

**ПРИМЈЕНА СИМУЛАЦИОНИХ СОФТВЕРА У РАЧУНАРСКОЈ ГРАФИЦИ ЗА АНАЛИЗУ И КОМПАРАЦИЈУ ДИЗАЈНА ЛЕТЈЕЛИЦА****APPLICATION OF SIMULATION SOFTWARE IN COMPUTER GRAPHICS FOR AIRCRAFT DESIGN ANALYSIS AND COMPARISON**Јулијана Капор, Ана Перишић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област-РАЧУНАРСКА ГРАФИКА**

**Kratak sadržaj** – У овом раду разматра се употреба рачунарске симулације у области визуализације аеродинамичких карактеристика дизајна летјелица. Примјена симулације спроведена је кроз компаративну анализу два софтвера за рачунарку динамику флуида на примјеру три модела летјелица медијске франшизе „Star Wars“. Испитан је утицај дизајна модела на аеродинамичке перформансе летјелица и како модификације у њиховој геометрији утичу на резултате. Два софтверска окружења која су поређена су SimScale CFD и Autodesk CFD. При поређењу софтвера изведени су закључци о њиховим предностима и манана кроз приложено корисничко искуство. Описани су проблеми који су се јављали и могућа унапређења. Циљ рада је представити предности кориштења рачунарске симулационе технологије за потребе процене и развоја дизајна. Кроз упоредну ревизију алата наведена два софтвера изведена је њихова карактеризација и класификација.

**Кључне речи:** дизајн, рачунарска графика и визуализација, аеродинамика,

**Abstract** – This paper discusses the use of computer simulation in the field of computer graphic visualisation of aerodynamic characteristics in aircraft design. The application of the simulation was conducted through a comparative analysis of two computer fluid dynamics software packages on the example of three models of aircraft of the media franchise "Star Wars". The main theme of this work was the influence of aircraft design on the aerodynamic performance and how the modifications in shape affect the final results. The two software environments compared are SimScale CFD and Autodesk CFD. When comparing the software, conclusions were drawn about their advantages and disadvantages through the described user experience. Problems that have arisen and possible improvements are described. The aim of this paper is to present the advantages of using computer simulation technology for the needs of design evaluation and development. At the same time, through software comparative revision, their characterization and classification was performed.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ана Перишић, доц.

**Keywords:** design, computer graphic visualisation computational fluid dynamics,

**1. УВОД**

Лет птица је била човјекова инспирација за проучавање и дефинисање физичких основа лета тијела тежих од ваздуха. Из тога је проистекла наука под називом Аеродинамика. Аеродинамика (од грч. *ἀήρ*, *aēr*, *aéros* — ваздух, и *δύναμις*, *dynamis* — сила) је наука која се бави кретањем ваздуха у односу на чврста тијела, односно кретањем чврстих тијела кроз ваздух. Аеродинамика проучава, дакле, интеракције гасова са покретним тијелима. Будући да је гас са којим се највише сусрећемо ваздух, аеродинамика се првенствено бави силама вуче и подизања, које проузрокује ваздух који пролази преко и око чврстих тијела.

Савремени инжењери примјењују принципе аеродинамике приликом дизајна авиона, аутомобила, мостова па чак и зграда. Аеродинамичке карактеристике дизајна су посебно важне у проучавању лета и науци о изградњи и управљању возилима, која се назива аеронаутика. Ваздухопловни инжењери користе основе аеродинамике за дизајнирање летјелица које лете кроз Земљину атмосферу.

Да би се савладале силе отпора, авион мора генерисати потисак. То се постиже пропелером на моторни погон или млазним мотором. Када је авион у равном лету, константном брзином, сила потиска је довољна да се супротстави аеродинамичком отпору.

Како се ваздух креће, може генерисати силе у другом смијеру од протока. Сила која спречава пад авиона је сила потиска или подизања. Подизање генерише крило авиона. Путања преко закривљеног горњег дијела крила је дужа од путање дуж равнот дна крила. То доводи до бржег кретања ваздуха изнад врха него дуж доњег дијела. Уз остале једнаке факторе, према Бернулијевом принципу, ваздух који се брже креће има нижи притисак од ваздуха који се спорије креће. Ова разлика у притисцима је оно што омогућава споријем ваздуху да притиска доњи дио крила са већом снагом него што га бржи ваздух гура према горњем дијелу крила. У равном лету, ова сила је довољна да се супротстави сили гравитације.

## 2. РАЧУНАРСКА ДИНАМИКА ФЛУИДА

Рачунарска динамика флуида (*CFD - Computational Fluid Dynamics*) је примијењена наука којој је главни циљ примјена знања и искустава с подручја механике флуида уз израду рачунарских модела, како би се добила нова сазнања о појединим специфичним проблемима унутар механике/динамике флуида. Рачунари се користе за извршавање прорачуна потребних за симулацију протока флуида у слободном току и интеракције флуида (течности и гасова) са површинама дефинисаним граничним условима. Помоћу суперкомпјутера велике брзине могу се постићи боља рјешења која су често потребна за рјешавање највећих и најсложенијих проблема.

Проблеми динамике флуида су изразио комплексни и непредвидиви, те је рачунарско моделовање данас једини начин увида у појаве унутар флуида у покрету. Циљ *CFD*-а је израда довољно тачног модела одређеног проблема, те провођење довољно тачне симулације како би се добио задовољавајући увид.

### 2.1. Начин функционисања *CFD*-а

*CFD* ради на принципу дијелења простора у мрежу која садржи велики број „хелија“. Мрежа хелија је окружена границама које симулирају површине и отворе који прате простор. Температура граница, кретање ваздуха на отворима и температура ваздуха унутар хелија се онда постављају на почетни услов за који се надају да је близу ономе што би се могло очекивати да се нађу унутар простора. Ови услови се могу одредити коришћењем граничног модела који предвиђа граничне услове, засноване на климатским и материјалним подацима. Што је тачнији гранични модел, а што је ближи почетни услов за коначну позицију предвиђену моделом, брже ће се модел покренути и тачнији ће излаз бити.

Софтвер ће затим симулирати проток ваздуха из сваке хелије на оне који га окружују, и размјену топлоте између граничних површина и хелија које су близу њих. Након серије итерација, модел ће доћи до стабилног стања који представља стварне брзине ваздуха и расподелу температура које се очекују у оквиру простора. Фазе *CFD*-а су: 1) дефинисање геометрије и домена рачунања, 2) креирање рачунске мреже, 3) подешавање симулације, 4) рјешење, 5) пост обрада. Важан фактор у развоју *CFD* модела је генерисање мреже хелија. Што је већи број хелија, то ће бити прецизнија симулација, али дуже ће времена бити потребно за покретање.

### 2.2. Софтвери коришћени у раду

За израду практичног дијела мастер рада примењено је више софтвера. Процеси симулације захтјевају посебна окружења, развијена управо за ту намјену. Постоји више програма који се могу употријебити у поменуте сврхе а за потребе овог рада коришћени су *Autodesk CFD* и *SimScale CFD*. Поред њих, коришћен је *Autodesk 3ds Max 2019* за припрему модела и експортовање.

*Autodesk CFD* је рачунарски софтвер за симулацију динамике флуида који инжењери и аналитичари користе за интелигентно предвиђање перформанси течности и гасова. Он помаже да се умањи потреба за физичким прототиповима, истовремено пружајући бољи увид у перформансе дизајна протока флуида.

*SimScale* је софтверски производ за компјутерски потпомогнуто инжењерство (CAE) заснован на *cloud computing*-у. *SimScale* је развијен од стране *SimScale GmbH*-а и омогућава рачунарску динамику флуида, анализу коначних елемената и термичке симулације.

*Autodesk 3ds Max* (првобитно *3D Studio* и *3D Studio Max*) је програм који се користи у рачунарској графичи за тродимензионалну репрезентацију геометријских података. Има широку примјену која обухвата моделовање, визуализацију, анимацију, креирање материјала, рендеровање и симулацију.

## 3. СИМУЛАЦИЈА МОДЕЛА

За практични дио рада, коришћена су три модела *Star Wars* летјелица. Модели су преузети са сајта *turbosquid.com* а потом је извршена њихова припрема у софтверу *Autodesk 3ds Max*. Припрема модела обухвата провјеру размјере и димензија, уклањање текстуре, сређивање геометрије и одговарајуће експортовање.

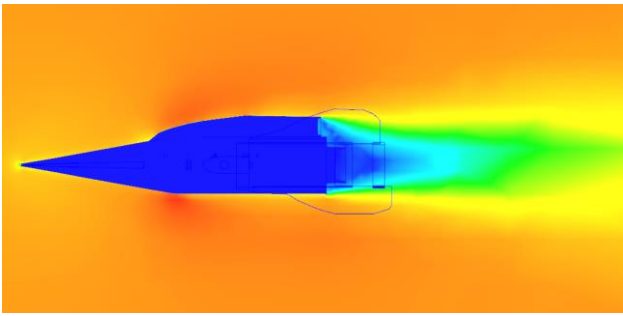
Да би симулација била успјешна, објекти морају да се састоје од једног волумена. Сви објекти су експортовани у *.SAT* формат. Прије саме симулације под жељеним условима, модели су тестирани при базичним параметрима како бисмо били сигурни да нема проблема са геометријом. Како су сви модели успјешно прошли фазу тестирања, прелази се на процес симулације.

### 3.1. Симулација модела у софтверу *Autodesk CFD*

Подешавање симулације је процес који мора да се хијерархијски испрати. Након што увеземо објекат у радни простор, дефинишемо границе домена рачунања. Потом примијењујемо материјал-алуминијум за објекат и ваздух за домен. Након тога дефинишемо услове под којима ће симулација да се одвија. На предњу раван одмена постављамо утицај брзине од  $1000\text{km/h}$  а на задњу раван притисак од  $0\text{Pa}$ . У секцији *Solve* подешавамо жељени број итерација и њихов записи покрећемо симулацију.

Приказ резултата дат је на три начина: путем равни, преко струјница и изо-запремином. Осим у облику слике, резултати су сачувани и у облику анимације. На слици 1 дат је примјер раванског приказа резултата добијеног у софтверу *Autodesk CFD*.

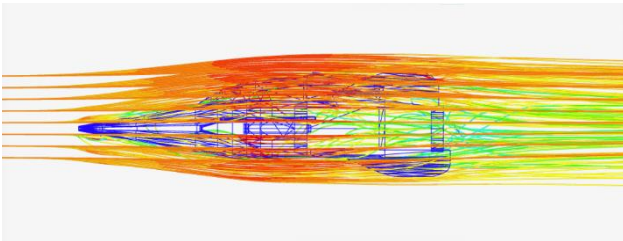
Како бисмо истраживање о аеродинамичности приказали на конкретном примјеру, један од модела је модификован а затим симулиран под истим условима. Овим смо показали како промјена облика утиче на аеродинамичност летјелице.



Слика 1. Равански приказ резултата у софтверу Autodesk CFD

### 3.2. Симулација модела у софтверу SimScale CFD

За приступ раду у SimScale CFD окружењу, потребно је креирати кориснички налог на SimScale платформи. На радном простору креирамо пројекат и потом можемо импортовати објекат. Процес симулације је сличан као и код претходног софтвера, дакле, истим редослиједом подешавамо параметре и услове. На слици 2 приказан је примјер резултата преко струјница добијен у софтверу SimScale CFD.



Слика 2. Приказ резултата преко струјница у софтверу SimScale CFD.

## 4. КОРИСНИЧКО ИСКУСТВО

Корисничко искуство подразумијева понашање неке особе, њене ставове и емоције у вези са коришћењем одређеног производа, система или услуге. Корисничко искуство обухвата практичне и искуствене интеракције човјека и производа. Поред тога, укључује и перцепцију особе од аспеката система, као што су корисност, лакоћа употребе и ефикасност.

У складу са ранијим коришћењем Autodesk производа, било је интуитивно снажи се у Autodesk CFD окружењу. Када су у питању симулације, постоји низ корака који се примијењује и потребно је само испратити предвиђени редослијед. Интерфејс софтвера није толико модернизован у односу на друге Autodesk производе али испуњава све основне захтјеве и подлијеже уобичајеним правилима и обрасцима.

Један од проблема на који смо наишли при раду са симулацијама тиче се излазног видеа анимације резултата. Наиме, не постоје подешавања камере као ни подешавања резолуције и формата видеа. Позицију „камере“ подешавамо ручним помјерањем и ротирањем погледа на радном екрану што је врло непрецизно. Резолуција излазног видеа је 640x480, а код струјница постоји додатна опција за експорт резолуције 1920x1080. Такође, видео се чува у .avi формату и не постоји могућност бирања другог

формата. Из искуства са другим софтверима, очекивано је да током вршења симулације на екрану постоји неки вид тајмера који говори колико времена је прошло од почетка процеса и да по завршетку добијемо информацију о укупном трајању, међутим, овјде то није случај. Ове информације се могу само накнадно извући из стусних фајлова.

SimScale је online платформа што представља њену примарну особину и разлику у односу на остале софтвере за симулацију. Дакле, сви процеси и сам рад на пројекту одвијају се у оквиру платформе. То значи да све прерачунае умјесто ресурса рачунара обавља домен платформе. Ово уједно представља и њену предност и ману. Са аспекта корисника, ово је погоднија варијанта јер не употребљава ресурсе свог рачунара већ online симулатор ради умјесто њега тај посао. Међутим, online приступ има своја ограничења. Коришћена верзија апликације даје на располагање одређену количину ресурса при раду на самом генерисању хелија домена и симулацији. Ово укључује и временско ограничење симулације.

Када је у питању кориснички интерфејс, искуство и утисци су врло позитивни. SimScale CFD је врло интуитиван за употребу чак и за нове кориснике који се први пут сусрећу са овом апликацијом. Проблем са којим се најчешће сусрећемо у раду на овој платформи тиче се формирања mesh-а, односно генерисања хелија доменског простора. За успјешну симулацију је потребно да mesh буде довољно детаљан и одговарајући за дати тип модела. За детаљнији mesh је уједно потребно више времена али ће резултати симулације бити релевантнији. То, у одређеној мјери, значи да квалитет mesh-а диктира вјеродостојност резултата симулације. Грешке које се јављају код симулације као што су дивергенција брзине или притиска указују на недовољно квалитетан mesh.

У табели 1 дат је описни приказ компарације ова два софтвера са различитих аспеката.

| Софтвер                      | Autodesk CFD         | SimScale CFD              |
|------------------------------|----------------------|---------------------------|
| Доступност                   | PC                   | On-line                   |
| Домен извршења               | захтјевне симулације | мање захтјевне симулације |
| Управљање грешкама           | да                   | не                        |
| Интерфејс                    | интуитиван, опширан  | интуитиван, мање опширан  |
| Вријеме трајања симулације   | краће                | дуже                      |
| Подешавање приказа резултата | садржајно            | садржајно                 |
| Естетика приказа резултата   | униформно            | cartoon                   |

Табела 1. Описна компарација софтвера са различитих аспеката

## 5. ЗАКЉУЧАК

Кроз овај рад је приказано како дизајн и облик летјелица утиче на аеродинамичке перформансе.

Теоријски принципи наведени у раду демонстрирани су у практичном делу пројекта применом софтвера, *Autodesk CFD* и *SimScale CFD*. Симулацијом 3Д модела ледитилица и анализом резултата симулације изведени су закључци по питању облика летјелица, њихових аеродинамичких карактеристика и поређења резултата и начина визуализације резултата као и корисничког искуства у раду са поменутиим окружењима. Предности и мане рада у оба софтвера приказане су табеларно. За потребе овог рада, судећи по резултатима, блага предност даје се *Autodesk CFD*-у, посебно са аспекта приказа резултата и управљања грешкама.

Вријеме извршења симулације, такође, показала се као предност за испитане моделе у овом софтверском окружењу. Примарна предност *SimScale CFD*-а у односу на *Autodesk CFD* јесте *on-line* платформа што представља значајну уштеду ресурса персоналног рачунара на којем се ради. Анализа дизајна летилица у симулационом окружењу може допринети побољшању аеродинамичких перформанси.

Рачунарска графика игра кључну улогу у визуализацији резултата. Она омогућава визуализацију у виду рендера опструјавања геометрије 3Д модела. Захваљујући таквој врсти приказа инжењери и студенти инжењерства могу препознати и кориговати кључне недостатке у геометрији 3Д модела чије се перформансе анализирају.

Свједоци смо да рачунарска графика и симулације примењују у многим гранама индустрије, посебно са напредовањем развоја технологије. Стога је њихова примена у дизајну одабрана као тема овог мастер рада.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] What is CFD and CFD Software? , <https://www.simscale.com/product/cfd/>
- [2] What is Autodesk CFD?, <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview>
- [3] Aerodynamics of Flight, [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/phak/media/07\\_phak\\_ch5.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/07_phak_ch5.pdf)

### Кратка биографија:



**Јулијана Капор** рођена је у Требињу 1997. год. Дипломирала је на Факултету техничких наука у Новом Саду 2020. године на смијеру Анимација у инжењерству. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Рачунарске динамике флуида одбранила је јануара 2022. године.

контакт:

[julijanapopor142@gmail.com](mailto:julijanapopor142@gmail.com)



**др Ана Перишић** рођена је у Новом Саду. На катедри за Анимацију у инжењерству ради од 2011.године на Факултету техничких наука у Новом Саду

контакт: [anaperisic@uns.ac.rs](mailto:anaperisic@uns.ac.rs)