

VYUŽITIE 3D TECHNOLOGIÍ PRI VÝUKE ŠTUDENTOV BMI

Daniela Gombárska, Zuzana Pšenáková,

Milan Smetana, Nicole Bedriová,

Katedra teoretickej elektrotechniky a biomedicínskeho inžinierstva, Fakulta elektrotechniky a informačných technológií, Žilinská univerzita v Žiline, Žilina

ABSTRAKT

Tento článok sa zaoberá vybranými metódami 3D snímania a modelovania, 3D tlače a využitím týchto metód v oblasti biomedicíny konkrétne pri výučbe študentov Biomedicínskeho inžinierstva. V článku je opísaná prax vo výučbe pri novozavedenom vyučovanom predmete „Základy 3D tlače v Biomedicíne“ a taktiež využitie týchto technológií pri vypracovávaní záverečných prác. Analyzujeme proces výučby nového predmetu od prednášok po laboratórne cvičenia a skúsenosti po prvom semestri výučby tohto pre študentov zaujímavého a obohacujúceho predmetu, ktorý predstavuje rozšírenie vedomostného portfólia absolventov BMI na KTEBI FEIT UNIZA. Atraktivita predmetu pre študentov je zabezpečená už len tým, že v súčasnosti sa možno s 3D technológiami stretnúť vo všetkých oblastiach života.

.Kľúčové slová

3D tlač, 3D skener, Biomedicína, 3D model,

ÚVOD

Digitálne technológie v oblasti 3D modelovania, snímania a tlače zaznamenávajú v poslednom desaťročí veľký rozmach nie len v oblasti priemyslu, ale i v medicíne a predovšetkým personalizovanej medicíne.

Preto je zavedenie výučby predmetov týkajúcich sa týchto technológií do portfólia absolventov biomedicínskeho inžinierstva neodmysliteľnou súčasťou. Obzvlášť v kontexte personalizovaného prístupu v medicíne, kde je využitie týchto technológií veľmi užitočné. Naši absolventi sa už počas vypracovávania záverečných prác stretávajú s týmito 3D technológiami a zisťujú aká je potreba informovanosti a vedomosti v tejto oblasti už prvých rokov praxe po skončení štúdia. Preto sme aj u nás na Katedre teoretickej elektrotechniky a biomedicínskeho inžinierstva, kde vychovávame BMI inžinierov, zaviedli po novej akreditácii výberový predmet „Základy 3D tlače v biomedicíne“. V letnom semestri akademického roka 2022/2023 sme realizovali prvý semester výučby tohto nového predmetu. V kontexte získaných skúseností chceme zhodnotiť prácu s technológiami, ktoré naši študenti používajú na laboratórnych cvičeniach a taktiež poukázať na ich využiteľnosť pri vypracovávaní záverečných prác v oboch stupňoch štúdia.

Pre realizáciu cvičení a projektov v predmete „Základy 3D tlače v biomedicíne“ využívame moderné výpočtové prostriedky, pre prácu pri vytváraní a úprave 3D modelov, 3D skener (Creaform Go!Scan) a 3D tlačiareň (Prusa mini +), ktorých použitie na seba navzájom nadväzuje. Jednotlivé cvičenia a projekty sú koncipované tak, aby objekty je možné najprv skenovať potom digitálne upraviť a následne vytlačiť na 3D tlačiarňu, prípadne iba modely vytvoriť vo vhodnom prostredí pre tvorbu 3D modelov a následne upraviť pre tlač a vytlačiť.

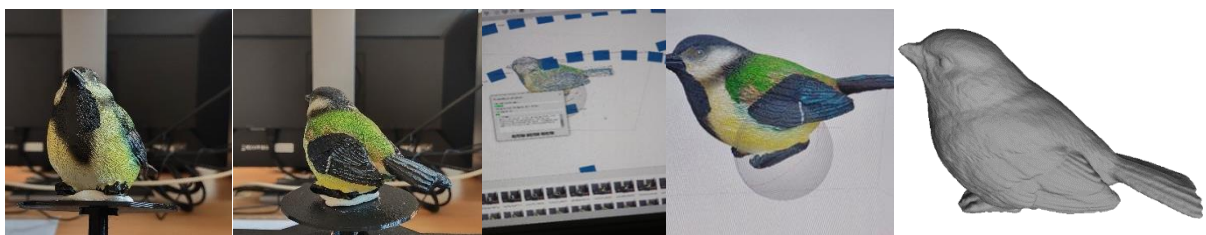
V nasledujúcej časti opíšeme použitie jednotlivých 3D technológií pri výučbe predmetu so zameraním na využitie snímania povrchov a ich úpravy pre tlač. V ďalšej časti pojednáme o spôsoboch využitia samotnej 3D tlače v predmete, ako aj pre riešenie záverečných prác v rámci štúdia BMI.

METÓDY SNÍMANIA POVRCHU, PRÁCA S 3D SKENEROM

Úlohou 3D skenovania je vytvoriť digitálny 3D model nasnímaním povrchu reálneho objektu. Existuje niekoľko rôznych technológií, pričom každá má svoje výhody a obmedzenia, ale aj rozdielne náklady. Existuje mnoho prekážok pri tvorbe digitálneho modelu. Pre optické metódy je napríklad najväčším problémom, ak je povrch snímaného telesa lesklý, priehľadný, alebo vytvára odraz. Nasnímané dáta majú široké spektrum využitia od priemyslu po umenie. Prístroje na skenovanie sa využívajú aj v zábavnom priemysle na vytváranie filmov, videohier alebo dokonca virtuálnej reality. Medzi ďalšie použitia tejto technológie patrí rozpoznávanie a zachytávanie pohybu, prototypovanie, reverzné inžinierstvo, kontrola kvality, rozpoznávanie gest, priemyselný dizajn, protetika, ortetika a mnoho ďalších medicínskych aplikácií v rôznych oblastiach medicíny, ale aj digitalizácia kultúrnych pamiatok a podobne.

V súčasnosti existuje množstvo technológií 3D skenovania, ktoré je možné z pohľadu kontaktu s povrchom klasifikovať do dvoch typov, a to na kontaktné a bezkontaktné. Bezkontaktné môžeme ďalej rozdeliť do dvoch hlavných kategórií a to aktívne a pasívne. 3D skener vytvára model, ktorý sa skladá z mračna bodov zachytených z povrchu objektu. Tieto body sa potom v softvéri použijú na rekonštrukciu tvaru reálneho objektu. Ak sa zhromažďujú aj dáta o farbe, je možné určiť aj farbu povrchu objektu. Bezkontaktné 3D skenery majú mnoho spoločných vlastností a klasickými kamerami. Majú kužeľovité zorné pole, ktoré je schopné snímať len povrchy, ktoré nie sú skryté. V porovnaní s kamerami však zväčša nezískavajú informácie o farbe povrchov, ale iba o geometrickej vzdialenosti v oblasti zorného poľa. Nasnímané mračno bodov obsahuje informáciu o vzdialenosti každého bodu, čo umožňuje získať trojrozmerné umiestnenie každého bodu v priestore. Pre vytvorenie úplného modelu predmetu je nutné vykonať viacnásobné skenovanie z rôznych smerov pre získanie kompletných informácií o všetkých bodoch povrchu objektu. [1]

3D skenovanie si v priebehu rokov našlo uplatnenie aj v oblasti medicíny, kde umožňuje meranie organických, voľne pohyblivých tvarov, ktoré bolo doteraz so štandardnými metódami veľmi obtiažné zmerať presne. Umožňujú vytvárať upravovateľné modely, špecifické pre každého pacienta. Hlavnou výhodou technológie je neinvazívnosť a rýchlosť procedúry. Pomocou skeneru možno naskenovať celé ľudské telo v priebehu niekoľkých minút. Ďalšou výhodou je presnosť, kompaktnosť a jednoduchá obsluha 3D skenerov. Optické skenery majú väčšinou rozmer niekoľkých desiatok centimetrov a sú schopné vyhotovovať modely s presnosťou na niekoľko desiatín milimetra. Nachádzajú využitie v ortopédii, protetike, stomatológii a dokonca aj v rádioterapii [2]



Obr. 1 – Príklad práce s fotogrametriou

Počas cvičení v predmete „Základy 3D tlače v biomedicíne“ majú študenti možnosť zoznámiť sa s viacerými metódami snímania povrchov bezkontaktnou metódou a porovnať ich výsledky. Majú možnosť overiť a prakticky realizovať vytvorenie modelu pomocou vlastného mobilného telefónu, obr. 1, a porovnať výsledok s modelom zosnímaným pomocou 3D skeneru. Majú možnosť zistiť, praktické problémy pri vytváraní 3D modelu, napríklad vplyv vzájomnej nekompatibility dvoch typov 3D modelov: polygónová sieť (mesh) a teleso (solid). Polygónová sieť je hlavným typom výstupných dát zo všetkých softvérov 3D skenerov a taktiež formát kompatibilný s 3D tlačiarňami (STL). [3] Je vhodný pre aplikácie, v ktorých nie je potrebné model ďalej upravovať, alebo meniť jednotlivé rozmery. Predstavuje tvar povrchu objektu, ktorý je tvorený veľkým množstvom trojuholníkov so spoločnými vrcholmi. Takýto súbor neobsahuje žiadne iné informácie o objekte okrem polohy trojuholníkov, ktoré definujú povrch telesa. Pre nedostatok informácií o objekte sú možnosti úpravy, alebo čiastočnej zmeny dizajnu veľmi limitované. Za týmto účelom je nutné súbor prekonvertovať na teleso (CAD model). Vo formáte CAD model je potom možné ľubovoľne zmeniť jeden parameter objektu (napr. zmena polomeru alebo polohy stredového bodu) bez toho, aby sme porušili okolité štruktúry. Tento typ súboru umožňuje geometrické a matematické zmeny nie len tvaru, ale aj mechanických vlastností, ktoré je možné virtuálne simulovať a získavať výpočty a analýzy potrebné pre určenie schopnosti výrobku správne fungovať. [4], [5]

Zoznámia sa s tým, že príprava objektu pred skenovaním je neoddeliteľnou súčasťou 3D skenovania a má obrovský dopad na výsledok. Ako objekt dôkladne vyčistiť, zbaviť prachu a všetkých nečistôt, ktoré by neskôr mohli vytvárať rôzne artefakty a tým znižovať presnosť modelu. Ďalším dôležitým faktorom je reflektivita povrchu telesa. Aj jemný odlesk môže degradovať kvalitu skenu a lesklé predmety nie je možné skenovať vôbec. Problémom pri skenovaní môže byť aj farba skenovaného objektu. Optické skenery ťažko zachytávajú čiernu farbu. Riešením je matný náter, alebo aplikácia dočasného matného prášku na skenovanie. Zistia, že je vhodné zabezpečiť, aby bola podložka, na ktorej skenujeme rovná a z praktického hľadiska pomáha, ak je tmavej farby. To spôsobí, že je ľahšie skener nakonfigurovať pre konkrétny predmet a môže to dopomôcť k tomu, aby sa podložka vo finálnom objekte neobjavila. Naučia sa využívať orientačné body, tzv. targety, malé kruhové samolepky so svetlým alebo bielym stredom a čiernym olemovaním. [6] Správne ich umiestniť, aby skener počas každej polohy detegoval aspoň 3 targety, pričom sa nemusia nachádzať na objekte, ale môžu byť aj v jeho blízkosti na podložke. Takýmto umiestnením vytvoríme pre skener súradnice, ktoré nám umožnia skenovanie kedykoľvek prerušiť a pokračovať v ktorejkoľvek polohe bez porušenia celistvosti modelu. Príklad úlohy snímania predmetu s využitím riešenej študentami na cvičeniach je na obr. 2.



Obr. 2 – Príklad skenovania a výslednej podoby modelu po úprave

PRÁCA S 3D TLAČIARŇOU

3D tlačiareň je veľmi vhodný nástroj na výrobu prototypov, alebo súčiastok, ktoré nie je možné vyrobiť pomocou konvenčných metód obrábania. Pre účely výučby sa študenti na prednáškach oboznamujú s princípmi všetkých dostupných technológií.

V rámci cvičení majú možnosť pracovať s FDM technológiou. Na to, aby 3D tlačiareň správne fungovala, je nutné vedieť s ňou zaobchádzať a vedieť ju nastaviť. Na nastavenie tlače sa používa špeciálny program tiež známy pod názvom „slicer“, napríklad „PrusaSlicer“. Výhodou tohto programu je český jazyk, jednoducho spracované užívateľské prostredie, možnosť kontroly správnosti nastavení a dodatočné jednoduché úpravy modelov. Študenti oboznamujú s nastavovaním tlačiarne a problematikou správnej prípravy modelu pre tlač. Od kalibrácie podložky, voľby správnej teploty, výšky prvej vrstvy a výšky jednotlivých vrstiev pri tlači, výplne výtlaku, voľby funkcie obrusu (brim), nastavenie podpier pri previsoch a podobne.

ZHODNOTENIE VÝUČBY PREDMETU „ZÁKLADY 3D TLAČE V BIOMEDICÍNE“

Predmet „Základy 3D tlače v biomedicíne“ je výberový predmet, ktorý má rozsah (1-0-2). Prednášky predmetu boli zamerané na všeobecné poznatky z tejto oblasti, princípmi fungovania 3D technológií a využitím 3D tlače v rôznych odvetviach medicíny, metódy tvorby 3D modelov všeobecne, ako aj z medicínskych dát pre rôzne oblasti medicíny. Laboratórne cvičenia sa zaoberali tvorbou 3D modelov, ako aj s využitím jednoduchých metód snímania povrchu predmetov, prípravou objektu pred skenovaním, kalibráciou optického skenera, jeho nastavením a samotnou prácou so skenerom pre dosiahnutie, čo najlepších výsledkov pri vytváraní digitálneho modelu. Získané poznatky z prednášok študenti uplatnili pri tvorbe digitálnych 3D modelov, ktoré si následne vyrobili za použitia FDM 3D tlačiarne. Vytváranie digitálnych modelov, či už z medicínskych dát (napr. CT alebo MRI data), alebo z dát z 3D skenera, oboznámi študentov s prácou s 3D obrazovými dátami a ich úpravou. V časti výroby 3D modelu sa študenti oboznamujú s fungovaním 3D tlače a základnými nastaveniami tlačiarne a tlače, ktoré ovplyvňujú jej kvalitu a čas. Vedomosti získané z nového výberového predmetu „Základy 3D tlače v biomedicíne“ môžu ďalej uplatniť nie len pri vypracovávaní záverečných prác, ale aj v rámci svojho osobného i profesijného života. Keďže študijný program Biomedicínske inžinierstvo sa zaoberá nielen technickými ale aj lekáorskými disciplínami, aj pri výučbe sme sa zamerali na využitie týchto technológií v oblasti modernej medicíny, kde tieto 3D technológie nachádzajú široké spektrum použitia.

LITERATÚRA

- [1] TREUBŇA, P., TROJAN, J., MIZERÁK, M., KLIMENT, M.: 3D skenovanie – technológia a rekonštrukcia. Dostupné na internete: http://www.sjf.tuke.sk/umpadi/taipvpp/2018/index.files/19_Trebuna_Trojan_et_3D%20skenovanie%20_Technologia%20a%20rekon%20C%205%20A1_trukcia.pdf
- [2] Ireal 3D: 3D Scanning Applications for Healthcare (3.3.2023) Dostupné na internete: <https://www.ireal3dscan.com/news/3d-scanning-applications-forhealthcare/>.
- [3] JURENOVÁ, D.; THURSO, A.; FURDOVÁ, A.: Možnosti 3D tlače v medicíne, Vydala Univerzita Komenského v Bratislave, 2020, ISBN 978-80-223-4938-3
- [4] SINGH, S.; PRAKASH, Ch.; SINGH, R.: 3D Printing in biomedical engineering, ISBN 978-981-15-5423-0, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2020 [3]
- [5] HUDEC, R., BENČO, M., KAMENCAY, P., RADILOVÁ, M.: Digitálne spracovanie obrazu a videa v SW prostredí MATLAB - 1. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 197 s., ilustr. + 1 CD-ROM. - ISBN 978-80-554-1016-6.
- [6] MOZOL, R.: Návrh laboratórných cvičení pre predmet 3D tlač v biomedicíne, Bakalárska práca, UNIZA Žilina, 2023