracuje s digitálními, ručně malovanými texturami³⁸. V seriálu se objevují dva světy: *Zaun* – chudinská podzemní čtvrť a *Piltover* – bohaté město plné vynálezů a bohatých obyvatel. Jsou odlišné tvary i barvami, ale úroveň detailů je podobná: relativně vysoká. Malované textury totiž umožňují i na velmi jednoduché modely promítnout cokoli, co umělec dokáže namalovat v libovolném editoru umožňujícím úpravu obrazových souborů. Vizuál pak působí stylizovaně, ale ve své podstatě je jen o trochu více zjednodušený než realistická krajinářská malba, takže na škále míry zjednodušení se dostal na hodnotu čtyři. Pojdme se blíže podívat na Piltover. Město je sice fiktivní, ale v popisu jednotlivých budov jsou autoři podobně důkladní, jako autoři pozadí libovolného městského anime s vysokým rozpočtem, která často vznikají téměř přímým přemalováním referenčních fotografií. Ty u *Arcane* k dispozici nebyly, ale díky inspiraci ve viktoriánské architektuře byl tým schopný navrhnout dostatečně přesvědčivé a detailní

³⁷ DUDOK DE WIT, Alex. The Secret To 'Arcane' Studio Fortiche's Success: It's Owned By Artists. Cartoonbrew.com [online]. 2022, 1 May 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.cartoonbrew.com/studios/the-secret-to-arcane-studio-fortiches-success-its-owned-by-artists-211970.html>

³⁸ BURTON, Arti. A Closer Look at Texturing in Arcane: Fortiche's amazing artists finally shared a behind-the-scenes look at some of the models prepared for the Netflix show. 80LV [online]. 2022, 9 January 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://80.lv/articles/a-closer-look-at-texturing-in-arcane/>

budovy a veřejné prostory. Podobně je na tom i film *Spider-Man: Into the Spider-Verse*, který při vydání šokoval svět svým alternativním stylem, ale při důkladnějším prozkoumání městských scénérií se ukázalo, že i v něm je úroveň detailů docela realistická – domy v pozadí mají balkóny s uvěřitelnou konstrukcí, na ulicích je spousta nápisů a plakátů, fasády domů jsou často lehce poškozené nebo zandalizované. Typická pruhovaná textura však občas některým povrchům dovolí zůstat prázdnými, podobně jako u stylu *Arcane*, kde se některé detaily ztratily v textuře tahů digitálního štětce.

Na pravé straně bychom mohli najít například film *The Lego Movie*. Tvůrci postavili město ze světoznámé stavebnice *Lego*, kterou nasimulovali v digitálním prostředí. Lego staví především na dílech o výšce 9.6 mm a šířce v násobcích 8 mm, které se dají libovolně skládat. Doplněné jsou o širokou paletu dílů speciálních a miniaturních figur, takže se ze stavebnice dá vyrobit napodobenina téměř čehokoliv. Každá stavba je však limitovaná na existující druhy dílů. Tímto omezením vzniká nutnost stylizační zkratky téměř u každého výtvaru a zákazníci se u svých modelů předhánějí v nápaditosti s využitím limitovaného množství tvarů a barev. Ve zmiňovaném filmu museli tvůrci bojovat se stejnou umělou překážkou. 3D technologie jim ulehčila jen některé aspekty, protože se snažili zůstat předloze co nejvěrnější. Například stále drželi většinu designů v klasické paletě obsahující 39 barev, což samozřejmě v porovnání s reálným městem znamená vynechání spousty maličkostí. Tvarem jsou díly sice rozmanité, ale kvůli své velikosti v poměru k figuře dochází k zprůměrování a zjednodušení zobrazovaného prostředí a typickému nárůstu objemu původně drobných předmětů. Celkově je celé město *Bricksburg* v porovnání s kamerovým záznamem libovolného opravdového velkoměsta velice strohé. Na první pohled tak ale nevypadá, protože tvůrci na všechny díly použili textury, které narušují perfektní lesklost. Tím zajistili podobnost se stop-motion inspirací (vycházeli z amatérských Lego animací zveřejněných na internetu³⁹), jež se těmto drobným odřeninám materiálu nemůže vyhnout. Tento druh detailu ale na naší škále není podstatný, protože diváka sice přesvědčuje o tom, že tvůrci opravdu použili stavebnici, ale ta je sama o sobě stylizací reálného světa, takže použitý miniaturizovaný vizuál města můžeme zařadit mezi nejzjednodušenější velkorozpočtová prostředí vůbec.

³⁹ AMIDI, Amid. Let's Talk About the Animation in "The Lego Movie". In: Cartoonbrew.com [online]. 2 May 2014 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.cartoonbrew.com/cgi/lets-talk-about-the-animation-in-the-lego-movie-95781.html>

2.1.1.2 Příklady zjednodušení – Videohra

U videoher bylo původně zjednodušování technologickou nutností, ale postupně se grafika začala limitovat i záměrně. Mezi takové tituly patří například *Minecraft*, který staví na retro pocitu svých krychlových světů s minimalistickými texturami. Můžeme ho zařadit k těm téměř nejzjednodušenějším hrám. Vizuální návrat do historie však nemusí být jediným způsobem stylizace. Spousta her vyvinula sofistikované systémy, které umožňují obraz vyčistit, ale zároveň si uchovat moderní design. V takové kategorii se nachází nezávislý *Bad North*, který propojuje malovanou estetiku ostrova s vektorem a linkou.

Na druhém konci škály můžeme najít hry, které používají ručně malované textury, tj. stejnou techniku jako zmiňovaný seriál *Arcane*. Ukázkovým příkladem je *Dishonored*, hra tvořená s velkým důrazem na herní a estetickou kvalitu jednotlivých úrovní. Na rozdíl od většiny moderních titulů má totiž úroveň úplně oddělené od sebe, takže místo kvantity otevřeného světa nabízí devět propracovaných kapitol. V každé je jiné počasí a část dne, takže i když se některá místa opakují (skoro celá hra se odehrává ve fiktivním městě *Dunwall*), tak vždy mají novou atmosféru. Malované textury malou část detailů schovávají a často můžeme vidět záměrně odhalené tahy digitálního štětce. Celkově tak prostředí působí jako krajinářský obraz. Nicméně na levé straně škály je tato hra kvůli celkovému dojmu, který viktoriánskému městu dost silně odpovídá. S detaily se nešetří, ať už jsou to odpadky na ulici nebo nedokonalosti stěn a povrchů. V druhém díle už tvůrci tuto stylizaci vyměnili za klasickou snahu o fotorealismus, proto tento první díl můžeme považovat za mezičlánek stylizace a realismu a dílo nacházející se téměř na samém levém konci škály.

2.1.2 Speciální styl: Lowpoly

V rámci popisu našich čtyř škál je potřeba představit několik běžných technik, které se k výrobě stylizovaných 3D prostředí používají. Samozřejmě se dá tvrdit, že se dá vyrobit cokoli, ale faktem je, že se ustálilo několik výraznějších druhů výtvarných přístupů, které jsou vázány k určitému technologickému řešení.

Jedním z vyhraněných estetických směrů je tzv. *Lowpoly*, což se dá volně přeložit jako *s nízkým počtem mnohoúhelníků*.

Už bylo zmíněno, že klasická virtuální geometrie spočívá ve spojování polygonů. Běžný 3D grafický software umožňuje vyrobit polygony (n-úhelníky) o libovolném počtu stran, ale

většina vykreslovacích programů je stejně nakonec převede na trojúhelníky. V praxi se většinou vše staví ze čtyřúhelníků, které se automaticky při exportu triangulují.

Počet trojúhelníků jednotlivých modelů je pro tvůrce důležitou metrikou. U vysokorozpočtových filmů se studia přeneseně předhání s co nejvyšším počtem polygonů (počet trojúhelníků se označuje jako tzv. *polycount*), protože s další a další geometrií přichází další a další detaily do scény a s tím i konkurenční výhoda. Ale videohry jsou vždy limitované výkonem počítačů cílové skupiny, takže na to musí jinak. Dnešní grafické karty sice umožňují v reálném čase zobrazit *polycount* relativně vysoký, ale stále je nejobvyklejší produkční technikou vyrobit tzv. *highpoly model* (*model s vysokým počtem mnohoúhelníků*) pomocí metody zvané *sculpting* (modelování pomocí sochaření v digitálním prostředí), poté vytvořit zjednodušenou verzi (*lowpoly model*) a nakonec z té propracovanější zakreslit detaily do připravené bitmapové textury pomocí techniky označované jako *baking*. Tato textura se potom namapuje na povrch *lowpoly* modelu, který tím do jisté míry získá grafickou nerozpoznatelnost od *highpoly* předlohy, ale zároveň je dostatečně optimalizovaný pro zobrazení v reálném čase videohry.

Někteří tvůrci si však oblíbili surovou a jednoduchou grafiku *lowpoly* modelů bez nanesení textur a občas se stylizací a zjednodušením šli ještě dál. Tento styl se stal oblíbeným zejména u vývojářů mobilních her, ale přesahuje přes pc a konzole i do animovaného filmu. Pro mnoho tvůrců je tento styl vstupenkou do 3D grafiky, protože je funkční i s jednoduchým nanesením základních barev na odpovídající plochy a díky výtvarné zkratce je vhodný na efektivní napodobení téměř čehokoliv.

Úroveň detailu se u různých *lowpoly* projektů liší. Například u mobilní hry *Crossy Road*⁴⁰ prvky v prostředí nepřekračují *polycount* několika desítek trojúhelníků, ale některé počítačové tituly, třeba *Lonely Mountains: Downhill*, se už s *polycountem* dostávají na úroveň jakékoliv běžné hry a termín *lowpoly* tak využívají spíše jako označení vybrané estetiky.

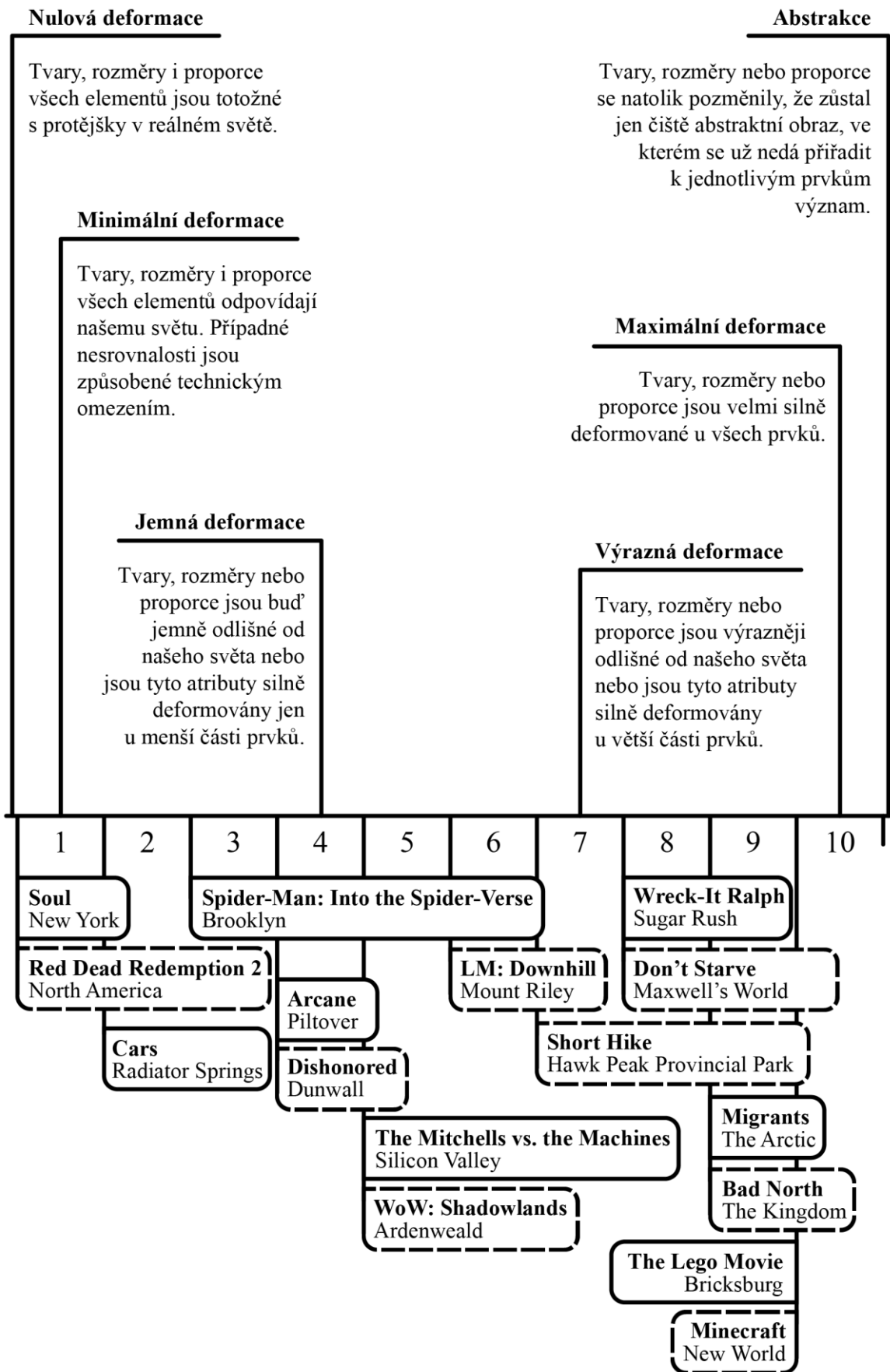
⁴⁰ Hipster Whale. *Crossy Road*. 2014-20-11.

2.2 Míra deformace

2.2.1 Škála míry deformace

Deformace jednotlivých prvků je příležitost ke zvýraznění toho důležitého a potlačení zanedbatelného. U charakterů se často zvětšuje hlava, aby divák lépe četl výrazy v tváři. V prostředí to není tak jednoduché rozklíčovat, protože se mění velikosti různých částí případ od případu. Celkově se ale nemusí jednat jen o zvětšování, do této kategorie patří také geometrizace modelů, kde se tvary upraví do tvarů podle pomyslné šablony, která u realistických protějšků v našem světě neexistuje.

Škálu definuje realismus na levé straně, kde všechno má svůj obvyklý přirozený tvar a maximální změna proporcí na pravé straně, kde téměř nic realitě neodpovídá.



Obr. 2 Škála míry deformace

2.2.1.1 Příklady deformace

Pro příklad z levé strany spektra se dají uvést libovolná realistická prostředí moderních filmů od studia Pixar. Film *Soul* nabízí fotorealisticky vypracovaný New York, protože si vystačí se stylizací postav. Po zastavení záběrů a odmyšlení si postav nám zbývá v podstatě obraz na první pohled připomínající fotografii. Ohledně tvarů, některé jsou velmi zlehka deformované nebo natažené, ale bez bližší analýzy jsou tyto změny nepostřehnutelné. Interiéry odpovídají reálným rozměrům, klavír, knihovna i křeslo jsou v podstatě zaměnitelné za reálnou věc. Na stěnách si ale divák může všimnout náhodných nerovností, které podvědomě vyvolávají pocit, že to přece jen obyčejný svět není. Podobných anomálií si můžeme povšimnout i v exteriéru, kde jsou tabule, skládací garážová vrata a další elementy schválně pokřivené přes běžnou úroveň při klasickém opotřebení. Tyto změny jsou ale velmi slabé a téměř zanedbatelné.

Na pravém konci se nachází již zmíněný film *The Lego Movie*, protože v podstatě skoro nic ve světě Bricksburgu neodpovídá skutečnému městu a jeho proporcím. Klasická Lego figura napodobující člověka má 4 cm, takže v poměru k hlavnímu hrdinovi je běžná kostka asi 4x menší. V přepočtu na velikost běžného muže s výškou 180 cm by takový díl měřil 43.2 cm, takže je samozřejmé, že v interiérech jsou veškeré designy nedobrovolně zdeformované. Nábytek, hrnky, rostliny, jídlo, to všechno se od skutečné velikosti často liší až několikanásobně. U okolí postav je tato změna nejmarkantnější, na úrovni celých budov se tato změna mírní, protože svojí funkcí stavby stále musí fungovat podobně jako ty reálné. To znamená v případě městského řadového domu mít několik pater, do kterých se vleze nábytek a s rezervou postavená figura.

2.2.2 Speciální styl: Voxel

Spousta z nás si v dětství ráda hrála se stavebnicemi. Je jednoduché podlehnout přitažlivosti jednoduchých dílů, které dohromady vytváří komplexní stavby a mechanismy. Ve 3D grafice se běžně používá polygonální modelování, ale existuje i alternativa – stavění z voxelů. *Voxel* je v podstatě pixel, který dostal třetí rozměr⁴¹. Stejně jako pixel zaujímá určitou polohu v mřížce, ale v tomto případě třídímenzionální. Práce s ním je náročnější než s polygony, takže většinou se setkáme s kombinací, která využívá polygony ke stavění světa z voxelů, čímž imituje voxelovou estetiku.

⁴¹ GAROFALO, Ema. What Are Voxels and How Are They Used in 3D Modeling?. Makeuseof.com [online]. 26 February 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/what-are-voxels-3d-modeling/>

2.2.2.1 Perlinův šum a Minecraft

Nejznámějším příkladem je videohra *Minecraft*, která demonstruje pravou stranu naší škály, protože v ní je celý svět složen z krychlí, které reprezentují opravdové povrchy a materiály. Detailů je tam minimum, protože na každou krychli je namapována textura obsahující jen 16 pixelů na výšku a 16 na šířku, přičemž jedna krychle reprezentuje jeden reálný metr.

Minecraft nebylo jednoduché vytvořit. Opravdové voxely nepoužívá, všechno staví z polygonů. Původní plán byl vygenerovat všechny krychle, které se ve světě objeví, ale to žádný počítač nezvládal načíst, proto se tvůrci rozhodli projektovat pouze horní, viditelnou část světa, jako by na celý svět hodili pomyslnou deku. Všechny krychle pod ní se objevují až po interakci s hráčem, který krychle může vykopávat a přenášet.

To ale nebyl jediný trik, stále existoval problém se samotným generováním světa, ve kterém měly automaticky vznikat hory, jezera a jeskyně. Řešením bylo využití matematicky vytvořených algoritmů, z nichž je nejdůležitější *Perlinův šum* (ang. *Perlin noise*).

Perlinův šum je algoritmus vyvinutý Kenem Perlinem v roce 1983, který v mřížce vytváří organizovanou náhodnost. Perlin jej vytvořil pro film *Tron*, za což dostal ocenění Academy Award for Technical Achievement. Ve hře *Minecraft* díky němu mohly vzniknout plynule navazující oblé tvary sloužící jako přírodní útvary, protože mřížka šumu byla tak velká, že jediný bod v jeho přechodu měřil několik desítek herních metrů a mohl tak definovat ráz krajiny plynulým promazáním její horní části a algoritmickou distribucí různých typů povrchů na vzniklých nerovnostech.⁴²

Perlinův šum je první procedurální texturou. Odstartovala nový obor ve 3D grafice, jež se věnuje matematicky definovaným vzorcům, které se používají pro umělecké účely. Nejčastější využití této techniky je ve výrobě procedurálních povrchových textur.

2.3 Míra realismu vykreslení

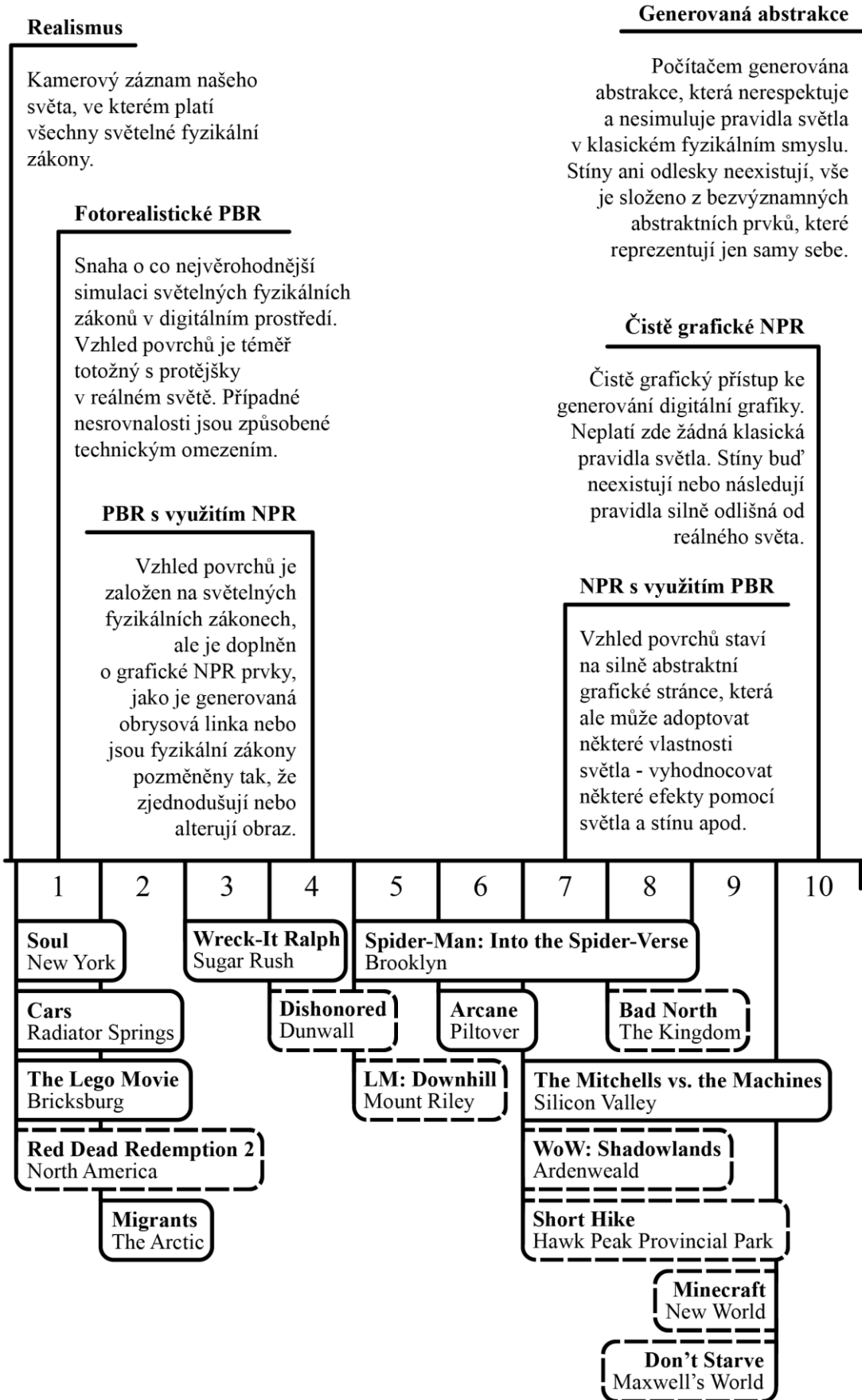
2.3.1 Škála míry realismu vykreslení

Vykreslování (tzv. *render*) je specifickou součástí 3D umění, kterou se myslí proces vygenerování výsledného obrazového výstupu. *Render engine* – program, který je za tento krok zodpovědný, musí správně vyhodnotit všechny parametry zadané tvůrcem a v případě

⁴² How Minecraft Generates Massive Virtual Worlds from Scratch. Remptongames.com/ [online]. 28 February 2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://remptongames.com/2021/02/28/how-minecraft-generates-massive-virtual-worlds-from-scratch/>

filmu vytvořit obrazový nebo video soubor, v případě videohry správně promítat interakci všech prvků ve scéně na obrazovku v reálném čase.

Naši škálu nebude složité definovat, protože v praxi se setkáme se dvěma směry a širokou nabídkou jejich kombinací. Na pravé straně se nachází technika tzv. *NPR*, (*nefotorealistic rendering*, anglicky *non-photorealistic rendering*), která si neklade za cíl napodobit fyzické vlastnosti světla a ve své extrémní podobě využívá pouze grafické prvky k zachycení modelů. Jedná se zatím o relativně neprozkoumanou oblast, protože velká animační studia investují prostředky primárně do techniky na pravém konci škály, tzv. *PBR* (*zobrazování založené na fyzických vlastnostech*, anglicky *physically based rendering*). Ta se v extrému naopak zaměřuje na co nejpřesnější simulaci světla a jeho realistickou interakci s povrchy libovolného typu. Mezi extrémy se nachází všechny kombinace, které například používají klasické generování stínů, ale modely jsou obtažené grafickou linkou.



Obr. 3 Škála míry stylizace vykreslení

2.3.1.1 Příklady míry stylizace vykreslení

Velmi realistická prostředí můžeme najít ve filmech od studia Pixar. Ty už v podstatě ani nejsou z hlediska zobrazování stylizovaná, ale hodí se nám jako definice levé strany škály. Například ve filmu *Soul* se používají všechny dostupné triky, které používají triková studia hraných filmů. Povrchy mají různé vlastnosti, ale vždy odpovídají reálným protějškům – naleštěné kovové nárazníky aut se lesknou, zašlý poklop kanalizace už ale ne. Na kovových garážových vratech je rez, ta se neleskne, ale na některých částech plochy zůstal kov čistější a ten světlo zase odráží. Takovou péči ve filmu dostaly všechny druhy povrchů a materiálů, o zjednodušení nemůže být řeč.

Uprostřed škály najdeme seriál *Arcane*. Ten staví na malovaných texturách, které mají často stín vmalovaný přímo do nich, takže není potřeba, aby to software počítal znova. Problémem jsou ale pohyblivé části, jako charaktery, které musí mít stín interaktivní, takže jim zůstal ten klasický generovaný. Pomocí kreativního compositingu a důkladného plánování se oba přístupy namíchají tak, aby byl výsledný obraz konzistentní.

Extrémní pravý kraj spektra se v animaci hledá těžko, protože velká studia čistý NPR přístup používají jen výjimečně a drobní tvůrci jsou jen málokdy dostatečně technicky zdatní vymanit se z předpřipraveného PBR prostředí programů. Nicméně výjimky existují. Jednou z nich může být například prostředí *Great Before* z filmu *Soul*. Tvůrci nezobrazovali skutečnou krajinu a rozhodli se založit estetiku lokace na částicích a přechodech. Nejedná se o čistokrevný pravý břeh škály, protože stále je v zadních plánech s horizontem možné najít použití klasických světel, ale bezprostřední okolí hlavní postavy je složené z trávy, která je vytvořena spíše graficky volenými pruhy než světelnou simulací. Vše je navíc doplněno nadpřirozenou rozostřeností, která nereálný efekt posiluje. Stále chápeme, že se jedná o parafrázi louky, ale silně alterovanou uměleckou vizí.

2.4 Míra stylizace animace

2.4.1 Škála míry stylizace animace

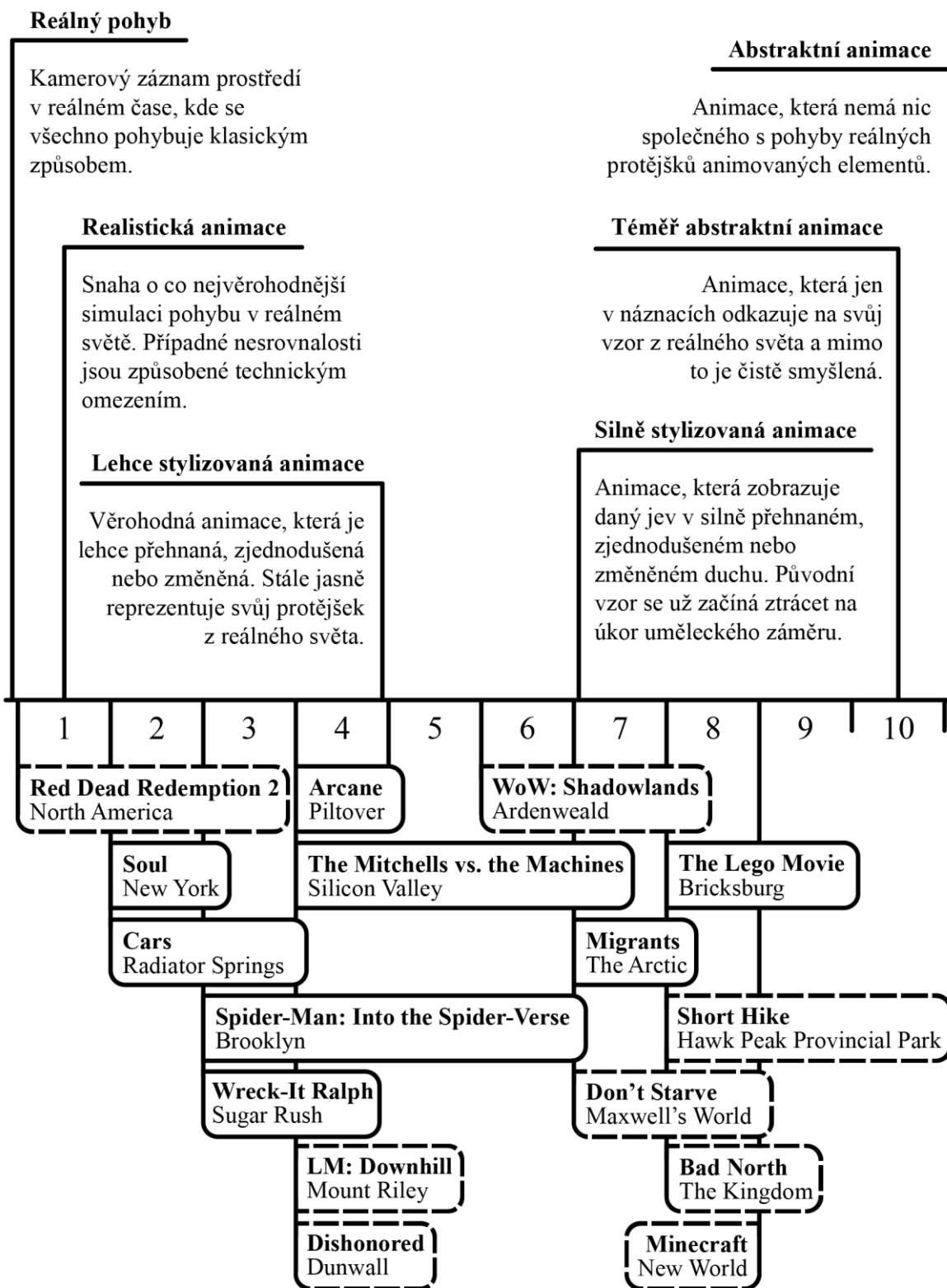
Do této kapitoly se pojednávalo o statických kvalitách obrazu, ale pohyb je nedílnou součástí diváckého zážitku. Animace je notoricky komplikovaný pojem, v této práci s ní budeme pracovat v čistě technickém významu výroby pohyblivého obrazu se zaměřením na 3D.

Spousta prvků kolem nás je neustále v pohybu, zejména v přírodě. Tuto skutečnost se tvůrci často rozhodnou neignorovat a do svých filmových nebo herních děl ji zapracovávají. Na

naší škále tato zapracování můžeme od sebe odlišit, opět podle míry realismu. Dříve, než se do toho pustíme, ale musíme určit jistá pravidla. V prostředí se běžně pohybuje velké množství různých prvků, takže pro jednoduchost se budeme soustředit hlavně na zpracování žvlů, zeleně (především korun stromů a trávy) a techniky (aut a strojů).

Levá strana klasicky kopíruje reálný svět. Všechny jmenované prvky se snaží řešit procedurálně – živly mají simulační charakter, zeleně se ohýbá díky virtuálním silovým polím napodobujícím vítr a zácpy aut jsou výsledkem generování a kombinatoriky, a to bez cíle změnit podobu těchto jevů v našem vesmíru.

Na levé straně máme největší změny v animaci. Zároveň zde nachází své místo přehnaná animace nebo animace stylizovaná netypickou koordinací, následující například hudební rytmus.



Obr. 4 Škála míry stylizace animace

2.4.1.1 Příklady míry realismu animace – Animovaný film

Levou stranu opět můžeme pokrýt filmem *Soul* a jeho New Yorkem. Jedním z příkladů, který se této definici vymyká, je zobrazení skupin chodců v ulicích. Jsou sice

nakombinováni tak, že reprezentují všemožné menšiny a snaží se zachytit ruch velkoměsta docela realisticky, avšak obecně všechny charaktery ve filmech Pixaru jsou stylizované a jejich pohyby také. Zpátky ale k našemu základnímu pozorování. Prach ze sbíječky je simulovaný, listy stromů se ve vánku pohybují uvěřitelně a každý nezávisle na ostatních, auta mají při brždění lehce přehnanou reakci, ale jinak jezdí tak, jak je vidáme.

Střed reprezentuje film *Spider-Man: Into the Spider-Verse*. Animace živlů a efektů je jedním z hlavních důvodů, proč tento film vybočil stylem z trendu realistických simulací. Místo nich totiž nasadil přístup známý spíše z 2D kreslené animace, především anime. Docela často je sice v provedení nekonzistentní, ale u každého výbuchu nebo záblesku se nedá odepřít silná stylizace ve zjednodušení a přehnutí jednotlivých fází. Film střídavě ubírá počet snímků za sekundu, takže v obraze občas zůstanou jen ty nejpůsobivější fáze. To obohacuje divácký zážitek a je to nepopíratelná změna vůči pohybu živlů našeho světa. Zeleně je v podstatě statická, pokud přímo neinteraguje s postavou. Textury stojí na místě a tvůrci nezvolili žádný procedurální přístup k jejich rozpořívání. Automobily jezdí a následují pravidla fyziky, včetně pokusů o nápodobu malých nadskočení na drobných nerovnostech cesty, čímž by se tato podkategorie dala uzavřít jako realistická.

Na levé straně opět nacházíme *The Lego Movie*, jehož pozice mezi nejstylizovanějšími velkorozpočtovými filmy je už zřejmá. Elementy tvůrci řeší stejně jako celý zbytek vizuálu – skládají vše z dílů stavebnice. Animace vody po vyvalení nádrže je prosté přeskládání kusů na přibližně odpovídající souřadnice na novém snímku. Sice bylo většinou rozhodnuto o proanimování každého framu filmu, ale celkový dojem zůstává silně pozmeněný (např. v porovnání s realistickou vodou ve filmech jako *Good Dinosaur*⁴³). Kouř za uhánějícími vozidly je řešen obdobně – oblaky dýmu postaveného z neprůhledných dílů. Zeleně je u stavebnice řešena pomocí speciálních dílů, ale bez žádné speciální ambientní animace. Kaktusy stojí v poušti, mladé stromy před terasou domu nehybně čekají, až záběr s nimi skončí. Není divu, že se film neodehrává v bujných pralesích, ale především ve vyprahlé pustině nebo kulturní krajině přestavěné figurami, kde se tato nepřesnost bez problému skryje. Technika ve městě je také odlišná od běžného provozu. Auta v úvodní znělce jezdí v připravené choreografii soustavného rozjíždění a zastavování. Nikoliv však ve stylu klasické zácpy v centru města, všechna auta se totiž rozjíždí a zastavují téměř současně. Toto řešení není konzistentní, mění se to případ od případu, ale stále odlišně od našeho světa.

⁴³ The Good Dinosaur [česky Hodný dinosaur] [film]. Režie Peter SOHN. USA, 2015

V jiném záběru například na semaforu zasvítí červená a čtyřproudá silnice plná aut během pouhých pěti framů zkamení na místě, což v realitě není možné.

2.4.1.2 Příklady míry realismu animace – Videohra

K levému extrému samozřejmě patří všechny realistické hry, jako *Red Dead Redemption 2*. Živly sice nemůžou být vždy simulované, ale snaha je udělat jejich pohyb co nejvěrohodnější – boření se ve sněhu zanechává hlubokou stopu, vodopád se snaží v rámci povoleného výkonu co nejakurátněji vystihnout poměr pěny a vody. Zeleň se hýbe ve větru a technika funguje, jak má.

Když se ale posuneme do království stylizace, blíže ke středu spektra můžeme přiřadit titul *Dishonored*. Malované textury se promítají i do animace efektů. Šplouchání vody za motorem člunu tak vypadá stylizovaně, ale je to na pomezí technické nedokonalosti a pravému záměru o ztvárnění jevu jinak než realisticky. Zeleň se tam moc nevyskytuje, najdeme ji především ve formě pokojových rostlin a parkových stromů, které animaci postrádají. Ani technika nenabízí žádnou pozoruhodnou odchylku, takže celkově se tato hra na škále neposunula moc daleko od westernového díla zmíněného předtím.

Na opačném konci své místo střeží například *Bad North*, hra spočívající v bránění osamělého ostrova uprostřed moře. Voda v něm reprezentuje často využívanou techniku tvorby zjednodušených vln, která spočívá v animaci masky gradientu měřícího vzdálenost od průniku dvou modelů – placaté vodní plochy a jakékoliv geometrie břehu. Vznikne tak automatický systém, jenž kolem všech nábřeží začne vytvářet linie s různou tloušťkou. Ty poté putují od břehu dále na vodní hladinu s postupně klesající viditelností, až dokud nezmizí úplně. Tyto linie můžou být samozřejmě upraveny, pokřiveny, mít náhodnou barevnost a podobně. V případě *Bad North* jsou jen lehce distortované a protože samotné pobřeží není plně vyhlazené, tak tuto kvalitu odráží ve svém tvaru kolem rohů. Výhoda tohoto systému spočívá v jeho automatickému přizpůsobení libovolnému terénu, takže jej stačí připravit jednou a tým jej pak aplikuje na všechny varianty ostrovů. Práce se stromy ve hře je také pozoruhodná, protože autor *Oskar Stålberg* si dobře uvědomuje problematiku stylizace zeleně⁴⁴. Sám ji komentuje popisem problému, kdy začínající designér často vytvoří jeden propracovaný strom, ale když se mnohokrát nakopíruje do scény, tak to nepůsobí dobře. Proto všechny stromy limitoval na lehce pokřivené trojúhelníky s minimalistickou texturou,

⁴⁴ Konsoll 2018: Oskar Stålberg - Developing The Bad North Look. In: YouTube [online - video]. 29 January 2019 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=6JcFbivo8dQ&ab_channel=Konsoll

kteřé jsou svíceny pomocí gradientu táhnoucího se přes každý svazek jehličnanů, čímž se vymanil klasickému přístupu svícení každého kusu jednotlivě a svazky zeleně tak jednoduchost vizuálu nezatěžují, ale doplňují. Díky této zkratce si mohl dovolit animaci udělat naopak více realistickou, a i tak zachovat silně stylizovaný dojem. Každý strom se totiž ve větru naklání jednotlivě a stejně tak je to i u trávy. Technika bohužel není ve hře zastoupená a nemůžeme ji tedy hodnotit.

2.5 Obecná míra stylizace prostředí

Pokud chceme přehled zjednodušit pro interpretaci, můžeme dané hodnoty pro každé prostředí zprůměrovat. Můžeme to však takto zobecnit jen v případě, že každému atributu přiznáme stejnou důležitost. Tento postup může vyústit v jistou nepřesnost, ale celkové trendy jsou zachovány – filmy od Pixaru se drží v oblasti silně realistické tvorby, Minecraft ve stylizaci naprosto dominuje.

The Lego Movie Bricksburg	6.75	Minecraft New World	9.50
Migrants The Arctic	6.25	Bad North The Kingdom	8.75
The Mitchells vs. the Machines Silicon Valley	5.50	Don't Starve Maxwell's World	7.75
Arcane Piltover	4.50	Short Hike Hawk Peak Provincial Park	7.50
Wreck-It Ralph Sugar Rush	4.00	WoW: Shadowlands Ardenweald	5.25
Spider-Man: Into the Spider-Verse Brooklyn	3.50	LM: Downhill Mount Riley	4.75
Cars Radiator Springs	1.75	Dishonored Dunwall	3.50
Soul New York	1.25	Red Dead Redemption 2 North America	1.00

Obr. 5 Vyhodnocení obecné míry stylizace zkoumaných prostředí

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 PROSTŘEDÍ PRO TEASER SERIÁLU PIERRE

V praktické části bude rozebrán přístup k vytváření designu prostředí pro připravovaný seriál *Pierre* o živých kamenech, vznikající pod nově zavedeným studiem *Tri Pirogy*. Dílo vzniká pod režii autora této práce (tedy mě, Matěje Šaka), Miriamy Trnavské a Sofiye Gorokh. Miriama se věnuje především animaci a riggingu, což je bezesporu náročná práce, takže jí patří veliké poděkování, ale pro tuto kapitolu je důležitější má spolupráce se Sofií, která si na starost vzala ilustrace prostředí a design jednotlivých elementů v nich. Postupně tak projdeme výrobní postup krok za krokem a na konci se vyhodnotí hotové prostředí díla na čtyřech škálách z minulých kapitol.

3.1 Výroba prostředí pro zkušební teaser Pierra

3.1.1 Inspirace

Příběh seriálu se původně měl odehrávat na Islandu, což je velmi specifický typ krajiny. Nerostou tam téměř žádné stromy, ale země je protkaná řekami s horkými prameny a sopkami. Součástí přípravy tak byl rozsáhlý průzkum terénu a flóry.

Bohužel z finančních i časových důvodů nebylo možné vycestovat a udělat si své referenční fotografie na místě, takže náš tým byl odkázán na internetové nálezy. Zpětně tento přístup hodnotím jako chybu a celkově to byl důvod, proč jsme od této estetiky nakonec upustili a přesunuli se do jehličnatého severského lesa, který je nám mnohem bližší. Částečně nám pomohly stránky s atlasem rostlin vyskytujících se na ostrově a referenční fotografie jiných krajinářů z portálu *artstation.com*. Všechny poznatky jsme vkládali na společný moodboard a na poradách se rozhodovali, které rostliny použijeme a které útvary se pokusíme napodobit.

3.1.2 Concept art

Na základě průzkumu byla Sofiya schopná namalovat potřebné návrhy vizuálu ve formě ilustrací kamenné rodiny v různých situacích a několika atmosférických krajin. Tato díla sloužila k celkové domluvě týmu na náladě a kompozici jednotlivých scén. Poté přistoupila k detailnějšímu vyobrazení rostlin ve správném měřítku k postavě Pierra.

3.1.3 Model

3.1.3.1 Digitální plastelína

Přetvoření navrženého do 3D v programu *Blender* byl náročný úkol. Náš tým používá jeden materiál na všechny objekty – digitální plastelínu, která se může libovolně přebarvit nebo deformovat. Až na otisky prstů je plně procedurální, tzn. vytvořena jen pomocí matematických vzorců. Všechny její nerovnosti a praskliny jsou pouhým vyhodnocením soustavy funkcí, které na povrchu vytvářejí masku poskytující různé informace. Výhoda tohoto přístupu je v univerzalitě. Plastelína se totiž dá aplikovat na jakýkoliv model, čímž mu předá veškerou svoji kvalitu. Její duplikáty pak umožňují různým objektům přiřadit jiné nastavení – různou barevnost (včetně možnosti přechodů libovolným směrem a libovolného množství barev), různou lesklost (možnost simulovat čerstvě rozbalenou až vlhkou plastelínu nebo naopak suchou až vypálenou, která je úplně matná), různou míru deformace (od počítačově dokonale vyhlazené, až po plastelínu s hlubokými zářezy a pomačkáním) apod.

Pro věrohodné napodobení stop-motion plastelíny je ale potřeba modely náležitě připravit. Nejdůležitější je nikdy nenechat příliš ostré hrany, protože to nevypadá správně, a navíc materiálová deformace (tzv. displacement) může způsobit chybové prolínání geometrie. Klasický postup tedy spočívá ve vytvoření základní geometrie skládající se jen z několika desítek trojúhelníků a v jejím vyhlazení pomocí modifikátorů (obvykle zkombinováním tzv. bevelu – zaoblení hran a tzv. subdivision surface – vyhlazení povrchu). Modifikátory jsou efekty, které se nemusí natvrdo aplikovat do geometrie, čímž umožňují tvůrci ponechat k úpravám zjednodušenou verzi při editaci, ale vždy ji pozměnit podle přání autora při náhledu nebo samotném závěrečném vykreslování. Kombinace téměř procedurální plastelíny a těchto modifikátorů je jedním z nejefektivnějších nástrojů naší nově vznikající pipeline.

3.1.3.2 Modelování podle předlohy

Zjistili jsme, že nejpůsobivějších výsledků dosáhneme, když se vše navrhne kresbou v 2D programu a poté 1:1 převede do 3D digitální podoby. Sofiya proto nakreslila všechny rostliny a já jsem přesně podle toho nákresu vymodeloval jejich tvar a dal mu potřebný 3D rozměr a tloušťku. Na první pohled to vypadá jako otrocké kopírování cizí práce, ale i v tomto kroku je potřeba provést dost uměleckého rozhodování. Zvlášť pokud je koncept

namalován volněji, tak je možnost lehce hýbat s množstvím detailů a zároveň je potřeba řešit drobné technické problémy, jako plynulé napojení všech částí. Dva objekty z reálné plastelíny totiž běžně nemají mezi sebou plynulý přechod. Obvykle se promáčknu při spojení do sebe a vznikne mezi nimi alespoň drobná prohlubeň, kterou je potřeba v digitálu vytvořit také. V ní se totiž projeví tzv. ambient occlusion (tj. kontaktní stín), který přidá na věrohodnosti. Listy představují speciální problém, protože jsou klasicky tenké skoro jako papír. Vyřešili jsme to jednoduchým zhmotněním, čímž nejen plastelínový materiál dává smysl, ale také to při nasvícení z boku vytváří příjemnou obrysovou linku.

Kromě balíku rostlin bylo potřeba vyrobit i samotné prostředí se skluzavkou. Vše se odehrává na obrovském kamenu pokrytém mechem, na kterém je postavena skluzavka z listů. Kámen i mech byly vyrobeny klasickým polygonálním modelováním, ale následně byly upraveny pomocí sculptingu do highpoly podoby a následně pomocí retopologie opět zjednodušeny. U složitějších objektů je tento přístup vhodný, protože se tím uchová komplexnost tvaru, ale detail finálního objektu může být ovládán stupněm vyhlazení hran (subdivision surface) stejně, jako u všech rostlin a dalších menších modelů. Tento postup umožňuje objektům vzdálenějším od kamery zjednodušit svoji stavbu a tím ušetřit výkon při renderu bez závažné změny v obraze.

3.1.4 Animace

Když jsou všechny modely hotové, můžou se vložit do scény ve finální kompozici. Hraje zde důležitou roli organizace souborů a jejich linkování, ale to pro stručnost práce musíme vynechat a zaměříme se na jiný problém. Rostliny se běžně naklánějí ve větru, což je relativně složitý úkol v případě, že se jich ve scéně nachází několik desítek. Dají se samozřejmě animovat jedna po druhé, ale není to moc efektivní, proto jsme přistoupili k využití tzv. *Animation Nodes* a k ovládní náklonu pomocí kontrolního objektu. Princip je relativně jednoduchý – sestava nodů se nastaví tak, že měří vzdálenost každého objektu v dané kolekci (tj. všech rostlin) od kontrolního objektu a podle naměřených dat vyhodnotí náklon ve větru. Technicky je toto řešení ještě o něco složitější, ale v zásadě to celé stojí na dvou fázích náklonu každé rostliny. Jeden extrém má hodnotu nula, druhý jedna a mezi nimi je nekonečně mnoho mezifází. Naměřená vzdálenost pak pro každý list a rostlinu určuje tuto hodnotu. Když se tedy kontrolní objekt pohybuje, tyto hodnoty se mění a pro každý objekt lehce odlišně, čímž vzniká žádoucí organický efekt. Drobná animace probíhá i na skluzavce, ale ve výsledku téměř nejde poznat.

3.1.5 Svícení a render

3.1.5.1 Svícení

Svícení je téměř polovina grafického úspěchu 3D díla a bohužel jsme ještě neměli dost zkušeností a nepohlídali jsme to. Celou scénu jsem zalil oranžovým světlem zapadajícího slunce a mech tím získal nepříjemně sytou zelenou barvu. Přesaturování však nebyla jediná chyba, kvůli využití starší verze *Blenderu* jsem neměl k dispozici *light linking* (možnost přiřadit účinek světla jen k některým předmětům ve scéně) a byl jsem nucen při dvou téměř totožných záběrech použít jinou sestavu světel, čímž jsem narušil stříhačskou jednotu světla. Výsledek ale nakonec nebyl tak špatný, protože díky konzultaci s *Jakubem Broklem*, který se na světlo specializuje, jsem zamezil několika závažnějším problémům. Například vzniku podexponovaného obrazu. Stín totiž pod nebem nikdy není moc tmavý a vždy se jej hodí pořádně dosvítit kontrastní (obvykle modrou) barvou.

3.1.5.2 Render a kamera

Práce s kamerou byla relativně náročná, protože velkou část filmu snímá Pierra, který jede po skluzavce. Původní plán byl snížit framerate charakterové animace, ale u kamery ho nechat na 25 FPS. To ale při pasáži se skluzavkou vytvořilo trhaný obraz, protože rig lehce zaostával za animací kamery. Nakonec se tento problém vyřešil až v postprodukcí snížením celkového FPS scény na hodnotu kolem osmi. Ostatní záběry byly jednodušší. Používal jsem různou *ohniskovou vzdálenost* i *hloubku ostrosti*, která napomáhala k simulaci pocitu drobnosti světa kamenů. Rozhodl jsem se dělat ji přímo v renderu, ne postprodukčně, přesto že je tento přístup více amatérský a nabízí méně kontroly. Zároveň ale netvoří artefakty a v postprodukcí jsem pak neměl skoro žádné problémy. Renderovali jsme do formátu *multilayer EXR*, což je formát, který umožňuje do jednoho souboru uložit více vrstev renderu. My jsme nepotřebovali celou klasickou škálu, stačil nám kromě *combined pass* vrstvy jen *z-depth pass*, který se používá k dotvoření postprodukční mlhy (nebo v některých případech postprodukční hloubky ostrosti). Render probíhal několik dní na 4 počítačích. V té době jsme ještě neměli postavené naše studio a renderovali jsme to v provizorní pracovně doma u jednoho z nás.

3.1.6 Postprodukce

Postprodukce probíhala v programu *Adobe After Effects*. Výsledné soubory měly kolem 30mb na jeden frame, což značně zpomalilo načítání a na vlastní kůži jsem si tak vyzkoušel

bolest při *compositingu* tímto nevyhodným způsobem. Ve větších produkcích se používá *Nuke*, ale já s ním neměl žádné zkušenosti a doučování se na poslední chvíli by náš tým velmi zpomalilo. Formát EXR je skvělý, ale zároveň pro jeho úspěšné importování je potřeba speciální plug-in a zároveň nahrání color management souboru přímo z Blenderu, jinak barvy neodpovídají náhledu před renderem. Naštěstí jsem většinu záběrů jen přeexportoval do videosouboru bez další změny, protože finální grading a střih jsme dělali v *Adobe Premiere*. Některé záběry ale potřebovaly úpravu s použitím zmiňovaného z-deph passu, s jehož pomocí jsem do krajiny přidal žlutý opar.

Finální úprava v *Adobe Premiere* byla posledním zásahem do vizuální kvality prostředí. Pro efektivnější práci v Blenderu jsem si pořídil obrovský monitor, který ale k mé lítosti neukazoval barvy správně, takže až den po dokončení a finálním exportu jsem zjistil, že máme obraz silně přesaturovaný, což ještě posílilo zmíněnou chybu s příliš silným oranžovým světlem. Reexport celého díla s novým nastavením a *gradingem* to však částečně vyřešil a spojením s hudbou a zvuky od *Vita Příbyly* bylo naše dílo dokonáno. Nakonec mělo úspěch, ale jak šlo asi z této výpovědi slyšet, nezávislá animovaná 3D tvorba spočívá v hašení jednoho technického problému za druhým v nekonečném honu za lepší kvalitou.



Obr. 6 Výsledné prostředí zkušebního teaseru

3.2 Výroba prostředí pro finální teaser Pierra

3.2.1 Změny proti zkušebnímu teaseru

S kvalitou jsme nebyli spokojeni. Zkušební teaser splnil svoji úlohu, ale abychom opravdu prodali práva na první sérii, tak jsme museli přijít s něčím lepším. Proto jsme naplánovali druhý teaser, tentokrát dlouhý minutu a půl.

Celý proces výroby byl relativně podobný, ale v něčem jsme se poučili. Já jsem v mezičase získal cenné zkušenosti ve svícení a modelování, takže moje osobní výzva byla dostat design prostředí na novou úroveň za pomoci světla a kvalitněji vyrobených objektů.

Také jsem už přesně věděl, co má splňovat naše plastelína a vyrobil jsem úplně novou, přestavěnou verzi, která negenerovala známé chyby z minulého díla.

S novým příběhem jsme se dostali do úplně nového prostředí – severského lesa. Osobní zkušenost je při vývoji mnohem praktičtější, než pouhá inspirace z internetu a knih, takže nám tato změna umožnila se jednodušeji vžít do daných situací. Prostor Islandu jsme nechali jen pro okolí sopky rodící mladé kameny.

Klasickým způsobem jsme tedy dotvořili kromě rostlin také balík (tzv. *asset kit*) keřů, borůvek, hub a stromů, tentokrát dokonce s různými verzemi pro různá roční období.

Animaci kontrolním objektem bylo potřeba odstranit a zjednodušit, protože to bylo moc náročné na výkon, takže jsem se rozhodl animovat keře napůl ručně a pomáhat si s kopírováním animačních dat mezi objekty, díky čemu mi stačilo manuálně naanimovat jen dva z nich. Zjistil jsem, že to vlastně nevádí, protože když jsou keře různě pootáčené, tak animace stejně působí dostatečně organicky a systém to téměř nezatěžuje.

Svícení bylo náročné. Na jednu stranu je velmi potěšující, že v našem buildu Blenderu můžeme konečně používat light linking a snažit se využívat techniky velkých studií (svícení vždy minimálně pěti světly apod.), zároveň je to ale více práce a vytvořit dokonalý obraz světlem trvá někdy i desítky hodin. Klasická světla jsem doplnil v některých případech o paprsky a *volumetrickou mlhu* (místo té nekvalitnější postprodukční).

Jinak proces fungoval docela podobně a mám pocit, že se nám daří celý pipeline čistit a zrychlovat. Výsledným dílem bude seriál s více, než 200 minutami animace, takže musíme stanovit standard, který se při velké produkci budeme snažit znásobit.



Obr. 7 Výsledné prostředí finálního teaseru

3.3 Prostředí Pierra z pohledu hodnocení stylizace

V minulé kapitole jsem nastínil techniku výroby prostředí. Nyní se můžeme vrátit k hotovému a zkusit zpětně ohodnotit náš přístup na čtyřech škálách definovaných v teoretické části. Naším cílem bylo samozřejmě vyhnout se realismu. Předškolní divák má rád především silně stylizovanou a jednoduchou grafiku, kterou je schopný rychle pochopit.

3.3.1 Míra zjednodušení

V případě zkušebního teaseru je zjednodušení lehce složitější na dešifrování, protože v obraze je detailů dost. Nicméně všechny drobnosti v textuře jsou jen věci plastelíny, jakožto zástupného materiálu, který nahrazuje skutečný materiál mechu, kamene, listů apod.

Detailů je v krajině mnohem méně než v období v reálném světě. Na Islandu je většina země pokrytá šterkem a pokud tam něco roste, tak je tam hustý trávník nebo louka. Tyto prvky jsou ale nahrazeny obrovskou jednolitou zelenou plochou, na které roste několik vybraných rostlin. Hory v pozadí nejsou zjednodušené na minimum, ale také jim chybí drsný ostrý ráz opravdových skal. Mé hodnocení je tedy 7 – podobně jako film *Migrants*, který staví krajinu z prvků tvarem připomínajících skutečné elementy, ale jsou složeny z abstraktního náhradního materiálu. Druhý teaser nabízí detailů nepatrně více, ale vesměs kopíruje pravidla svého předchůdce. Jeho hodnocení je totožné.

3.3.2 Míra deformace

Všechny objekty jsou v obou teaserech jednoznačně deformované od svého vzoru. Rostliny jsou nafouknuté do většího objemu, listy jsou minimálně desetkrát tlustší než originál. Kameny a sníh odpovídají o něco více, ale také působí stylizovaně. Houby působí nejpřesněji, stromy (převážně koruny) jsou silně odlišné a pokřivené. Celkové hodnocení je 7.

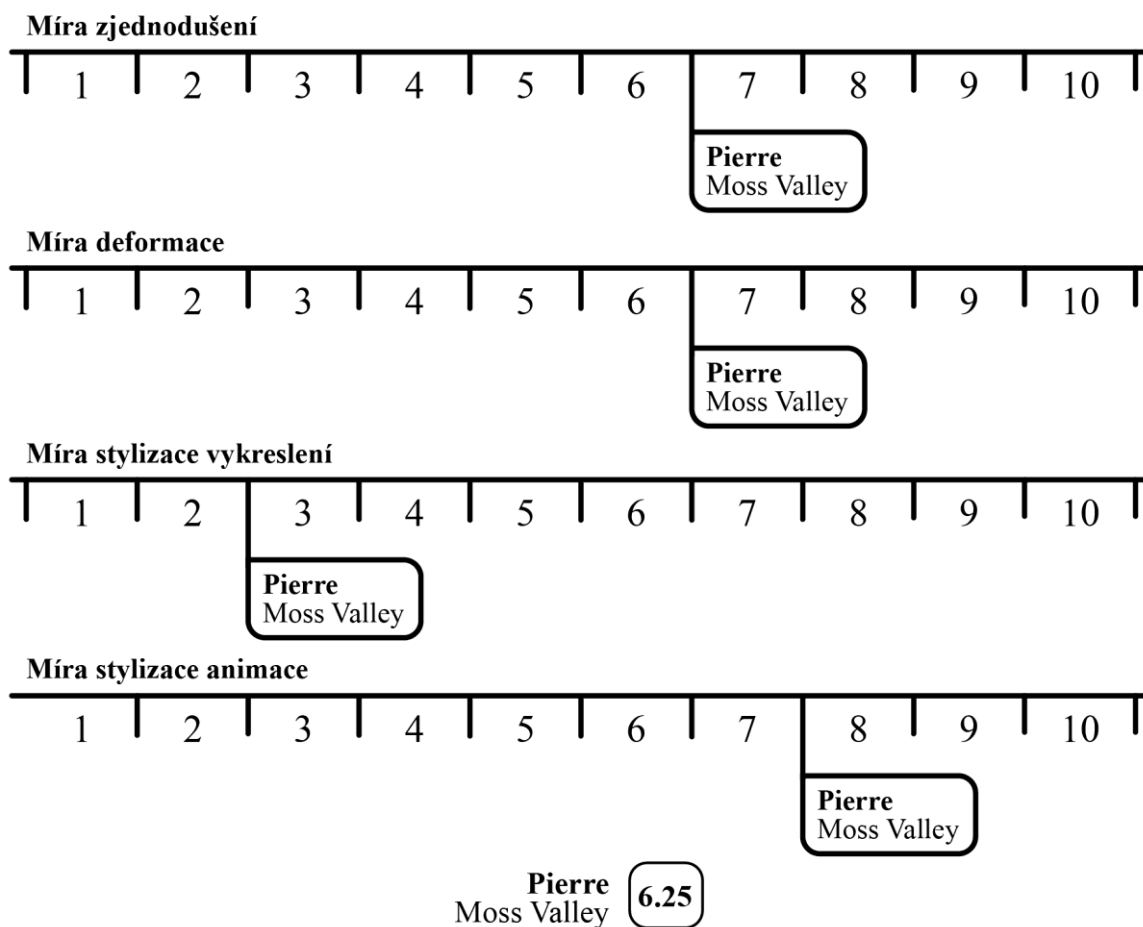
3.3.3 Míra stylizace vykreslení

V této kategorii Pierrovo okolí nebude tak daleko od realismu. K renderování se používá *Blender E-Cycles*, realističtější render engine, který je postavený na *ray-tracingu* a *global illumination*. Plastelína má imitovat stop-motion i se vši jeho fotografickou přesností použitých materiálů, které mají klasické fyzikální vlastnosti, jako lesk a kontaktní stíny. Některé prvky ale využívají NPR techniky, například čistě emisní paprsky světla. Finální obodování je 3.

3.3.4 Míra stylizace animace

Pro animaci zeleně i efektů používáme snížený framerate, což pohyb viditelně stylizuje. Voda je navíc řešena buď plastelínou nebo speciálním shaderem, který zachycuje dojem vody, ale není s ní zaměnitelný. Láva a kouř jsou z klasické plastelíny nasvícené zvláštním světlem. Stroje se v našem projektu nevyskytují. Hodnocení je 8.

3.3.5 Rekapitulace



Obr. 8 Vyhodnocení stylizace prostředí Moss Valley z díla Pierre

Pierrova lokace *Moss Valley* dostala 6.5 bodu obecné míry stylizace prostředí, čímž se zařadila mezi ta nejstylizovanější díla – na stejnou úroveň, jako Arktida z filmu *Migrants*.

ZÁVĚR

Tato práce měla za cíl definovat stylizované 3D CGI prostředí a navrhnout způsob třízení všech takových prostředí z videoher a kinematografických děl podle stylizace. A tím také čtenáři odhalit různé styly, které se v daném průmyslu využívají a metody k jejich dosažení. Výsledný návrh definice zní takto:

3D CGI stylizované prostředí animovaného filmu nebo videohry se skládá ze všech vybraných fyzikálních, chemických nebo biotických faktorů a jevů vně pomyslné nediegetické kamery a postav v díle, které na kameru nebo postavy působí a jsou divákovi sděleny skrze audiovizuální obsah, jehož zvuková složka byla vytvořena nebo získána libovolným způsobem, zatímco vizuální složka byla, stejně jako grafika diegetického univerza nebo jeho části, generována ve 3D virtuálním prostoru počítačem a neklade si za cíl dosáhnout grafické nerozpoznatelnosti od skutečného fotografického nebo kamerového záznamu.

Po ujasnění pojmu autor navrhl zmíněnou techniku třízení. Ta spočívá ve vymezení konkrétního prostředí v rámci díla a v přiřazení hodnoty od 1 do 10 na čtyřech škálách. Těmi jsou míra *zjednodušení*, *míra deformace*, *míra stylizace vykreslení* a *míra stylizace animace*. Tím vznikne exaktně určený profil prostředí, který se dá snadněji porovnávat s dalšími díly.

Pro zjednodušení se dokonce tyto hodnoty dají zprůměrovat a používat jako obecná míra stylizace zkoumaného prostředí, ale jen v případě, kdy se hodnotitel rozhodne všem atributům přiřadit stejnou důležitost.

Tato technika hodnocení stylizace nakonec zůstala tak obecná, že se s drobnou úpravou dá použít na jakýkoliv 3D objekt, obrazové/video dílo nebo jeho část. Velmi dobře by dané škály mohly posloužit k separování stylů charakterů nebo užší skupiny rekvizit (tj. vlastní žebříček můžou mít třeba domy, stromy, vozidla apod. z různých děl).

Pro ověření metody v její původní disciplíně bylo prozkoumáno 17 prostředí – 8 filmových, 8 videoherních a na závěr i teaserová 3D krajina autora. Díla byla předem vybrána tak, aby reprezentovala různé části spekter, což se podařilo dokázat, jelikož obecná míra stylizace byla rozptýlena od hodnoty 1.0 (*North America, Red Dead Redemption 2*), až po 9.5. (*New World, Minecraft*). I u jednotlivých atributů zůstala jen výjimečně některá hodnota neobsazená příkladem.

V průběhu průzkumu se odhalilo, že najít silně stylizované prostředí v AAA filmové animální tvorbě (tj. s obecnou mírou nad 7 bodů) je relativně vzácný jev, který je víceméně limitován na snové nebo nadpřirozené sekvence (např. *Great Beyond* z filmu *Soul*).

Moss Valley z autorova filmu *Pierre* získalo hodnocení 6.25, čímž se prakticky zařadilo mezi výrazněji stylizovanější 3D prostředí (překonalo seriál *Arcane* nebo film *The Mitchells vs. the Machines*). Nejméně zjednodušenou částí bylo vykreslení obrazu, protože simuluje vesměs realistické fyzikální zákony.

Během demonstrace různých částí škál byly představeny klasické stylizační postupy při tvorbě 3D grafiky pro design krajiny a prostředí. Mezi ně patří lowpoly, voxel, malované textury, NPR techniky a další. Důkladněji však proces autor přiblížil na svých dvou filmech, v jejichž výrobě byl zodpovědný za výsledný design mechového údolí a dalších lokací. Divák byl seznámen s postupem od průzkumu, přes výrobu jednotlivých objektů a terénu, až po vytvoření výsledného obrazového nebo video výstupu.

Snad tato práce poslouží budoucím i stávajícím 3D environment designérům a výtvarníkům, kteří by si rádi ujasnili, jaké různé styly krajiny, města a prostředí obecně existují a jestli je někde místo pro zlepšení a inovaci. Z pohledu autora je v době psaní této práce určitě vhodné zkoušet experimentovat s novými NPR postupy a pracovat s propojením kreslené nebo vektorové animace s výhodami 3D postupů. Ale zajímavých výsledků se dá dosáhnout ve všech stylech a na všech úrovních každé škály stylizace.

Pokud chce umělec využít realistického renderu, může například simulovat miniaturní pozadí pro stop-motion. Pokud chce využít NPR, je vhodné si najít oblíbenou ilustraci nebo komix a zkusit prostředí z něj přetvořit ve 3D. Klidně jako digitální poloplastiku, pokud totální 3D nefunguje. Jestli jsou pro něj zajímavé nezvyklé tvary, ať zkusí animovat stavebnici nebo vše stylizovat do geometrických obrazců. Zkrátka možností je spousta a pokud výsledné vykreslení působí jako ilustrace nebo obraz, tak je to výhra.

CGI je občas těžké zkrotit, ale nabízí nekonečnou volnost a nevyčerpatelný prostor pro nová estetická řešení a nápady, takže všem objevitelům na jejich cestě za krásnějšími lesy, horami, vesnicemi a městy autor přeje spoustu zdaru a děkuje za přečtení této práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literatura

- [1] MCCLOUD, Scott. Jak rozumět komiksu. Praha: BB/art, 2008. ISBN 978-80-7381-419-9.
- [2] GURNEY, James. Color and Light: A Guide for the Realist Painter. Volume 2. USA: Andrews McMeel Publishing, 2010. ISBN 978-0740797712.
- [3] BACHER, Hans a Sanatan SURYAVANSHI. Vision: Color and Composition for Film. USA: Laurence King Publishing, 2018. ISBN 978-1786272201.
- [4] KERLOW, Isaac Victor. Mistrovství 3D animace: [ovládněte techniky profesionálních filmových tvůrců!]. Brno: Computer Press, 2011. Mistrovství. ISBN 978-80-251-2717-9.

Internetové zdroje

- [2] Co je „prostředí“?. EnviWiki [online]. Praha: Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, 2007, 11. 5. 2016 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: https://www.enviwiki.cz/wiki/Co_je_%E2%80%9Eprost%C5%99ed%C3%AD%E2%80%9C%3F
- [3] MCCLINTOCK, Pamela. Box Office Milestone: ‘Transformers: Age of Extinction’ Hits \$1 Billion Worldwide: The fourth installment in Paramount's franchise is the first film of 2014 to reach that mark, thanks in large part to a massive showing in China. Hollywoodreporter.com [online]. 3 August 2014 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.hollywoodreporter.com/movies/movie-news/box-office-milestone-transformers-age-723052/>
- [4] WILLINGS, Adrian. What is ray tracing and what hardware and games support it? [online]. May 10 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.pocket-lint.com/games/news/nvidia/148279-what-is-ray-tracing-and-what-hardware-and-games-support-it>
- [5] What is mandalorian LED wall?: Mandalorian Virtual Set Cost. Doitvision.com/ [online]. 20 August 2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.doitvision.com/mandalorian-led-wall/>

- [6] COLLINS, Adrian. AN INTERVIEW WITH SYAMA PEDERSEN CREATOR OF ASTARTES. Grimdarkmagazine.com [online]. July 10 2019 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.grimdarkmagazine.com/an-interview-with-syama-pedersen-creator-of-astartes/>
- [7] AAVA, Kim. Realistic vs. Stylized: Technique Overview. 80LV [online]. 2017, 12 December 2017 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://80.lv/articles/realistic-vs-stylized-technique-overview/>
- [8] DUDOK DE WIT, Alex. The Secret To ‘Arcane’ Studio Fortiche’s Success: It’s Owned By Artists. Cartoonbrew.com [online]. 2022, 1 May 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.cartoonbrew.com/studios/the-secret-to-arcane-studio-fortiches-success-its-owned-by-artists-211970.html>
- [9] BURTON, Arti. A Closer Look at Texturing in Arcane: Fortiche's amazing artists finally shared a behind-the-scenes look at some of the models prepared for the Netflix show. 80LV [online]. 2022, 9 January 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://80.lv/articles/a-closer-look-at-texturing-in-arcane/>
- [10] AMIDI, Amid. Let’s Talk About the Animation in “The Lego Movie”. In: Cartoonbrew.com [online]. 2 May 2014 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.cartoonbrew.com/cgi/lets-talk-about-the-animation-in-the-lego-movie-95781.html>
- [11] GAROFALO, Ema. What Are Voxels and How Are They Used in 3D Modeling?. Makeuseof.com [online]. 26 February 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/what-are-voxels-3d-modeling/>
- [12] How Minecraft Generates Massive Virtual Worlds from Scratch. Remptongames.com/ [online]. 28 February 2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://remptongames.com/2021/02/28/how-minecraft-generates-massive-virtual-worlds-from-scratch/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LM Lonely Mountains

WoW World of Warcraft

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Škála míry zjednodušení.....	23
Obr. 2 Škála míry deformace.....	29
Obr. 3 Škála míry stylizace vykreslení.....	33
Obr. 4 Škála míry stylizace animace.....	36
Obr. 5 Vyhodnocení obecné míry stylizace zkoumaných prostředí.....	39
Obr. 6 Výsledné prostředí zkušebního teaseru.....	45
Obr. 7 Výsledné prostředí finálního teaseru.....	47
Obr. 8 Vyhodnocení stylizace prostředí Moss Valley z díla Pierre.....	49