

**СИМУЛАЦИЈА РЕФЛЕКСИЈЕ МЕТАЛА И ПЛАСТИКЕ У VRAY RENDERING  
PLUGIN-U ПРОГРАМА 3DS MAX****SIMULATION OF METAL AND PLASTIC REFLECTION IN VRAY RENDERING  
PLUGIN OF 3DS MAX program**

Ђорђе Милетић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – АРХИТЕКТУРА**

**Кратак садржај** – Циљ овог пројекта јесте да се зарад побољшања архитектонске визуелизације направити алгоритам за добијање што фотореалистичније рефлексије метала и пластике у Vray rendering plugin-у програма 3ds Max.

**Кључне речи:** Архитектонска визуелизација, рефлексија метала и пластике

**Abstract** – The aim of this project is to upgrade the limits of architectural visualization with an algorithm which aids in achieving a photorealistic reflection of metal and plastic in Vray rendering plugin of 3ds Max program.

**Keywords:** Architectural visualization, reflection, metal, plastic

**1. УВОД**

Проблем који је истражен у овом раду јесте симулација рефлексије метала и пластике у 3D Studio Max софтверу и Vray rendering engine-у као његовом plugin-у. Проблем је непрецизна и недовољно реалистична рефлексија као последица недовољно прецизних алгоритама везаних за вредности Френелове рефлексије (Fresnel reflections) као и алгоритама за дистрибуцију светлости (BRDF - Bidirectional reflectance distribution function) од којих је најновији и најпрецизнији Microfacet GTR (GGX), али и даље недовољно добар [1].

Циљ овог рада јесте наћи мануелни метод добијања материјала који ће имати прецизнију рефлексију од стандардног Vray материјала, а све то зарад побољшања приказа у одређеним архитектонским визуелизацијама - рендерима.

Почетни корак јесте одабир референци већ наведених материјала, а затим прављење три различита материјала и њихово поређење како би се утврдио најуспешнији метод. Један од материјала је стандардни материјал у који се уписује вредност за Fresnel reflections и укључује Microfacet GTR (GGX) BRDF. Други материјал има убачен мануелно уцртан график рефлексије у зависности од угла сагледавања површине док је трећи материјал направљен од три материјала различитих вредности одсјаја (енг. glossiness) који се међусобно преклапају и на тај начин се надомешћује недостатак примене GGX за BRDF.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др Весна Стојаковић.

И у трећи материјал се убацује мануелно уцртан график рефлексије. Финални циљ јесте направити алгоритам као путоказ добијања материјала који има најреалистичнију рефлексију, а да то буде на најбржи могући начин.

**1.1 Френелов ефекат и проблем симулације тог ефекта у Vray rendering plugin-у**

Френелов ефекат је појава да нека површ која је осветљена мења јачину рефлексије и сјајност у зависности од угла под којим се та површ сагледава [2]. Ако је правац сагледавања те површи управан на њу, онда су рефлексија и сјајност најслабији. Како се тај угао смањује, тако се јачина рефлексије и сјајност повећавају.

Френелов ефекат различит је за различите материјале. Код материјала пластике или дрвета, нпр. јачина рефлексије се повећава како се повећава угао између зрака сагледавања и нормале у односу на површ која је осветљена (упадни угао). Код метала је ефекат другачији - Френелов ефекат је знатно слабији, односно јачина рефлексије се не мења много у зависности од угла сагледавања осветљене површи, мада то зависи од самог метала [3].

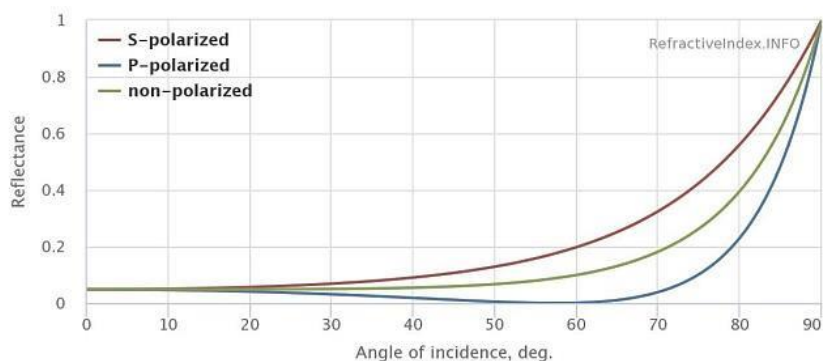
У прилогу на слици 1 и 2 редом су приказани по један график за пластику (поликарбонат као један од најчешћих врста пластике које се користе у свакодневици) и метал (алуминијум).

У оба случаја се и за црвени, зелени и плави спектар светлости (сваки на различитим таласним дужинама) график не мења значајно, што значи да рефлексија практично остаје иста, па се може узети нека средња вредност таласне дужине (0,55 нанометара).

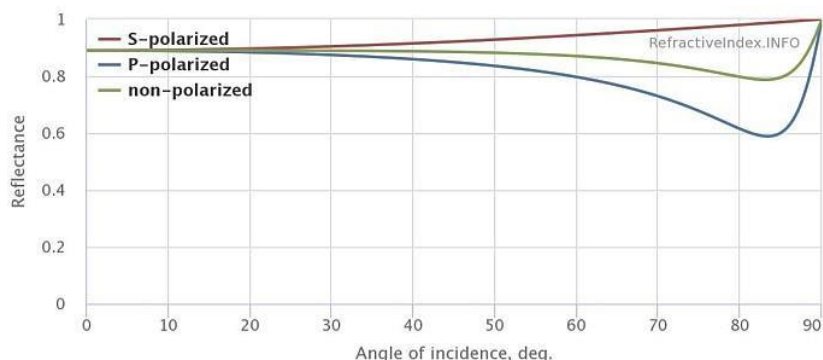
У Vray рендеринг plugin-у као софтвера 3DSMax који ће бити коришћен за симулацију рефлексије светлости на различитим материјалима, постоји опција да се укључи опција Fresnel reflections и да се испод те опције упише вредност Fresnel IOR (индекс рефракције) за коју је уписана почетна вредност од 1,6.

Тај коефицијент представља вредност за највећи број материјала у природи и он је у корелацији са горе приказаним графиком за пластику.

Међутим, та вредност није довољно тачна у Vray-у и не описује довољно прецизно понашање рефлексије у зависности од упадног угла светлости (Френелов ефекат).



Слика 1. Пластика (поликарбонат)



Слика 2. Метал (алуминијум)

Може се десити нпр. да у рендеру дрво које има индекс IOR 1.6 (у природи) изгледа реалистичније ако ставимо у *Vray*-у вредност преко 2 или чак до 3, што у природи није случај. А то значи да та вредност мора стално да се подешава јер није у корелацији са правим вредностима индекса рефракције у природи. Додатно, како би ефекат метала био постигнут, та вредност мора да се повећава преко 2.2 па до чак 50, што није случај у природи. Те вредности нису веће од 6,7 за неку просечну таласну дужину светлости, нпр. 0,55 нанометара, која је коришћена у графицима изнад.

Начин на који би се превазишао проблем креирања реалистичне рефлексије јесте ручно уцртавање криве убацивањем *falloff* мапе у *Reflect* одељак. Наравно да и ту мора да се додатно подешава али би се уцртавањем те криве допринело прецизнијем Френеловом ефекту. При том би опција *Fresnel reflections* била искључена.

## 1.2 BRDF и проблем симулације дистрибуције светлости

*BRDF* је функција која се састоји од четири променљиве које описују како се светло рефлектује, односно, дистрибуира на осветљену површ. Користи се у компјутерској графици и, између осталог, у рендеринг додацима попут *Vray*, *Corona* итд. *Vray* нуди неколико *BRDF* функција за дистрибуцију рефлексије [4].

Опасно речено, проблем је што се светлост у оваквим простим *BRDF*-овима дистрибуира превише постепено и не назире се вишеструка слојевитост дистрибуције, каква је у природи.

Пре неколико година је направљен сложени *BRDF* који се зове *Microfacet GTR(GGX)* и који симулира вишеслојну и неуниформну дистрибуцију светлости.

Међутим, истраживањем је утврђено да и *GGX* има неких мањих недостатака, али који и те како могу недостајати, поготово код неких *close up* рендера (рендера где је камера веома приближена неком објекту који је у фокусу).

Тај недостатак је „слој” дистрибуције светлости који се односи на делове објекта који се сагледавају под великим упадним углом (преко 60,70 степени) и који треба да имају високу вредност за *glossiness* (0,92 па све до 0,99 код чистих метала, чистих у смислу и да нема додатних легура, а и чистим површински). Показало се и да се дистрибуција светлости са главног одејаја на објекту, ипак, боље постиже мануелним прављењем материјала. Идеја је да се такав ефекат постигне прављењем *VrayBlend* материјала који ће се састојати од 3 основна материјала са 3 различите „*glossiness*” вредности и међусобно прожимати (*blend*-овати) преко *falloff* мапа у којима ће ручно бити уцртана крива која ће диктирати који од 3 материјала ће долазити до изражаја у зависности од угла сагледавања осветљене површине посматраног објекта.

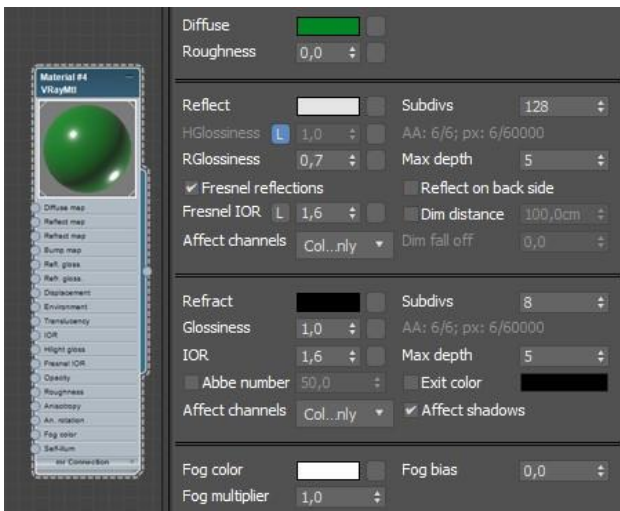
## 2. ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

У фази истраживања идеја је да се одређена референца неког чистог материјала (материјал који није зарђао, који није прљав од прашине итд.) пореди са три рендера у смислу који је рендер приближнији референтној фотографији, односно који има реалистичнију рефлексију. Акцент је на рефлексији, а не на текстури.

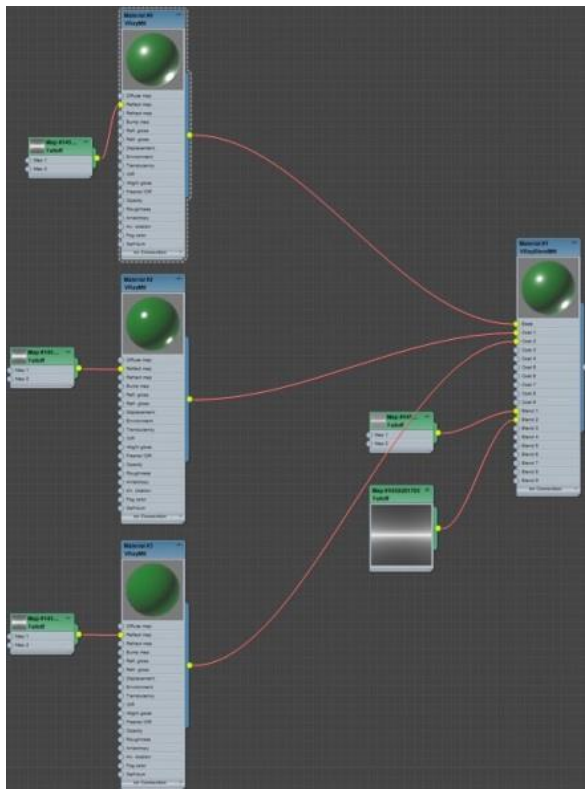
Први рендер који ћемо назвати стандардни рендер ће бити направљен коришћењем материјала у коме је рефлексија постављена на стандардан начин. Обележен *Fresnel reflections* и уписан *IOR* у наредном и

првом случају 1,6 пошто се ради о пластици и тај број је подобан у овом случају (иако не мора да буде у корелацији са коефицијентом индекса рефракције из природе). Подешен је најприближнији број за *glossiness* и вредност за *reflect*, односно јачина и боја рефлексије која је у првом случају пластике бела. *BRDF* који је изабран јесте *Microfacet GTR (GGX)*. На слици 3 је приказан материјал у *Vray*-у из кога је проистекао стандардни рендер.

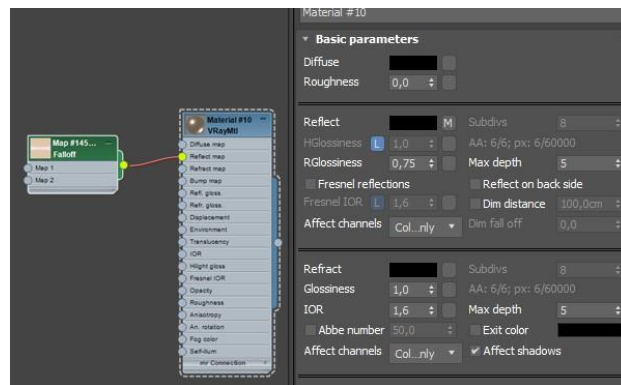
Други рендер који је назван Френел рендер је рендер који је проистекао од материјала у који се укључује *Fresnel reflections* опција и у чији *reflect map* се убацује *falloff* крива која симулира Френелов ефекат. И овај материјал је „једнослојан”. На слици 4 приказан је како изгледа у *Vray*-у.



Слика 3. Материјал стандардног рендера



Слика 4. Материјал *VrayBlend* рендера



Слика 5. Материјал Френеловог рендера

Трећи рендер који ће бити назван *VrayBlend* рендер ће представљати материјал који је направљен од три материјала у којима је мануелно подешавана крива рефлексије у одељку *reflect*. Они се прожимају односно *blend-ују* такође преко криве која одређује како ће се преклапати. Циљ је да се установи који од ова три *Vray* материјала, из којих су проистекла поменута три рендера, јесу најпо-деснији за различите материјале у природи, односно да се направи алгоритам у коме би било објашњено како у зависности од материјала објекта (нпр. да ли је објекат чију рефлексију треба опонашати метал, пластика итд...) одабрати одговарајући и истраживањем утврђени пут до најбољег решења.

На слици 5 је приказан *Vray* материјал из кога је проистекао *VrayBlend* рендер.

### 3. ЗАКЉУЧАК

Истраживачки рад за потребе овог мастер рада је донео алгоритам којим се добија *Vray* материјал који има најреалистичнију рефлексију метала (сребро, алуминијум, гвожђе, хром, месинг, злато, бакар и бронза) и пластике (поликарбонат). Алгоритам се може применити и на остале метале и пластичне материјале. У алгоритму код метала је направљена подела на метале са монохроматском и обојеном рефлексијом док код пластике постоји само монохроматска рефлексија. Истраживањем је утврђено да најреалистичнији резултат даје *VrayBlend* рендер.

За потребе тог рендера направљен је *VrayBlend* материјал чији најбржи метод прављења је описан у алгоритму. Време рендеровања било је највеће код *VrayBlend* рендера у односу на стандардни и Френелов и то је заправо једина мана у односу на преостала два.

Област архитектонске визуализације је доста развијена последњих година и на сцени влада утркивање у побољшању фотореалистичности тако да и најситнији детаљи долазе до изражаја и доносе боље резултате. У овом мастер раду то је случај са рефлексијом већ поменутих метала и пластике.

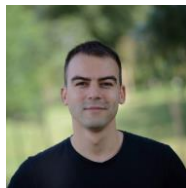
Око некада не може ни да примети ствари попут ситних разлика између стандардног, Френеловог и *VrayBlend* материјала, али општи утисак иде у корист рендера који имају неке ствари за нијансу боље.

У овом раду је то случај са рефлексijом. И посматрач не може одмах да уочи зашто је тај рендер бољи, али има утисак да је бољи.

#### 4. LITERATURA

- [1] G. Warwick, 3D artist and author of Mastering Vray series of tutorials, 2014.
- [2] Н. Чалуковић, „Физика за први разред гимназија”, 2006.
- [3] S. Tickoo, „Autodesk 3ds Max 2017 For Beginners: A Tutorial Approach”, 2017
- [4] M. Pharr,W.Jakob,G. Humphreys, „Phisically Based Rendering:From Theory To Implementation”, 2018.

#### Kratka biografija:



**Ђорђе Милетић** је дипломирани инжењер архитектуре и урбанизма; Запослен у студију у коме се бави дизајном екстеријера и ентеријера тематских паркова користећи програме 3DS Max, Zbrush, Substance Painter, Unfold 3D, Photoshop