

# Súhrnná výskumná správa k projektu Škoda auto - Vývoj aplikácie VRUT za rok 2018

Martin Káčerik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vysoké učení technické v Brně

## I. CIELE PROJEKTU

Súhrnným cieľom výskumu a vývoja v rámci projektu je inovácia softvérového nástroja VRUT (viď. nižšie) používaného ŠKODA AUTO a.s.. V roku 2018 bola práca zameraná najmä na dve oblasti, a to:

- strojové učenie
- fyzikálne korektné zobrazovacie techniky

V rámci prvej časti bolo hlavnou úlohou pripraviť pre VRUT obecné rozhranie pre podporu hlbokého učenia, ktoré malo byť následne využité k implementácii aplikácie SmartManual, inteligentnej užívateľskej príručky pre mobilné platformy určenej pre majiteľov vozidiel Škoda.

Náplňou druhej časti bola inovácia dovedty používaného zobrazovacieho modulu RayTracer, najmä jeho časť pre realistické zobrazovanie technológiou path tracing. Používaný empirický model materiálov a zobrazovania bol nahradený modernejším, fyzikálne korektnejším a vizuálne uspokojivejším modelom.

## II. VRUT

VRUT (Virtual Reality Universal Toolkit) je proprietárny softvérový nástroj využívaný pre interné potreby viacerých oddelení Technického vývoja spoločnosti. Je určený najmä pre prácu s trojrozmernými CAD dátami, podporuje široké spektrum hardvéru pre virtuálnu aj rozšírenú realitu a rôzne technológie zobrazovania. Používa sa aj ako fyzikálny simulátor šírenia svetla a viaceré výpočtové úlohy dokáže škálovať od jedného zariadenia až po superpočítač.

## III. STROJOVÉ UČENIE

Obsahom tejto časti zmluvného výskumu boli dve samostatné, ale úzko súvisiace úlohy:

- obecné rozhranie pre hlboké učenie pre VRUT, umožňujúce modelovanie a tréningovanie konvulčných neurónových sietí
- demo aplikácia pre platformu Android s využitím navrhnutého rozhrania, umožňujúca naživo pomocou kamery rozpoznávať prvky vo vozidle a poskytovať k nim užívateľský manuál

## A. Postup

Postup práce bol pôvodne definovaný štyrmi míľníkmi s postupne rastúcimi nárokmi na funkcionálnosť. Výstupom každého míľníka mala byť krátka demonštrácia dosiahnutých výsledkov. Jednotlivé medzikroky mali byť predvedené nasledujúcim spôsobom:

1. demo aplikácia vo virtuálnej realite, s modelom mobilného zariadenia rozpoznávajúcím skrz virtuálnu kameru prvky modelu vozidla
2. demo aplikácia na platforme so systémom MS Windows, snímajúca kamerou skutočný interiér vozidla, rozpoznávanie lokálne
3. demo aplikácia na platforme so systémom MS Windows, snímajúca kamerou skutočný interiér vozidla, rozpoznávanie po sieti pomocou webového servera
4. demo aplikácia na platforme Android, finálny výstup práce

Odôvodnením pre vznik dema popísanom v bode 2 bol fakt, že na tejto platforme má VRUT natívnu podporu a nebolo by teda potrebné vyvíjať dedikovanú aplikáciu, zároveň by však bolo možné pracovať už s reálnymi dátami. Obdobne myšlienka webového servera vznikla na základe predpokladu vynechania nutnosti implementácie práce s neurónovými sieťami v mobilnom zariadení, čo by viedlo k ďalšiemu odľahčeniu vývoja tejto aplikácie.

Po rozšírení tímu sa však od týchto myšlienok upustilo a výsledok vznikol v zásade v súlade s krokmi 1 a 4.

### 1. VR demo

Už prvé demo počas vývoja, aj keď v odľahčenej forme, pokrýva veľkú časť výslednej funkcionality.

Pre jeho potreby vznikla minimálna implementácia rozhrania pre hlboké učenie, došlo k experimentom s viacerými modelmi neurónových sietí, zohľadňujúc najmä spoľahlivosť daného modelu v kombinácii s jeho veľkosťou a náročnosťou na tréningovanie. Množina rozpoznávaných prvkov interiéru bola v tejto fáze stále otvorená a v ďalších fázach vývoja sa výrazne menila, čo spočiatku viedlo k niekoľkým chybným predpokladom. Pre účely dema sa pre rozpoznávanie pevne stanovilo desať prvkov na palubnej doske.

Virtualizácia celého procesu zjednodušila najmä počiatočnú prácu so získavaním dát, ktoré mohli byť plne syntetické, ako aj odstránenie nutnosti vývoja akejkoľvek externej (mobilnej) aplikácie. Vzniknutá demo funguje

celé v rézii nástroja VRUT, a to formou predpripraveného skriptu.

## 2. Android aplikácia

Keďže rýdzo syntetické tréningové dáta pre prácu v skutočnom prostredí neumožňovali uspokojivú presnosť rozpoznávania, bolo nutné tréningovú sadu rozšíriť o reálne dáta. Pomer dát v tejto hybridnej sade bol odvodený z výsledku viacerých experimentov. Množina rozpoznávaných prvkov interiéru sa rozrástla na viac ako 60 prvkov a je pravdepodobné, že pre prípadnú produkčnú verziu sa ešte zväčší.

Nezávislým krokom bolo vytvorenie aplikácie pre platformu Android, ktorá bola schopná poňať spracované technológie a umožniť ich nasadenie.

### B. Výsledky

Pre VRUT vzniklo základné rozhranie umožňujúce vykonávať potrebné úlohy hlbokého učenia, a to formou skriptov v jazyku JavaScript.

Vzniknutá demo aplikácia využíva pre tréningovanie svojho modelu neurónovej siete kombináciu reálnych (fotografie) a syntetických dát (pripravených tiež pomocou VRUTu) a dosahuje uspokojivú presnosť (cez 96%). Aplikácia bola prezentovaná na akcii IVET 2018 - internom workshope inováčných technológií Technického vývoja ŠKODA AUTO. Príprava produkčnej verzie bola presunutá na iný tím v rámci spoločnosti.

## IV. PBR TECHNIKY

Inovácia realistického zobrazovania vo VRUTE sa dá opäť rozdeliť na dva celky:

- forma a obsah popisu použitých materiálov
- realistické zobrazenie definovaných materiálov

Snaha zahrnúť do zobrazovania väčšie množstvo fenoménov spojených so šírením svetla, ako lom, ohyb či polarizácia vyžaduje uchovávať viaceré, doteraz nepotrebné, vlastnosti materiálov. Nový koncept materiálov by zároveň mal byť schopný reprezentovať požadované vlastnosti v celom viditeľnom spektre.

Informácie o vlastnostiach materiálu bolo následne nevyhnutné zahrnúť aj do výpočtov výsledného obrazu. Pre tento účel bola zvolená štatistická metóda path tracing.

### A. Postup

Uvedené časti vznikali jedna po druhej, keďže materiály sú nutnou prerekvizitou pre samotné zobrazovanie.

## 1. Materiál

Navrhnuť vhodný, obecný, rozšíriteľný a súčasne spätne kompatibilný nový koncept uloženia materiálov bola najnáročnejšia úloha tejto časti. Stanovené boli nasledovné základné požiadavky:

- vlastnosti umožňujúce zachovanie energie v scéne
- možnosť vytvoriť nad jedným materiálom rôzne modely BSDF
- možnosť v novom systéme zreprodukovať starý materiálový koncept

Po diskusií s ostatnými kolegami vyvíjajúcimi rôzne časti VRUTu na ČVUT v Prahe bol stanovený výsledný obecný koncept, ktorý v jeho základnej variante predpokladá popis nasledujúcich vlastností materiálu:

- vlastnosti povrchu
- vlastnosti média
- emisívne vlastnosti
- deformácie povrchu

Navrhnutý model je založený na teórii mikroplôšok (*microfacet*) a na základe (ne)prítomnosti jednotlivých častí sa automaticky určí množina použiteľných BSDF funkcií, ktoré by mohli byť zahrnuté vo výpočte.

## 2. Path tracing

Pôvodná implementácia algoritmu path tracing vo VRUTE tvrdo predpokladala empirický Phongov model a nekorektne manipulovala so samotným štatistickým základom algoritmu, čo v najhoršom prípade viedlo až na kvadratickú zložitosť výpočtu.

Pri vývoji preto došlo najskôr k zobecneniu algoritmu a jeho nezávislosti od použitého modelu BSDF a následne k úpravám v samotnom algoritme.

Implementovaná bola aj matematická báza pre výpočty plynuce z využitej teórie mikroplôšok.

### B. Výsledky

Po vykonaní uvedených krokov vznikla nová verzia zobrazovacieho modulu RayTracer pre VRUT schopná zobrazovať pomocou fyzikálne založených techník. Zvláda požadovanú základnú funkcionalitu a je pripravený pre ďalšie požadované rozšírenia, ako zobrazovanie viacvrstvých materiálov (typicky lak vozidla) či podpovrchový rozptyl svetla.

Uvedený koncept materiálu je tiež možné použiť aj pre iné formy zobrazovania (rasterizačné aj ray-tracing techniky), vrátane už existujúcich implementácií v iných zobrazovacích moduloch VRUTu. Dá sa využiť rovnako pre fyzikálne ako aj pre empirické prístupy.

## V. ZÁVER

Výsledky za rok 2018 zodpovedajú zmluvným požiadavkam objednávateľa a umožňujú plynulo nadviazať na ďalšie časti výskumu naplánované na rok 2019.