

МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ДИГИТАЛНА ТРАНСФОРМАЦИЯ НА ФИЗИЧЕСКИ ОБЕКТИ

Йоана Иванова

METHODS AND MEANS FOR DIGITAL TRANSFORMATION OF PHYSICAL OBJECTS

Yoana Ivanova

Резюме: Изследването има за цел да представи основни методи за дигитални трансформации на физически обекти чрез средства за 3D моделиране и 3D сканиране. Акцентира се върху предимствата на лазерното сканиране и същността на триангулационните методи, на които се основава. Обяснено е по какъв начин надеждността на получените резултати зависи от процеса на калибриране, който предшества 3D сканирането на физически обект. Практическо изследване е реализирано с използване на подходящ от гледна точка на конструкцията, форма и размери физически обект. За дигиталните трансформации целенасочено е избран реално съществуващ сферичен робот, който служи като база за сравнение при оценка на ефективността на описаните методи, както и на качеството и реализма на получените дигитални модели. Научно-приложният принос се изразява в сравнителен анализ на практически методи, който съдържа подходящ за образователни цели алгоритъм от стъпки за изпълнение на описаните работни процеси.

Ключови думи: дигитални трансформации, 3D моделиране, 3D сканиране, триангулация.

Abstract: The research aims to present main methods of digital transformations of physical objects by the means for 3D modelling and 3D scanning. Emphasis is placed on the advantages of laser scanning and the nature of the triangulation methods on which it is based. It is explained how the reliability of the obtained results depends on the calibration process that precedes the 3D scanning of a physical object. Special attention is paid to the technical and software preparation that precedes the 3D scanning process. The practical research is realized using a physical object suitable in terms of construction, shape and size. For the digital transformations is purposefully chosen a real existing spherical robot, which serves as a basis for comparison in assessing the effectiveness of the described methods, as well as the quality and realism of the obtained digital models. The scientific and applied contributions are expressed in a comparative analysis of practical methods, which contains an algorithm of steps suitable for educational purposes for the implementation of the described work processes.

Keywords: digital transformations, 3D modelling, 3D scanning, triangulation.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

3D моделирането с помощта на софтуерни продукти и дигитализацията с използване на 3D скенер са два от съвременните методи за съхранение на визуална информация за физически обекти в електронна форма.

Лазерното 3D сканиране (LIDAR – Light Detection & Ranging) се базира на триангулация - метод в тригонометрията и елементарната геометрия за определяне на разстоянието до обекти, като се използва геометрията на триъгълниците и по-конкретно теоремата на Питагор. Разстоянието до дадена точка се изчислява, като се измери разстоянието между две референтни точки и ъглите между обекта и правата, образувана от тези точки. Триангулацията на площ се състои от схема, разширена чрез добавяне на триъгълници във всички посоки, за да се образува ефект на паяжина [1].

Всеки многоъгълник може да бъде нарязан на триъгълници от връх към несъседен връх и открай до край без линиите на разрезите да се пресичат във вътрешната точка на многоъгълника. Дължината на триангулацията представлява сумата от дължините на

всички разреза. Всеки многоъгълник има повече от една триангулация, като целта е да се намери триангулацията с най-малка или най-голяма дължина. Ако разрязването е направено по късия диагонал, се получава триангулация с минимална дължина. Ако разрязването е по по-дългия диагонал, се получава триангулация с максимална дължина [2].

Лазерното сканиране се използва широко за различни практически приложения поради своите предимства пред други методи за 3D дигитализация:

- *редуциране на финансови разходи;*
- *минимизиране на потенциалните рискове;*
- *голяма гъстота на точките в облака за относително кратък времеви период;*
- *възможност за прецизно заснемане;*
- *осигуряване на точни и надеждни дигитализирани данни;*
- *възможност за дистанционно провеждане на измервания [2].*

Експериментите, представени във втората част на разработката, онагледяват два от методите за дигитална трансформация на физически обекти – 3D моделиране и 3D сканиране. Алгоритмизацията на процесите за дигитализация и визуализация на данните е обект на третата част от изложението.

2. СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ОСНОВНИ МЕТОДИ ЗА ДИГИТАЛНА ТРАНСФОРМАЦИЯ НА ФИЗИЧЕСКИ ОБЕКТИ

За целите на сравнителния анализ е необходимо един и същ физически обект да бъде 3D моделиран и 3D сканиран. В конкретния случай в 3DS Max е създаден геометрично подобен 3D модел на физическия обект, като същият е сканиран и с 3D скенер CYCLOPE с два лазера, показана на Фиг. 1.



Фиг. 1. Снимка на 3D скенер CYCLOPE.

Следва да бъдат представени последователностите от етапи в работните процеси съответно при 3D сканиране и 3D моделиране на робота-дроид ВВ-2 от сагата „Междувездни войни“ (Фиг. 2) [3], като на база на тях ще бъдат анализирани предимствата и недостатъците на единия или другия метод.

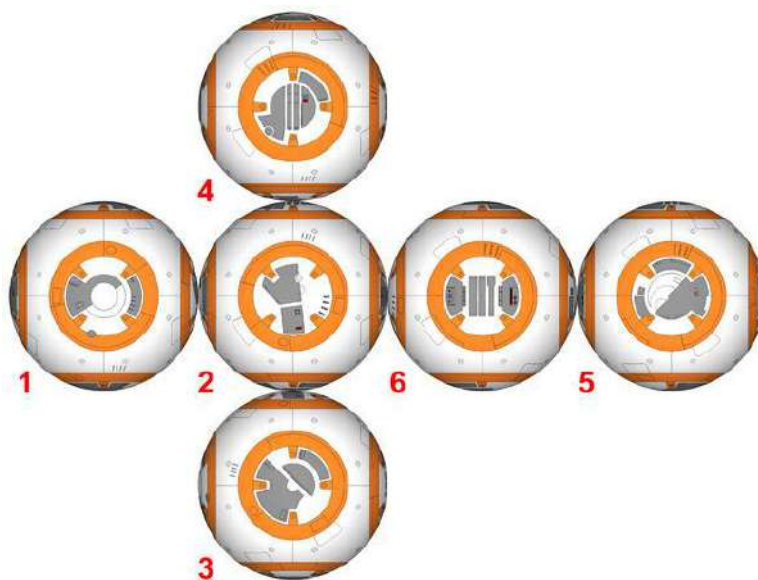


Фиг. 2. Снимка на робот – дроид ВВ-2.

- **Първи етап:** предварителна подготовка на работния процес.

Първата съществена разлика между двата метода е свързана с подготовката.

При 3D моделирането тя е свързана с избор на подходящ снимков материал или чертежи от всички страни. Предвид, че обектът на моделиране в случая е сферичен, не се изискват чертежи, а правилната текстура [4], която трябва да се приложи впоследствие с оглед на постигане на висок реализъм на 3D модела (Фиг. 3).



Фиг. 3. Текстура на робот – дроид ВВ-2.

3D скенерите изискват техническа и софтуерна подготовка, което е сложен процес поради специфични изисквания, както следва:

- сглобяване и монтаж;
- позиционирането на устройството и свързването му към компютър;
- осигуряването на подходящо осветление;
- подбор на подходящ физически обект, който ще бъде подложен на дигитална трансформация – това се определя от материала и размера му.

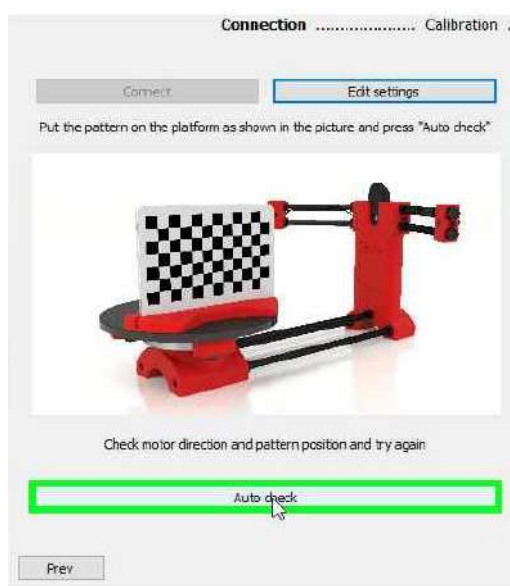
Изброените изисквания имат отношение към процеса на калибровка на 3D скенера, тъй като при неспазване на някои от тях, тя не може да се изпълни коректно. В технически смисъл тя представлява подпроцес на 3D сканирането, който също може да се разгледа като последователност от стъпки, както следва:

- *стартране на софтуера на скенера Horus 0.1.2.4* - на екрана се визуализират бутони, от които е препоръчително да се избере Advanced Calibration. Отваря се прозорец. Калибрирането се стартира при натискане на бутона Auto check, показан на Фиг. 4.

- *позициониране на дъската с шахматна шарка върху платформата на 3D скенера* – дъската представлява част от комплекта на скенера, която е специално предназначена за извършване на правилно калибриране. Както се вижда на Фиг. 4, в този случай позицията на дъската трябва да се промени, като първоначално се премести с не повече от 1 cm.

- *да се направят настройки в прозореца Settings* - в случая настройката Luminosity по подразбиране е High и би следвало да се промени на Low, след което отново се натиска бутон Auto check. На Фиг. 5 се вижда, че калибровката е извършена успешно.

- *да се направят настройки за сканиране* – висока резолюция с оглед на прецизно сканиране с висока точност; използване на двата лазера едновременно; сканиране на текстурата.



Фиг. 4. Стартиране на калибровъчен процес на 3D скенер CYCLOPE.

• **Втори етап:** стартиране на работния процес.

Докато при 3D сканирането процесът на предварителна подготовка се характеризира с по-голяма продължителност в сравнение със самата дигитална трансформация на физически обект в облак от точки, при 3D моделирането е обратното.

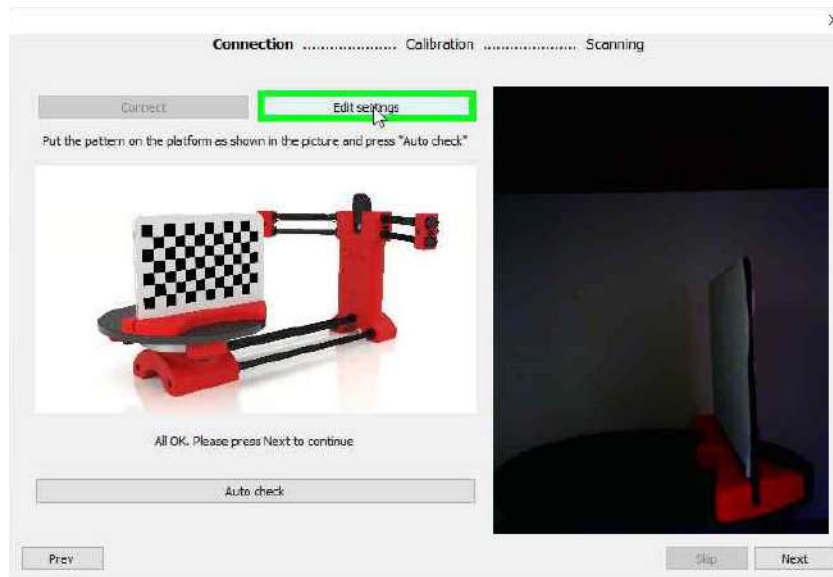
Като цяло ВВ-8 е конструиран от стандартни примитиви, но при внимателно разглеждане се установява, че при него има високо ниво на детайлизация поради наличието на множество отвори с различна форма. Това предполага два възможни подхода при моделирането:

- *моделиране на отворите* – може да се направи чрез инструменти за избутване с отрицателни стойности или за изрязване на обект от обема на друг.
- *текстуриране* – в 3DS Max на текстурата също може да бъде придаден релеф така, че да се визуализира като обемна.

Обосновката на избора на автора да изгради модела по втория метод, т.е. чрез текстуриране е следната:

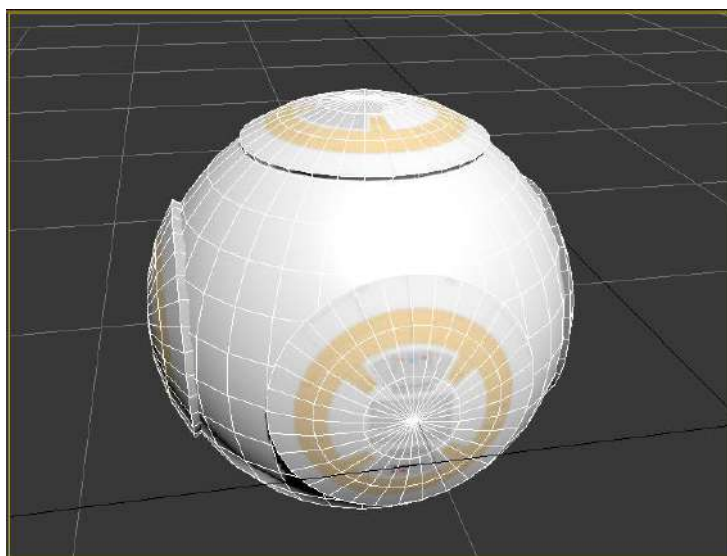
- при 3D сканирането текстурирането се запазва, поради което е желателно при 3D моделиране на същия физически обект реализмът да се постигне основно чрез текстуриране.

- предпочетеният метод е оптимизиран – оптимизацията е от гледна точка на: цел на изследването предвид, че текстурирането е важна част от процеса на дигитализация поради заложената в него съществена информация за обекта; сложност и време за моделиране.



Фиг. 5. Завършване на калибровъчен процес на 3D скенер CYCLOPE.

На Фиг. 6 е показан междинен резултат след изпълнение на последователност от множество стъпки в процеса на 3D моделиране на сферичния корпус на робота. Петте компонента, върху които са приложени текстурите от разгъвката на Фиг. 3, са моделирани отделно.

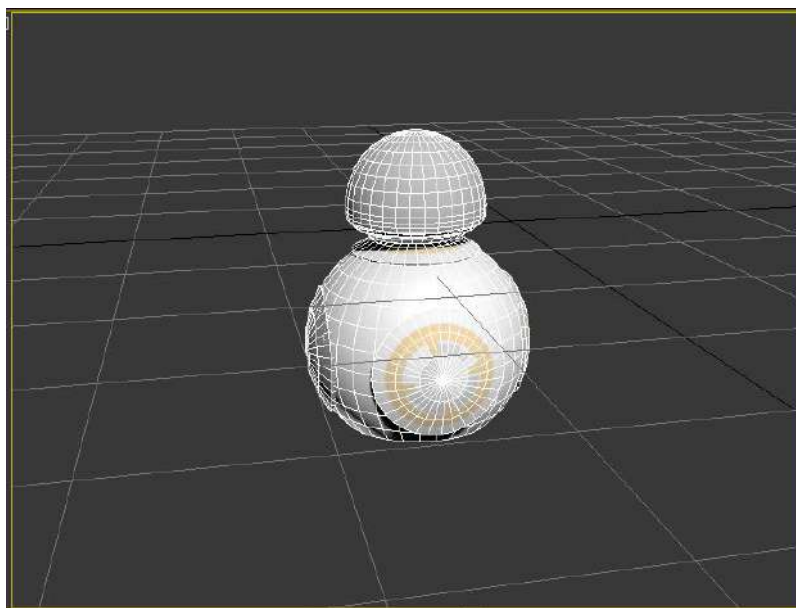


Фиг. 6. 3D модел на сферичен корпус на робот ВВ-2 с пет различно текстурирани компонента.

След моделиране на полусферата с по-малък диаметър роботът е завършен в голямата си част и изглежда във вида, показан на Фиг. 7.

- *трети етап: последваща обработка* – част от процеса на 3D сканиране с използване на скенер.

По отношение на резултата от 3D сканирането трябва да се отбележи, че междинният етап е получаването на облака от точки, който е представен на Фиг. 8. На практика финализирането на процеса не гарантира, че при трансформация на облака от точки в 3D модел, сканираният обект ще изглежда като показания на Фиг. 6, защото един от основните рискове при 3D сканиране е наличието на незатворени повърхнини в 3D модела, което налага необходимостта от допълнителна обработка с използване на друг софтуерен продукт, което в конкретния случай не се изисква след 3D моделиране на робота в 3DS Max.



Фиг. 7. Цялостен 3D модел на робот ВВ-2.



Фиг. 8. Облак от точки, получен при 3D сканиране на робот ВВ-2.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На база на детайлно представените работни процеси на 3D моделиране и 3D сканиране може да се направи извод, че 3D моделирането има предимства в сравнение с дигиталната трансформация на физически обект в облак от точки и респективно в 3D модел с помощта

на 3D скенер. Това се обуславя от специфики в предварителната подготовка на работните процеси в единия и другия случай, както и от характеристиките на самия физически обект.

Ако сложността на 3D сканирането до голяма степен се дължи на съблюдаване на редица технически изисквания за калибровката на 3D скенера, то при 3D моделирането тя произтича от овладяването на богат инструментариум за изграждане на реалистичен 3D обект, който да бъде подходящ за различни приложения, като например 3D печат на функционален прототип.

При професионалното 3D моделиране рисковете от възникване на проблеми в процеса на 3D печат на обекта са минимални или лесно отстраними чрез автоматично коригиране в софтуера на 3D принтера, докато обработката на модели, получени чрез 3D сканиране, в много от случаите е труден процес, който изисква допълнително време и ресурси.

ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ:

- [1] MUSSETER, William. NOAA Reprint: Manual of Reconnaissance for Triangulation, National Geodetic Survey Rockville, Md, US, 1985, pp. 7-14. Available on: https://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/Brunswick/ManualOfReconnaissanceForTriangulation.pdf
- [2] Тема на месеца за м. Март 2018. http://cabinet.bg/docs/1803/march_2018_tema_na_meseca_reshenie_na_zadachite.pdf
- [3] KHADER, Motaz and Samir CHERIAN, An introduction to automotive light detection and ranging (LIDAR) and solutions to serve future autonomous driving systems, Texas Instruments, Dalas, Texas, 2020.
- [4] СКРИПИН, Владимир. Разборка позволила понять, как работает игрушечная версия дроида BB-8 из седьмого эпизода „Звездных войн“, ИТСуа, 2015. <https://itc.ua/news/razborka-pozvolila-ponyat-kak-rabotaet-igrushechnaya-versiya-droida-bb-8-iz-sedmogo-epizoda-zvezdnyih-voyn/>
- [5] BB8. http://astromech.net/gallery2/main.php?g2_itemId=90251

Информация за автора:

Асистент д-р Йоана Атанасова Иванова, Департамент „Телекомуникации“ НБУ, ул. Монтевидео 21, e-mail: yivanova@nbu.bg

Contacts:

Assistant, Dr Yoana Atanasova Ivanova, New Bulgarian University, Department Telecommunications, Sofia, 21 Montevideo St., e-mail: yivanova@nbu.bg

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 11.09.2020

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 27.09.2020