

**КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА РАЗЛИЧИТИХ ПРИСТУПА ЗА КРЕИРАЊЕ
РЕАЛИСТИЧНЕ ВЕГЕТАЦИЈЕ У UNREAL ENGINE-У****COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT APPROACHES FOR CREATING
REALISTIC VEGETATION IN UNREAL ENGINE**Тамара Тиркајла, Ивана Васиљевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – РАЧУНАРСКА ГРАФИКА**

Кратак садржај – Тема овог рада је истраживање и компаративна анализа метода који дају најбоље резултате при креирању реалистичног приказа вегетације у Unreal Engine-у. Испитивана су два приступа на примеру биљке и дрвета, а то су: low-poly модели на које је примењен вегетациони шејдер и high-poly модели на које је примењен само материјал. На крају рада су анализирани резултати сваке од метода.

Кључне речи: вегетација, шејдер, Unreal Engine

Abstract – The subject of this paper is the research and comparative analysis of methods for achieving the most realistic representation of vegetation in Unreal Engine. Two approaches were evaluated using the examples of a plant and a tree: vegetation shader on low-poly models and basic material on high-poly models. The paper concludes with an analysis of the results obtained from each method.

Keywords: vegetation, shader, Unreal Engine

1. УВОД

Тема овог рада је истраживање и компаративна анализа метода за реалистичан приказ вегетације у Unreal Engine-у. Циљ овог истраживања је поређење две методе за креирање вегетације и њену материјализацију, у овом случају биљке и дрвета, и добијање увида у то које су предности и мане сваке од метода како би се пронашао најадекватнији за примену у области интерактивне архитектонске визуализације. Истражени су кључни аспекти креирања 3Д модела вегетације и њене материјализације, са циљем постизања реализма и оптимизације за интерактивно окружење.

2. О UNREAL ENGINE-У

Unreal Engine је алат за креирање 3Д компјутерске графике, развијен од стране Epic Games-а. Иако познат као погон за креирање видео игара, Unreal Engine се користи и у другим индустријама – филмској и телевизијској, архитектури, аутомобилској индустрији, итд [1].

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Васиљевић, доцент.

Захваљујући својим карактеристикама, Unreal Engine је програм који нуди широк спектар могућности и у области интерактивне архитектонске визуализације. Примарни циљ у овој области је постићи што већи реализам у приказу, а највећа помоћ при достизању тог циља су адекватне и квалитетне текстуре и материјали. Међутим, у већини случајева, сами материјали и текстуре нису довољни за висок ниво реалистичности, и тада је најбоље размотрити креирање посебног шејдера (енг. *shader*) за вегетацију како би се постигао жељени приказ.

2.1. Вегетациони шејдер

Пре објашњења шта представља појам шејдер, прво ће бити описани појмови текстура и материјал. Текстура је слика која се примењује на 3Д модел, а која му даје боју и детаље. Она омогућава приказ комплекснијих површина без потребе за додавањем геометрије. Међутим, сама текстура није довољна за реалистичан приказ, и због тога се користе материјали. Материјали дефинишу како ће изгледати површина објекта, узимајући у обзир његову боју, сјајност, рефлективност, нормале, транспарентност, итд. Материјали комбинују текстуре, односно мапе текстура, и сет параметара који одређују како ове мапе интерагују са светлом и остатком 3Д сцене. Материјали се могу креирати у већини 3Д софтвера повезивањем чворова у мрежу (енг. *node-based*).

Шејдере можемо описати као мање програме који су писани специфичним програмским језиком. То су програми који се користе за процесирање графике и одређивање начина на који се приказује светлост, боје и текстуре на површини 3Д објекта [2]. Шејдери врше прорачун светла, сенки, рефлексија и мапирање текстуре, чиме дефинишу визуелни приказ објекта у сцени и дају инструкције рачунару како да рендерује сваки пиксел материјала. Иако се могу креирати писањем кода у одговарајућем програмском језику за шејдере, лакше је креирати шејдер преко чворова.

Вегетациони шејдер као такав не постоји као посебан шејдер у Unreal Engine-у, али овај програм поседује алате и остала подешавања за шејдер како би могао бити прилагођен специфично за вегетацију. Примери неких од њих су *Two-Sided Foliage Shading Model* и *Subsurface Scattering*. Такође поседује алате за додавање анимације на вегетацију, као што је, на пример, симулирање ефекта ветра, што све заједно доприноси реалистичности приказа вегетације.

3. ПРАКТИЧАН ДЕО РАДА

У практичном делу рада је урађено истраживање и финализирање 3Д модела за сваку методу која се испитује. За поређење су одабране две методе, које ће бити тестиране на примеру модела биљке и дрвета. Први метод обухвата моделовање 3Д објеката са мањим бројем полигона и детаља (енг. *low-poly*), и затим њихов визуелни приказ у *Unreal Engine*-у уз помоћ посебно креираног вегетационог шејдера. Други метод обухвата моделовање и дигитално вајање 3Д објекта са већим бројем полигона и више детаља у геометрији, и затим његовог приказа уз помоћ једноставног материјала у *Unreal Engine*-у.

3.1. Креирање *low-poly* 3Д модела

У овом поглављу је описан процес креирања 3Д модела *low-poly* биљке и дрвета, који ће бити коришћени у оквиру прве методе као коначни модели на које ће се применити шејдер, и као објекти на којима ће се наставити дигитално вајање, како би се добили *high-poly* објекти за потребе друге методе.

Пре самог моделовања су припремљене референтне слике и одговарајуће текстуре. Одабрано је креирање модела биљке „*Money Plant*“, па је коришћена и текстура која одговара тој врсти биљке. Моделовање је рађено у програму специјализованом за 3Д моделовање - *Blender*. Прво су моделовани листови биљке, направљено је неколико варијација листова и урађен је *unwrap* модела. Након листова, измоделоване су мање стабљике од листова и главна стабљика биљке. За њих је такође урађен *unwrap* модела и постављена је текстура на стабљике. У финалном кораку моделовања биљке, на главну стабљику су распоређени листови са својим стабљикама.

Моделовање *low-poly* модела дрвета је изабрано да се ради од нуле, иако данас постоје многи алати који олакшавају процес моделовања или нуде могућности за генерисање већ готових модела. Пре почетка моделовања, одабрана је врста дрвета која ће се моделовати, у овом случају је то бреза. За моделовање су коришћене могућности које пружа *Skin* модификатор. Направљен је скелет стабла од разгранатих, али повезаних вертекса, и затим је уз помоћ модификатора креирана геоматерија око скелета. Након стабла, урађени су модели листова и тањих гранчица.

Листови су направљени као једноставне 2Д површи на којима је налепљена текстура листа и којој је додата закривљеност. Направљено је неколико варијација листова. Танке гранчице креиране су на идентичан начин као стабло, преко *Skin* модификатора. Направљене су две варијације танких гранчица, а затим је на њих примењен *Particle* систем. Овај систем омогућава да се на један одабрани објекат распореди више „честица“ са којима се може манипулисати. У овом случају, по танкој гранчици *Particle* системом су распоређени листови. Подешавањем је број листова, њихова оријентација, позиција, величина и одређени степен одступања од задатих вредности, како би се постигла варијација у изгледу. Коришћена је и додатна опција - *Weight Paint*. Уз

помоћ ове опције, модел може да се обоји различитим нијансама од црвене до плаве, које ће *Particle* систем да препозна и на основу њих да изврши распоређивање листова. Региони модела обојени црвеном бојом означавају да ће се овде распоредити већи број листова, односно да ће на тим регионима бити већа густина листова, док се на регионе обојене плавом бојом неће распоређивати „честице“, односно листови.

Распоређивање гранчица са листовима по стаблу дрвета је урађено на сличан начин као што су листови распоређени по гранчицама, преко *Particle* система. Подешавањем је укупан број гранчица, њихова оријентација, позиција и величина, и степен у којем могу одступати од задатих вредности. Такође је коришћена опција *Weight Paint*, којом је контролисано на којим деловима стабла су гране најгушће.

3.2. Креирање *high-poly* 3Д модела

За потребе испитивања друге методе требало је креирати комплекснији и детаљнији 3Д модел биљке и дрвета. То је изведено дигиталним вајањем у програму *Blender*. Како би се модели припремили за вајање, било је потребно знатно увећати њихов број полигона и то је постигнуто коришћењем *Subdivision Surface*. На модел биљке, додатно је примењен и модификатор *Solidify*, којим се додаје дебелина 2Д површи, односно листа.

На моделу биљке, дигитално вајање је изведено само на листовима, јер су стабљике глатке површине, без детаља. Детаљи на листовима биљке су додати четкицама за дигитално вајање, при чему су највише коришћене четкице *Draw* – за креирање испупчења и удубљења, *Crease* – за оштрија удубљења и по потреби, *Smooth* – за заглађивање површине. Након што је вајање *high-poly* модела завршено, било је потребно смањити број полигона, јер је даљи рад са моделима са много полигона и њихово коришћење неоптимизован и захтеван процес за рачунар. Ово је постигнуто са модификатором *Decimate*.

На моделу дрвета, дигитално вајање је рађено само на стаблу, јер на гранчицама и листовима није било потребе додавати детаље – они су малих димензија и у великом броју, због чега такви детаљи не би били ни приметни. За креирање детаља на стаблу дрвета, односно креирање бразди на површини стабла, било је потребно направити специјалну четкицу за дигитално вајање, на основу текстуре, тачније *Displacement* мапе. Уз такву четкицу, вајање је лакше и ефикасније, јер је текстура површине стабла доста комплексна да се изведе основним четкицама које програм нуди. Овом четкицом су додати детаљи на деловима стабла на којима нема грана, уз коришћење *Smooth* четкице, по потреби.

3.3. Креирање вегетационог шејдера

Вегетациони шејдер је креиран за потребе испитивања прве методе на *low-poly* 3Д моделима. Измоделовани објекти су, заједно са одабраним текстурама за биљку и дрво, увезени у *Unreal Engine* пројекат. Направљен је главни материјал који ће да садржи све функционалности вегетационог шејдера и чије инстанце ће се користити на моделима. Принцип

креирања овог шејдера се базира на функцијама материјала (енг. *Material Function*). Ако више различитих материјала користи исту функцију материјала, уколико је потребно изменити неку ставку, то се може урадити у оквиру функције и та промена ће се аутоматски применити на све материјале и није потребно сваком материјалу посебно мењати функцију.

Даље у тексту, описане су све компоненте материјала које ће бити обухваћене шејдером. Шејдер за биљку ће се састојати од следећих компоненти материјала: *Base Color*, *Opacity Mask*, *Normal*, *Fresnel Specular*, *Roughness*, *Emissive*, *Subsurface Color* и *World Position Offset*. Код шејдера за дрво је још додата функционалност компоненте *Ambient Occlusion*.

Base Color представља основну боју материјала. Она дефинише начин на који се дифузно светло рефлектује са неке површине, без узимања у обзир спекуларне рефлексије. У оквиру шејдера су, кроз функцију, имплементиране могућности за промену сатурације, осветљености, контраста и нијансе (енг. *Tint*) ове компоненте.

Особина прозирности (енг. *Opacity*) неког материјала одређује колико је материјал провидан или непровидан. У оквиру овог шејдера коришћена је прозирна маска (енг. *Opacity Mask*) која одређује који делови материјала ће бити видљиви на сцени. Ова особина је корисна код материјала за листове, јер омогућава да се на површини листова симулирају ситне несавршености у виду неравнина на ивицама и рупама на листу, без потребе да се мења геометрија објекта који представља лист.

Нормал мапа (енг. *Normal map*) представља текстуру која користи RGB вредности да би се представили различити детаљи на површини објекта, на пример, удубљења и испупчења, као да су заиста креирани геометријски на објекту. Ова мапа се може поставити на једноставан објекат да би се добила детаљност, без потребе за комплексном геометријом. У оквиру шејдера су имплементиране могућности за промену интензитета ове мапе.

Спекуларност (енг. *Specularity*) је особина материјала да рефлектује светлост са површине, и она се на објекту приказује као одсјај на површини. При креирању овог шејдера, за приказивање спекуларности узет је у обзир и *Fresnel* ефекат. *Fresnel* ефекат је појава која зависи од упадног угла између линије погледа и површине објекта који се посматра. Повезаност је следећа – што је упадни угао гледања мањи, то је рефлексија јаснија на површини објекта који посматрамо. Резултат овог ефекта су суптилне промене у приказу, али се постиже већи степен реализма [3]. У оквиру шејдера омогућена су подешавања интензитета *Specular* мапе и јачине *Fresnel* ефекта.

Храпавост (енг. *Roughness*) је особина материјала која одређује колико је површина глатка или храпава, што је директно повезано са спекуларном особinom, па тако утиче на рефлексију светлости на објекту. Што је површина објекта храпавија, светлост се рефлектује у више праваца и делује распршено и ублажено, а код глатких површина светлост има јачи одсјај. У оквиру шејдера за биљку, ова компонента је дефинисана само

кроз бројну вредност, јер су делови биљке глатке површине.

Емисиона (енг. *Emissive*) особина материјала дефинише светлост која се емитује са површине објекта. Материјал који има подешену емисиону компоненту изгледа као да сија. У оквиру шејдера, могуће је контролисати интензитет светлости која се емитује са површине.

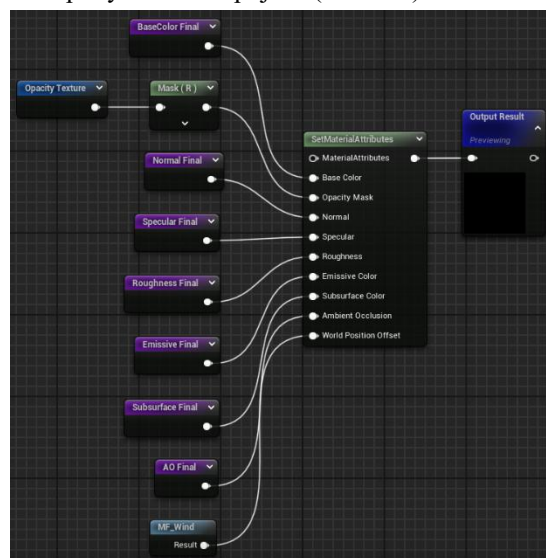
Боја подповршинског распршења (енг. *Subsurface Color*) је особина материјала уз помоћ које се симулира начин на који светлост продире кроз површину објекта и одбија се у његовој унутрашњости. Овај ефекат се може приметити на примерима коже, воска и листова биљака. У ову сврху, у оквиру шејдера имплементирано је коришћење мапе за ову појаву и контрола сатурације, осветљености, контраста, нијансе и интензитета ове компоненте.

World Position Offset компонента материјала омогућава манипулацију са вертексима 3Д модела у простору. У оквиру овог шејдера користи се за креирање анимације листова, како би се симулирао ефекат ветра. Имплементиране су контроле за интензитет, јачину и брзину овог ефекта.

Код вегетационог шејдера за дрво, коришћен је већ креирани шејдер за биљке, уз додатна прилагођавања. Искључена је опција за коришћење *Subsurface Color* компоненте, додата функционалност за понављање текстуре (енг. *Tiling*), коригована *Roughness* компонента, и додата *Ambient Occlusion* компонента.

Амбијентална оклузија (енг. *Ambient Occlusion*) је особина преко које се симулира приказ сопствене сенке објекта која се јавља у удубљењима на површини. Најчешће се представља одговарајућом мапом, а на примеру шејдера за дрво, додате су функционалности за промену црних, сивих и белх нијанси материјала, чиме се симулира ефекат „дубине“ бразди на површини стабла.

На крају су све креиране компоненте материјала у оквиру вегетационог шејдера повезане са одговарајућим атрибутима материјала (Слика 1).



Слика 1. Атрибути материјала

3.4. Креирање материјала за *high-poly* 3Д моделе

За потребе друге методе креирани су једноставни материјали за *high-poly* моделе. За сваки објекат су

увезене одговарајуће мапе текстура, креирани су нови материјали и у оквиру њиховог *blueprint*-а су убачене поменуте мапе, након чега су повезане са одговарајућом компонентом материјала. Поред повезивања, код материјала за стабло додатно је још подешена функционалност за понављање текстуре.

4. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Након финализације примера за обе методе, урађена је анализа резултата, како би се сагледале предности и мане, и донели закључци о свакој методи. Изабрани су критеријуми на основу којих ће се извршити евалуација сваке методе - визуелни квалитет, време потребно за финализацију методе и процесорска захтевност.

За анализу визуелног квалитета извршена је компарација приказа финалних модела из обе методе са фотографијом, на примеру биљке и дрвета. На примеру биљке разлика између обе методе је суптилна, али је приметно да прва метода даје резултат вернији реалистичном изгледу (Слика 2). На примеру дрвета је то још очигледније (Слика 3).



Слика 2. Поређење I и II методе на примеру биљке



Слика 3. Поређење I и II методе на примеру дрвета

За анализу потребног времена за финализацију методе, током израде рада мерено је време потребно за креирање модела и његову финализацију, од моделовања до коначног приказа, за обе методе на примеру биљке и дрвета. Резултати су приказани у табели 1:

Табела 1. Резултати измереног времена

	Биљка	Дрво
Прва метода	1:48:33	1:34:17
Друга метода	1:51:00	1:19:14

Код процесорске захтевности, анализирано је колико је свака метода адекватна за коришћење у интерактивном окружењу. У оквиру *Unreal Engine* пројекта, направљене су две идентичне мапе по подешавањима, осветљењу и актерима на сцени. Једна мапа је попуњена моделима биљака и дрвећа креираним првом методом, док је друга мапа

попуњена моделима из друге методе. Током тестирања, нису примећени проблеми у погледу визуелног квалитета, али код друге методе долази до успореног кретања кроз сцену, односно долази до кашњења у покретима камере. Разлог томе може бити велики број полигона на моделима из друге методе, јер су захтевнији за процесирање, и стога је закључено да је, по овом критеријуму, прва метода адекватнија за потребе креирања интерактивног окружења.

На основу наведених запажања, изведени су следећи закључци у виду табеле 2 (методе су означене римским бројевима):

Табела 2. Коначни резултати анализе метода

	Биљка		Дрво	
	I	II	I	II
Визуелни квалитет	✓	✓	✓	
Потребно време израде	✓			✓
Процесорска захтевност	✓		✓	

5. ЗАКЉУЧАК

Током рада на овом истраживању главно питање на које се желело дати одговор је адекватан избор метода за моделовање и за материјализацију 3Д објеката вегетације који би били погодни за коришћење у интерактивном окружењу. Циљ је био испитати у којој мери комплексност модела и комплексност приступа код материјализације утиче на коначни реалистични приказ. Анализом резултата закључено је да већи учинак на ниво реализма има приступ код материјализације, него приступ моделовању. Показано је да чак и са једноставним моделима уз адекватан шејдер може да се постигне добар ниво реализма. Иако креирање шејдера са вегетацију изискује мало више времена, добије се много могућности за манипулацију материјала и финалног приказа вегетације на сцени.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Unreal Engine*, <https://www.unrealengine.com/en-US> (приступљено у децембру 2024.)
- [2] InspirationTuts. (17. 5. 2024.). *Textures vs Materials Vs Shaders: What you Need to Know!* [Video]. Youtube. <https://youtu.be/CBX9Esfmx5I> (приступљено у августу 2025.)
- [3] Dorian Iten, *Understanding the Fresnel Effect*, <https://www.dorian-iten.com/fresnel/> (приступљено у септембру 2025.)

Кратка биографија:



Тамара Тиркача рођена је 2000. године у Новом Саду. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Рачунарске графике одбранила је 2025. год. Контакт: tamara.tirkajla00@gmail.com



доцент др. **Ивана Васиљевић** докторирала је на Факултету техничких наука у Новом Саду у децембру 2021. године и тако постала први доктор наука из научне области Рачунарска графика. Контакт: ivanav@uns.ac.rs