

## 3D КОМПЮТЪРЕН МОДЕЛ ЗА ПЕРСОНАЛЕН ФИКСАТОР ПРИ ОРТОПЕДИЧНА ТЕРАПИЯ

### 3D COMPUTER MODEL FOR PERSONAL FIXATOR IN ORTHOPEDIC THERAPY

**Mariyana Ivanova Nikolova, Kostadin Georgiev Boyadjiev**  
*St. Cyril and St. Methodius University of Veliko Turnovo, Bulgaria*

#### **Abstract**

*This article presents application of 3D technologies in the medicine area, and specifically in the orthopedics. The idea and the algorithm for building a model for personal fixative in orthopedic therapy has been considered. The project is related with creation of aids for immobilization after injuries, technologically based on the use of 3D technologies. The prerequisites, problems and particularities with the realization of the project are described.*

**Keywords:** 3D technologies, 3D modeling, visualization, 3D personal polymer fixator.

#### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Създаването и реализацията на проекти, базирани на 3D технологиите се основава на компютърно генерирани образи и прилагане на различни алгоритми и компютърни модели, които се изграждат в тримерна графична среда. Те могат да бъдат внедрени и използвани за създаване на обекти, които да доведат до качествена промяна в начина и „технологията“ на живот.

Графичните пакети за моделиране се използват за създаване на интерактивни 3D обекти. Успешно се прилагат при изграждане на компютърни образи за различни практически приложения, поради възможностите за систематизиране, текстуриране и осветление. Това подпомага създаването на добри и ефективни 3D модели.

Към 3D е-ресурси са насочени допълнителни очаквания - да се осигури и стимулира развитието и усъвършенстването чрез моделиране и визуализиране на триизмерни компютърно генерирани образи, както и за симулация на трудно разбираеми процеси и дейности.

Настоящата статия предлага анализ и методология за създаване на иновативен продукт в медицината при ортопедична терапия на основата на 3D технологиите. Този проект предоставя компютърен 3D модел за

персонален полимерен фиксатор (ППФ), който може да замени традиционните методи на обездвижване при контузии.

Създаването на триизмерни обекти се реализира на база на 3D графични приложения, съдържащи функции за детайлна работа с инструментариума на конкретна технологична среда.

#### **ИЗЛОЖЕНИЕ**

3D изображенията, определени от тримерното пространство имат дълбочина и предлагат множество перспективи, съответстващи на тези в реалния свят. 3D софтуерът се използва за създаване на обекти, компютърно-генерирани линии, повърхнини и криви, определящи и изграждащи тримерните модели [3],[6].

Обект на настоящата статия е представяне на идея и алгоритъм за изграждане на модел за персонален фиксатор при ортопедична терапия. Проектът е свързан с производство на помощни средства за обездвижване след травми, като технологично се базира на използването на 3D технологиите. Реализацията на този проект е свързана с последователно прилагане на 3D технологии - 3D сканиране, 3D компютърна обработка на информация и 3D принтиране.

## Технологична база за реализиране на 3D модел

### ✓ 3D представяне и обработка на информация

При изграждане и анализ на тримерни визуални сцени е нужно определяне на взаимното пространствено положение на обектите и възприемането им [4]. За представяне на изображения с използване на 3D технологии е необходимо отчитането на третото измерение (дълбочинна информация). С помощта на 3D технологиите може да се осигури детайлизирана информация относно структурата, формата и позицията на обектите [1], [7] и получаване на нови знания от предложените инструменти за възприемане на заобикалящата среда. Инструментите за по-реалистично възприемане на тази среда са източник на нови детайли, нова информация и допълнителни подробности.

Изследването на методи за разработване на универсално 3D съдържание за различни цели са в процес на интензивни научни изследвания. Тримерната компютърна графика създава реалистични графични модели на реални или абстрактни обекти и пространства. В разработването на приложения се акцентира на тази възможност.

3D модели се реализират с различни графични програми: Sweet Home 3D, Autodesk 3ds Max, Autodesk AutoCAD, Autodesk Maya, Blender, Dassault 3DVIA Composer, Mahon, PTC, Siemens PLM, Google Sketchup и други. Акцентира се на възможността за използване на съществуващи данни при създаване и изграждане на 3D модели, както и използване на универсални среди за изграждане на приложения в сферата на 3D графиката и визуализациите.

### ✓ 3D сканиране

За реализиране на идеята на проекта, основният източник на първична информация е заснетият обект с помощта на 3D сканер или фотоапарат с конкретни параметри.

Технологично 3D сканиране е процедура по снемане на координати на точки по повърхността на даден обект. 3D скенерите могат да бъдат различни видове, като това, което ги различава, е начинът на събиране

на информацията. Този хардуер е с богат набор от вградени функционалности и все по-големи възможности. Основен фактор при избора на техническо устройство се явява оптимизацията на характеристики, цена и сложност на работа при процедурите за успешно заснемане на даден обект. В масовата практика се използват основно лазерни скенери и скенери със структурна светлина.

3D лазерните скенери могат да бъдат категоризирани общо в три основни категории – лазери, работещи чрез триангулация, импулсни (пулсови) лазери и фазови лазери. Съществуват хибридни и/или комбинации на други 3D сканиращи технологии, такива като основаната на принципите на интерферометрията, технология AFI или коноскопичната холография. Разстоянието от източника на светлинния лъч до обекта се изчислява на базата на ъгъла, под който отражението на лъча от сканираната повърхност се регистрира от фотоприемника. Така се създават множество 3D координати и се генерира 3D изображение на даден физически обект.

Основен източник на „суровата“ информация за бъдещия 3D модел е заснетият обект с помощта на 3D сканер или фотоапарат.

### ✓ 3D принтиране

3D принтирането е процес, при който от 3D компютърен модел се изработва реален обект от полимер или друг материал с конкретни технически и якостни характеристики, зависещи до голяма степен от вида на използвания материал. Тази техника обединява технологии, познати като адитивен печат. При принтиране на триизмерен твърд обект, 3D принтерът чете желаната форма от цифров носител преди да започне нанасянето и наслагването или отнемането на последователни слоеве материал. Всеки слой представлява разрез на крайния обект, който се получава с наслагване или отнемане на слоевете материал.

3D принтерите използват различни методи за принтиране. Разликите са в начина на превръщане на слоевете в 3D обект – топене, втвърдяване или отнемане на слоеве материал, в зависимост от използваната

технология. Основните технологии при 3D принтирането днес са селективно лазерно синтероване (SLS), моделиране чрез разтопяване (FDM) и стереолитография (SLA).

Една от основните насоки при 3D печатта е в посока развитие на материалите. Все повече компании започват използването на „необичайни“ до скоро материали при 3D печат. Вече започват да се използват такива, които работят с метал, различни бетонни смеси, хартия. Това прави този метод много адаптивен и иновативен, тъй като не се ограничава от форми, размери, или материал.

Технологичните, икономическите и законодателните проблеми за потребителите на 3D технологии, софтуер и услуги са липса на достатъчен набор от стандарти и правила, които да позволят широка съвместимост на хардуер и софтуер (както и нормативно разписани норми и стандарти при реализация на готов продукт).

Предлагат се решения, но макар и функционални, те не дават пълна съвместимост между софтуер и хардуер, предлагани от различни производители. Освен, че се губи функционалност, има проблем при обучението на кадри. Специалистите със знания и опит, свързани с 3D технологиите са недостатъчни за работа с различни 3D приложения.

### **Методология за проектиране на 3D модели при ортопедична терапия с помощта на 3D технологии**

#### **✓ Цел и идея за персонален фиксатор**

Идеята за изграждане на модел за персонален полимерен фиксатор при ортопедична терапия е свързан с производство на мощни средства за обездвижване след травми, като технологично се базира на използването на 3D технологиите [9]. Целта е създаване на иновативен продукт, заместващ традиционните методи на обездвижване при контузии на хора и животни. Това се реализира чрез създаване на 3D модел и краен продукт - персонален полимерен фиксатор за ортопедична терапия.

#### **✓ Предпоставки за проекта.**

Към момента основния начин на обездвижване е чрез използване на бинт и гипс за гипсова превръзка или шина, които обез-

движват травмирания участък. Тези методи обаче са:

- ☛ неприложими или трудно приложими в случаите, когато травмата е придружена с повърхностни или дълбоки наранявания на същия участък, пациентът е алергичен към гипс и неговите производни или се налагат ежедневно третиране и/или наблюдение на травмирания участък;

- ☛ има редица неудобства, защото голямата тежест и обем на гипсовата превръзка води до неудобство при движенията, невъзможност за потдържане на хигиена на гипсирания участък, липса на пропускливост на въздух и водни пари, което води до дискомфорт у пациента и е предпоставка и за развитието на бактериологични инфекции;

С проектирането и направата на персонализиран полимерен фиксатор биха се решили не малко от горе упоменатите проблеми. ППФ е обездвижващо средство, следващо индивидуалните особености на травмирания участък на конкретния пациент.

#### **✓ Предимства и недостатъци при използването на персонален фиксатор**

Удобна персонална форма, ниско тегло, малък обем и опция за работване на отвори са характеристики, които осигуряват предимства в две посоки – от медицинска гледна точка и за подобряване комфорта на живот при травма и налагане на частични или цялостно обездвижване. ППФ подобрява цялостния комфорт по време на лечението - не натоварва допълнително опорно-двигателния апарат, осигурява по-голяма свобода в движенията, при спане, релаксация и минимални ограничения при поддържане на хигиена. От гледна точка на лечението, този продукт дава възможност за третиране на повърхностния слой и „проветривост“ на кожата, използване при хора, алергични към гипс и неговите производни да получат пълноценно лечение.

Недостатъците са свързани с по-високата цена от тази на гипсовите превръзки, възможност от алергична реакция към ABS или PVA-материя и време за снемане и обработка на информацията, проектиране и печат на ППФ. Тенденцията е себестойността да се снижава след оптимизиране на

целия процес на създаване на фиксатора, както и да намалява човешкия компонент в неговата изработка. Времетраенето ще се скъсява при въвеждане на нови практики, разширяване на базата данни, натрупването на опит и пр.

### ✓ Изготвяне на 3D компютърен модел на ППФ

Предложеният модел е в резултат на многократни опити, при които грешките бяха важен коректив за постигане на крайната цел. Хардуерната и софтуерната безопасност може да се осигури с различно технологично оборудване и програмни платформи. Ще предложим един тестован вариант, който предстои да се развие.

Изготвянето на реален 3D компютърен модел на ППФ включва събиране на информацията, компютърна обработка и 3D печат на готовия фиксатор. Тези дейности се реализират в няколко етапи.

→ *Заснема се обекта* (контузената част от тялото) с фотоапарат или скенер.

През първия етап се събира информация, необходима за компютърна обработка.

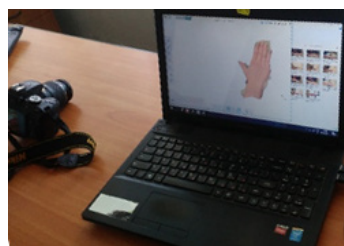
3D скенерът е скъп вариант да се дигитализира 3D реалността. Технологиите за снемане на пасивна реалност, като фотограметрия не изискват специален хардуер [5]. Опитите са извършени с фотоапарат Nikon D3300, обектив Nikkor 50 mm 1.8 G и софтуер Autodesk remake.

При заснемането на травмираната част е възможно да се допуснат множество грешки, които да не позволят да се получи очаквания резултат. За целта е направена тестова серия от снимки на част от ръка. В резултат на опитите могат да се изведат следните изводи: при заснемане следва първия и последния кадър да съвпадат; светлината, попадаща върху заснемания обект не трябва да е пряка; източникът на светлина, обектът на заснемане и апаратът да не се намират в една линия, тъй като се получава изображение, което не може да бъде коректно разчетено от програмата.

Планираният подход на работа е след обработка с помощта на софтуер, да се изгради меш и да се „отреже“ ненужното.

→ *Генерира се 3D обект* (с помощта на софтуер Autodesk remake 2017).

През този етап се генерира меш с текстура от Autodesk remake и се записва във файл, който се импортира за последваща обработка (фиг. 1).



Фиг.1. Генериране на меш

Мешът е набор от точки, групирани в многоъгълници, които образуват твърдо тяло или плоскост, включващо върхове, ребра и повърхности, както и допълнителни характеристики като цвят и др. За да се създаде мрежа е нужен коректен списък от върхове и система за групиране на тези върхове в полигони, където мрежовите точки са върхове, а полигоните са лица. Използвана е структурата на данни Face-Vertex на най-примитивно ниво [1], [6].

Autodesk remake е изключително интуитивна при работа със снимков материал с цел сглобяване на завършен обект (а това спестява време) и има опция за online обработка на отдалечен сървър. За нашия проект „сглобените“ изображения са с параметри 3416x4000 при резолюция 300 dpi и с дълбочина 24 бита.

При направените тестове след замервания и сравнения се констатира, че генерираният модел е с достатъчно висока точност за целите на проекта, като е пресъздаден контура на травмирания орган. Проблемни участъци може да има в определени части, например в предкитката и върховете на пръстите, като същите предварително в проекта са заложени да не са конструктивна част от готовият продукти и не е проблем да се премахнат.

→ *Създава се завършен 3D компютърен модел на ППФ* (с Blender).

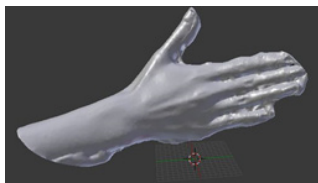
Основно обработката на генерирания меш се състои в това, да бъде правилно разрязан с цел готовия модел да може да бъде използван по предназначение. Това включва и напречно срязване на модела, което налага да се проектира така сглобка-

та, че при закопчаване да се получава здраво съединение.

Като основен софтуерен инструмент в първоначалния проект се използва Blender. Изборът на този софтуер е основан на това, че е с open source и разполага с достатъчен набор от инструменти, за да се осъществи бързо и качествено моделиране на меш [8].

Причината да се използват 2 програми привидно с препокриващи възможностите за обработка на 3D обекти са свързани със спецификата на нужната обработка.

Генерирането на 3D обект в предходния етап се реализира с Autodesk, а последващата обработка се извърши на Blender. Този софтуер предоставя възможност за подетайлна работа по самия меш (фиг. 2) има функции за лесно разрязване на обработвания обект, за конструиране и прикрепване на механизми тип „панта“ или клипссистема (фиг. 3), което с Autodesk remake е потрудно постижимо. При трансфериране на информацията от Autodesk remake към Blender във формат .obj се трансферира самия меш, без текстура, което допълнително улеснява процеса на обработка. Blender е подходящ и поради факта, че поддържа широк набор от файлови формати, от които се импортират данни.



**Фиг.2.** Генериран меш в Blender



**Фиг.3.** Проектиране на закопчалка с клипс система.

С Blender има възможност да се работи върху структурата на обекта, като се моделира и променя почти без ограничения. Предимството на Blender пред други програмни платформи е, че има богат набор от инструменти за работа с върховете, полигоните, включително и ребрата, оформящи полигона. Част от програмите за обработка на 3D модели не разполагат с подобни инструменти за обработка на обект като съставен модел, а само като едно цяло.

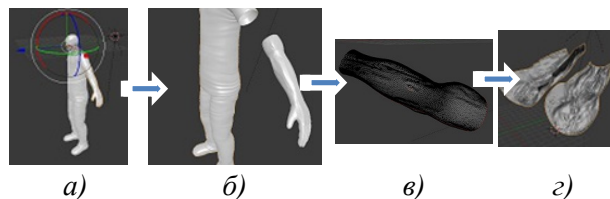
При обработката с инструментите на програмата последователно се извършват няколко дейности:

1. Първоначално се премахва текстурата на самия обект, премахват се ненужните обекти, които са били заснети (фиг. 4, а).

2. Отстранява се излишната информация от меша, т.е. в конкретния пример изрязване на ръката от тялото (фиг. 4, б). Премахват се излишните текстури и др. След допълнителна обработка на меша се достига до степен на подготовка, която дава форма, напълно съвпадаща с контурите на ръката (фиг. 4, в).

3. Прави се експертна оценка за нужда от укрепване или подсилване в определени участъци. Самото укрепване може да стане, като се увеличи дебелината на принтираното изделие или като се прикрепят към участъците, които имат нужда от укрепване на конструкцията тип ферма, която да поеме основното натоварване.

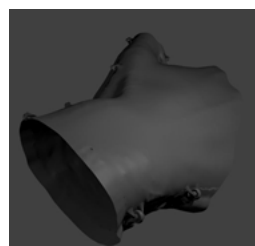
4. Тъй като ППФ следва да се поставя без трудност, мешът се разделя на парчета, подходящи за сглобка (фиг. 4, г).



**Фиг. 4.** Обработка на 3D обекта

Ако ППФ ще се ползва като обект, който ще трябва да се сваля многократно, то ще се поставят метални връзки и заключващи механизми (фиг. 3).

При условие, че самият фиксатор ще се ползва без да се сваля периодично, то преди печат се срязва софтуерно меша и се прикрепват софтуерно проектирани закопчавачи механизми. След принтиране ще се получи готов сглобяем ППФ с нужните параметри. На фиг. 5 е показано рендерирано изображение на обработения модел, а на фиг. 6 разпечатания ППФ.



**Фиг.4.** Рендерирано изображение



**Фиг.5.** Разпечатан прототип на ППФ

→ *Разпечатва се обработения модел на ППФ.*

Печатът следва да е с резолюция 100 microns, но е допустим и размера 200 microns. По-голям размер би попречил на качествено на самите сглобки. Технология на печат Fused Filament Fabrication (FFF), използвана в масово предлаганите принтери на пазара е подходяща. Тя дава възможност качествено да се отпечата с ABS или PLA филament нужното изделие. Подходящи материали са PLA, Innoflex 40, Colorfabb и други. Ако принтерът поддържа едновременно печат с 2 филamenta, то следва да се предвиди PVA за изграждане на поддръжка.

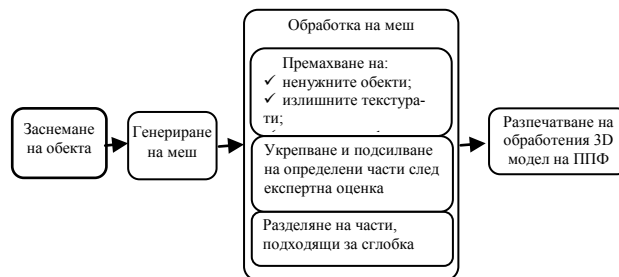
Подходящи са принтери с размер на изграждане поне 400x200x180. Това са максималните размери на обема на принтираните детайли при случаите на принтиране на фиксатор за крайник. Преди печат е нужно да се изгради поддържаща структура, ако софтуерно принтерът не поддържа функция за автоматичното и изграждане.

За печата на тестовия модел е достатъчен принтер с размер на изграждане 200x100x150. Тестовия модел следва да се отпечата с PVA с резолюция на принтиране не-по голяма от 200 microns.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съвременните компютърни графични системи се използват за моделиране и визуализиране на триизмерни компютърно генерирани образи. Създаването на триизмерни обекти се реализира на база на 3D графични приложения, съдържащи функции за детайлна работа с инструментариума на средата. Основните предизвикателства остават в намирането на най-удачната форма на стандартизация и използването на възможностите на 3D технологиите и възприемането им като разумна алтернатива на вече съществуващи практики.

Предложеният модел е демонстрация на приложението на 3D технологии и тяхното практическо значение конкретно в медицината.



Фиг. 6. Етапи на създаване на ППФ

Бъдещата работа е свързана с оптимизиране на дейностите във всички етапи (фиг. 6.) на създаване на ППФ и детайлизиране на целия процес, с цел неговото внедряване при лечение на ортопедични травми. Това минава през нови тестове и изследване на технологичните процеси, какъвто новаторски процес и продукт е ППФ.

## REFERENCE

- [1] Petkov E. 3D Computerna grafika. Veliko Turnovo, 2013.
- [2] Uoltar Ajzaksan. Inovatorite. SoftPress, 2014.
- [3] Krasteva H. Technologiite za modelirane i vizualizacia-treto izmerenie. <http://cio.bg/4075/>
- [4] Agoston Max, K. Computer Graphics and Geometric Modeling – Mathematics. Springer, USA, 2005.
- [5] Mikhail, E.M., Bethel J.S., McGlone, J.C.: Introduction to Modern Photogrammetry. John Wiley and Sons, ISBN 0-471-30924-9 (2001)
- [6] Petkov E. Fundamentals of the Computer graphic I part, Faber, ISBN: 978-954-400-884-0, Veliko Tarnovo, Bulgaria, 2013.
- [7] Radeva, P., I. Kalushkov. Rhotorealistical Visualization of 3d Arhitectural Object. International Scientific Conference Unitech'09, pp. I -585 – I-590, Gabrovo, Bulgaria, XI 2009.
- [8] [https://wiki.blender.org/index.php/Doc:BG/2.6/Manual/Introduction/About\\_this\\_Manual](https://wiki.blender.org/index.php/Doc:BG/2.6/Manual/Introduction/About_this_Manual)
- [9] <http://www.medinfo.bg/spisanie/2015/5/minutk-i-za-otdih/3d-printirane-v-medicinata-2136>
- [10] <https://www.pixelsquid.com/>

## За контакти:

Доц. д-р Марияна Николова, ВТУ „Св.Св. Кирил и Методий“, ФМИ, Катедра „Компютърни системи и технологии, e-mail: [mnikolova\\_vt@abv.bg](mailto:mnikolova_vt@abv.bg)  
Костадин Бояджиев, магистър, ВТУ „Св.Св. Кирил и Методий“, e-mail: [kostadingb@gmail.com](mailto:kostadingb@gmail.com)