

DIGITALIZACE PROSTOROVÝCH OBJEKTŮ POMOCÍ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE S REKONSTRUKCÍ NA 3D TISKÁRNĚ

Helena Kolomazníková

Gymnázium Třebíč, 3. ročník

E-mail: h.kolomaznikova@email.cz

Supervised by: Daniel Chalupa

E-mail: daniel.chalupa@vut.cz

Abstract: The tomograph prototype based on visible light is devised and built in this paper. The propose of software for object scanning and data evaluation was included too. The principles of medical tomographs were used for prototype designing.

Keywords: CT systems; tomograph prototype; Arduino; Octave

1 ÚVOD

Práce se zaměřuje na tomografické zobrazovací systémy (dále „TZS“). TZS používané v lékařství získávají pomocí rentgenového záření snímky různých částí těla pacienta v mnoha rovinách a zobrazovacích úhlech. Výsledné snímky jsou počítačově zpracovány a výsledný obraz je možné sledovat na monitoru počítače.

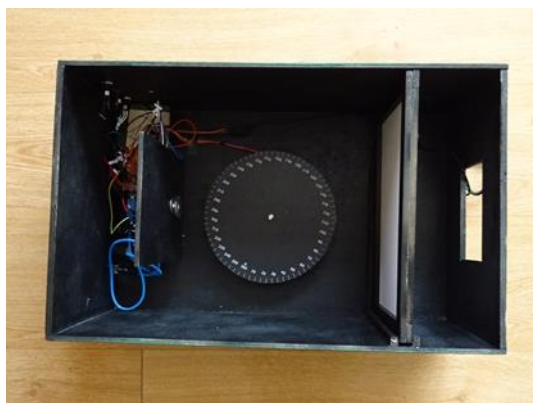
Cílem práce bylo vytvořit prototyp tomografu, který namísto rentgenového záření využije viditelné světlo. Práce zahrnovala také postup zpracování získaných dat a rekonstrukci zvoleného objektu (Obr. 1).

2 PROTOTYP

Prototyp (Obr. 2) byl navržen na základě principů konstrukce CT (computed tomography). Světlo prochází objektem, který vrhá stín na stínítko. Stín je vyfocen digitálním fotoaparátem. Objektem je figurka zalitá v umělé pryskyřici.



Obrázek 1: Snímaný objekt



Obrázek 2: Prototyp

2.1 KONSTRUKCE

Prototyp světelného tomografu se skládá ze dvou světelných zdrojů (1W a 4W), krokového motoru s otočnou platformou a třemi vyměnitelnými stínítky, která se dají posouvat směrem k nebo od objektu. Všechny části jsou uzavřené v boxu, který je uvnitř nabarvený na černo, aby stín nenarušovalo odražené světlo. Na boku krytu jsou tlačítka – dvě na spouštění světel a jedno pro spouštění motoru.

2.2 ŘÍZENÍ

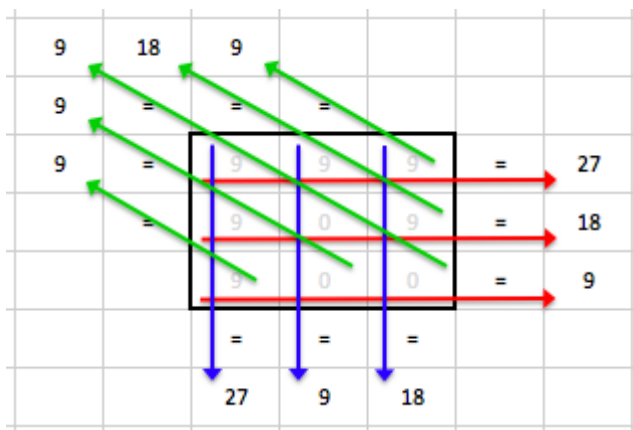
Prototyp je ovládán mikrokontrolerem Arduino UNO, který je řízený programem napsaným v prostředí Arduino IDE^[4.1]. Tlačítka pro světla se dají spínat nezávisle na sobě (rozsvítit jedno, nebo obě světla). Tlačítkem pro spouštění motoru začne cyklus otočení motoru, zobrazení aktuálního úhlu otočení na displej a vyfocení stínu. Tato sekvence se opakuje od 0° do 360° po nastaveném kroku.

3 OVĚŘENÍ PROTOTYPU

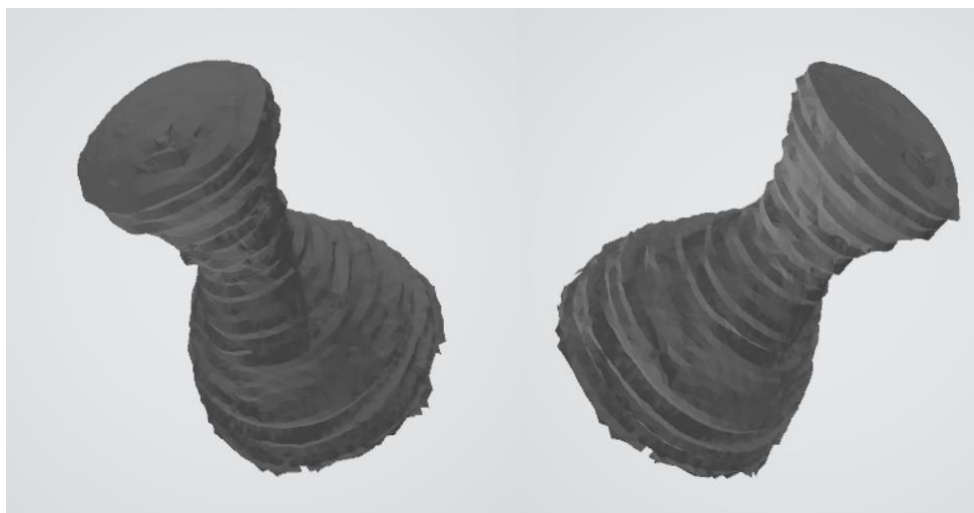
U CT systémů se provádí základní rekonstrukce objektu pomocí zpětné projekce. Jedna projekce se získá z jedné tomografické roviny. Rentgenové záření prochází řádkem (rovinou) objektu (Obr. 3), hodnoty útlumu záření na výstupu z tohoto řádku se ukládají do řádku sinogramu. Průchodem rtg záření stejnou vrstvou z různých úhlů se postupně ukládají hodnoty zeslabení rtg záření a výsledkem je kompletní sinogram. Zpětná projekce spočívá v rozvinutí jednotlivých řádků sinogramu v úhlu, v jakém byly sejmuty. Jednotlivé řádky sinogramu se promítají zpět do matice (zpětná projekce získaných profilů zeslabení) a z každého řádku tak získáme vrstvu výsledného objektu.^[5.1] Dalšími metodami rekonstrukce u CT systémů je Fourierova rekonstrukce a iterační rekonstrukce.^{[1.][2.1]}

Rekonstrukce obrazu snímaného prototypem se provádí pomocí programu napsaného v Octave.^[3.1] Jeden ze snímků uložíme jako referenční obrázek, podle kterého se vypočte velikost výsledné matice. Fotografie se převedou na negativ a zmenší. Pro každý snímek daného úhlu se vypočte matice pixelů. Tyto matice se sečtou a z výsledné matice se pomocí příkazů *isosurface* a *stlwrite* vypočte isoplocha 3D objektu (Obr. 4) a rekonstruovaný objekt se uloží jako *.stl soubor využitelný pro jeho tisk na 3D tiskárně.

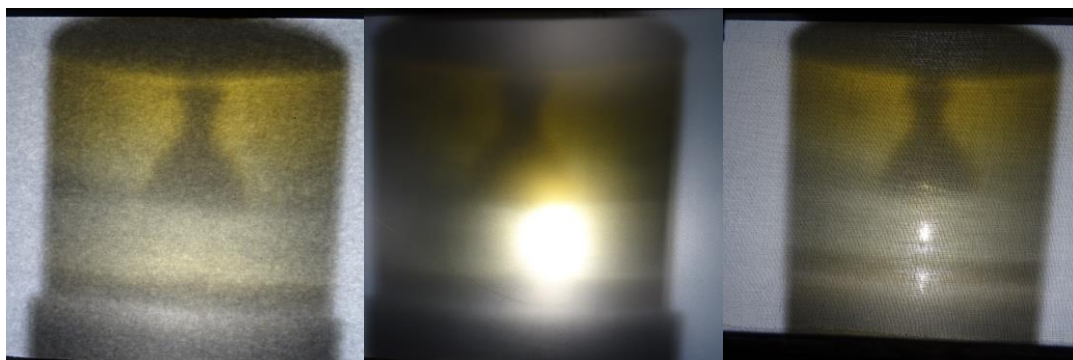
Kvalita výsledného obrazu závisí na kvalitě snímků. Nejlepší výsledky byl dosaženy použitím papírového stínítka. Porovnání kvality fotografií stínů jednotlivých stínítek je možné vidět na Obr. 5.



Obrázek 3: Sběr dat^[6.]



Obrázek 4: Rekonstruovaný objekt



Obrázek 5: Vlevo stín z papíru, uprostřed fólie, vpravo plátno

Stín z fólie nebyl pro další snímkování využitelný, protože folie propouští příliš světla a stín se nedá dobře rozeznat. Nejostřejší stín je snímkováný na plátně. Ukázalo se ale, že plátno je řídké a také propouští světlo. Jako nejlepší se ukázal stín z papíru, kde je stín po celé své ploše stejný, přestože je v něm poměrně velký šum.

4 ZÁVĚR

Byl vytvořen funkční prototyp tomografu a provedeno snímkování objektu v různých kombinacích částí prototypu. Byly vyhodnoceny jednotlivé varianty a jako nejlepší se jeví použití méně výkonného zdroje světla s větším úhlem rozptylu a stín snímáný na papírovém stínítku.

Úspěšnost rekonstrukce objektu závisí na kvalitě provedení jednotlivých kroků. V první řadě je to počet a kvalita snímků. Tu by bylo možné zlepšit použitím maximálního rozlišení fotoaparátu nebo jiným materiálem stínítka, např. plátna s vyšší gramáží. Objekt je vhodné umístit co nejbližší stínítku. Fotografie je možné dále upravit – ořezat případné tmavé okraje snímku, odstranit šum nebo zvýšit jejich kontrast. V dalším zpracování je vhodné používat, pokud možno neredukovanou, tj. nasnímanou velikost snímků. To je ale náročné na výpočetní techniku.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji organizaci JCMM za finanční podporu práce. Dále děkuji Ing. Danielu Chalupovi za jeho čas, rady, a pomoc při konstrukci prototypu.

REFERENCE

- [1] DRASTICH, Aleš. *Tomografické zobrazovací systémy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav biomedicínského inženýrství, 2004. ISBN 80-214-2788-4.
- [2] SCHUPPLER, David. *Zobrazovací systémy v lékařství*. Brno: Střední průmyslová škola elektrotechnická Brno, učební text oboru Lékařská elektronika, 2008.
- [3] Dokumentace k programu Octave <https://www.mathworks.com/>.
- [4] Dokumentace k programu Arduino <https://arduino.cz/>.
- [5] SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.
- [6] Principy rekonstrukce CT obrazu | Lucie Súpová. *Něco málo o zobrazování a dávkách v radiodiagnostice, ale i mimo ni, aneb co by Vás mohlo zajímat* [online]. Copyright © Lucie Súpová. Všechna práva vyhrazena. [cit. 29.03.2019]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/principy-rekonstrukce-ct-obrazu/>