

INFORMATIKAI KUTATÁS A GERINCSEBÉSZETBEN

INFORMATIC RESEARCH IN SPINE SURGERY

Kocsis Zoltán Tamás^{1*}, Dr. Kovács János²

^{1,2} Informatika Tanszék, Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar, Széchenyi István Egyetem, Magyarország

Kulcsszavak:

DICOM
Orvosdiagnosztikai képek
Gerincműtét
Képfeldolgozás

Keywords:

DICOM
Medical imaging
Spine surgery
image processing

Cikktörténet:

Beérkezett 2020. április 30.
Átdolgozva 2020. május 19.
Elfogadva 2020. május 25.

Összefoglalás

Az informatika olyan fejlődésen ment keresztül, melynek köszönhetően jelen van az orvostudományban is. Az orvosdiagnosztikai képek nem csak a betegségek, csonttörések diagnosztizálására, alkalmasak, hanem akár egy műtét előkészítésére is. A képalkotó orvosdiagnosztikai eljárások segítik az operatórt a műtét lebonyolításában is. Ennek ellenére a gerincműtétek során mégis előfordulnak olyan orvosi hibák, amelyek a betegek újra műtését is szükségessé tehetik. Kutatás során arra keresünk választ, hogy milyen módon lehet az informatika módszereivel segíteni a gerincműtéteket végző orvos munkáját, Javaslatunk egy erre a célra épített gerincműtési robot, amely a képi diagnosztika alapján az általunk kidolgozott matematikai algoritmussal elvégzi a műtét szempontjából kritikus csavarbeültetési pontok paramétereinek meghatározását és előkészítését. A cikk bemutatja a kutatás indíttatását és azt az eljárást, amely alapján sikerült az orvosdiagnosztikai képeket feldolgozni, illetve a módszert, amellyel ezeket az adatokat továbbítani lehet a robotnak.

Abstract

Informatics has undergone a development that has made it present in medicine as well. Medical diagnostic images are not only suitable for diagnosing diseases and bone fractures, but also for the preparation of a surgery. Imaging medical diagnostic procedures also help the operator perform the surgery. Nevertheless, medical errors do occur during spinal surgeries that may lead to the reoperation of patients. In the course of our research we are looking for a solution how IT methods can help the work of a doctor performing spinal surgeries. We propose a purpose-built spinal surgery robot that can define and prepare the parameters of the screw implantation point with the help of the image diagnostics and a special mathematical algorithm designed by us. The article describes the initiation of the research and the procedure by which the medical diagnostic images were processed and the method by which this data can be transmitted to the robot..

* Kapcsolattartó szerző. Tel.: +36 (96) 613-652
E-mail cím: kocsis.zoltan@ga.sze.hu

1. Bevezetés

Az elmúlt évek technikai fejlődésének köszönhetően számos tudományág összekapcsolódhatott. Ez a folyamat gyakorlatilag a XX. sz. elején indult el, ennek eredményeként jöttek létre az ún. interdiszciplináris tudományok, így az informatika is. Az egyik ilyen tudomány az informatika, ami már szinte az élet minden területén megtalálható, és az orvostudományokban is egyre jelentősebb szerepet játszik. Mai szemmel nézve már megszokott, hogy a kórházakban, rendelőkben például a páciensek kórtörténeti adatait számítógépen tárolják. Az adatok tárolásán túlmenően számos olyan terület létezik az orvostudományban, ahol az informatikai eszközök és módszerek alkalmazása jelentősen segíti a munkát. Az egyik ilyen terület az ún. képalkotó diagnosztika.

Mindenki számára ismeretes a röntgenfelvétel, amelyet régebben egy fólián előhívva kaptak kézhez az orvosok a diagnosztika elvégzéséhez vagy egy műtét előkészítéséhez. A radiológia ma már nem csak a röntgenkészülékeket jelenti, megjelentek új, korszerűbb eszközök. Így pl. a gerincsebészetben is alkalmazott Computer Tomográfia (CT), illetve a Mágneses Rezonancia (MR) vizsgálatok. [1] Az így készült felvételeknek az egyik előnye a röntgenfelvételhez képest, hogy felvételsorozatokat tudunk készíteni. Ezek a felvételek megfelelő szoftverek segítségével egymásra építhetők, aminek köszönhetően nem csupán kétdimenziós, hanem három dimenzióban is képesek vagyunk megfigyelni a vizsgálandó testrészt. Jelenleg az orvosok ezzel a háromdimenziós technikával készítik elő, majd ellenőrzik a műtétet.

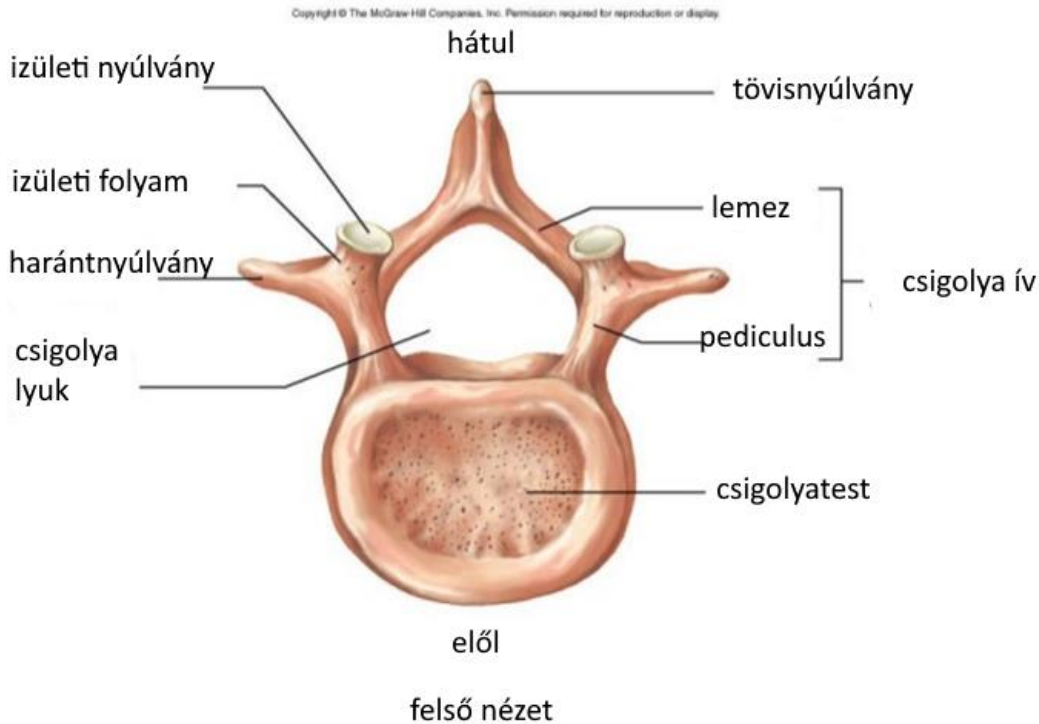
A számítógép ma már több módon is képes az embert segíteni. Számítógéppel támogatott műveletek sokkal pontosabbak, mint azok, amelyeket az ember szabad kézzel végez. A műtétet végző orvos – mivel nem egy gép – nem tudja minden alkalommal ugyanúgy, ugyanolyan pontosan elvégezni az adott műtétet. Gerincsebészet során amikor a csigolyán végez műtétet, a saját tapasztalatára és szakértelmére van bízva a műtét sikeressége. A siker attól is függ, hogy az a csavar, amit a műtét során el kell helyezni, mennyire pontosan kerül a helyére. A csigolyán az ember nem képes átlátni, viszont az előzőleg készített CT-felvétel alapján a műtét megtervezhető.

Ezek alapján a kutatás egy olyan algoritmus kidolgozására indult, melynek segítségével a műtét pontosan megtervezhető, így számos adatot szolgáltat az orvos számára. A kapott adatokból az orvos eldöntheti, hogy a műtétet ezek alapján elvégzi vagy módosít rajta. Ezek az adatok azonban továbbíthatók egy erre a célra fejlesztendő robot számára. A cikkben röviden bemutatásra kerül a megoldandó feladat, valamint az, hogyan sikerült a műtétet támogató algoritmust kidolgozni.

2. Gerincsebészeti műtét informatikai támogatása

2.1. A gerincsebészeti műtét

Mielőtt bemutatnánk a kidolgozott algoritmust, szükséges megismerni magát a műtétet, amelyet az informatika segítségével szeretnénk támogatni. Az ember gerincét akkor indokolt műteni, ha valamilyen sérülés érte vagy valamitől deformálódott [2]. Az orvosok a műtét során a páciens több gerinccsigolyájába – a deformitás fixálása érdekében – csavarokat helyeznek el. A legnagyobb probléma a csavar (1. ábra) helyes elhelyezése, amit a csigolyaívbe latin nevén a Pediculus-ba vezetnek be. Az 1. ábrán megfigyelhető, hogy nem sok hely van, mindössze csak 4-7 mm áll rendelkezésre. A beavatkozást végző orvosnak leginkább arra kell törekedni, hogy a csavart a csigolyaív középre tudja tenni, mert, ha ez nem sikerül, akkor annak súlyos következményei lehetnek, gyakran előfordul, hogy a páciens újra meg kell műteni. Ezt csökkentendő került kidolgozásra egy gerincműtétet támogató algoritmus.



1. ábra Gerincsigolya anatómiája Forrás: Internet[2018]

2.2. Orvosdiagnosztikai képek

Az orvosdiagnosztikai képek számítógépen történő tárolására kidolgoztak egy nemzetközi szabványt. A Digital Imaging and COmmunications in Medicine (DICOM) szabvány, amely lényegében egy összefoglaló szabványgyűjtemény, ami rögzíti az orvosi képalkotó módszerek által digitális formában előállítandó képfarmátumot, valamint a képalkotás során előálló információk kezelésére, tárolására továbbítására vonatkozó előírásokat. [3] Az eljárások során természetesen lényegesen több adat áll elő és tárolódik, mint amennyit a munka során fel kell használni.

Az első lépés tehát a műtét megtervezéséhez szükséges adatok körének meghatározása volt.

2.3. A megvalósított algoritmus

A kutatás célja az volt, hogy a műtétet pontosítani, a veszélyeket csökkenteni lehessen. A műtét tervezése mindig egy CT-felvétel készítésével kezdődik. Ezt a képet dolgozzuk fel a számítógép segítségével a műtét megtervezéséhez szükséges információk megszerzése érdekében.

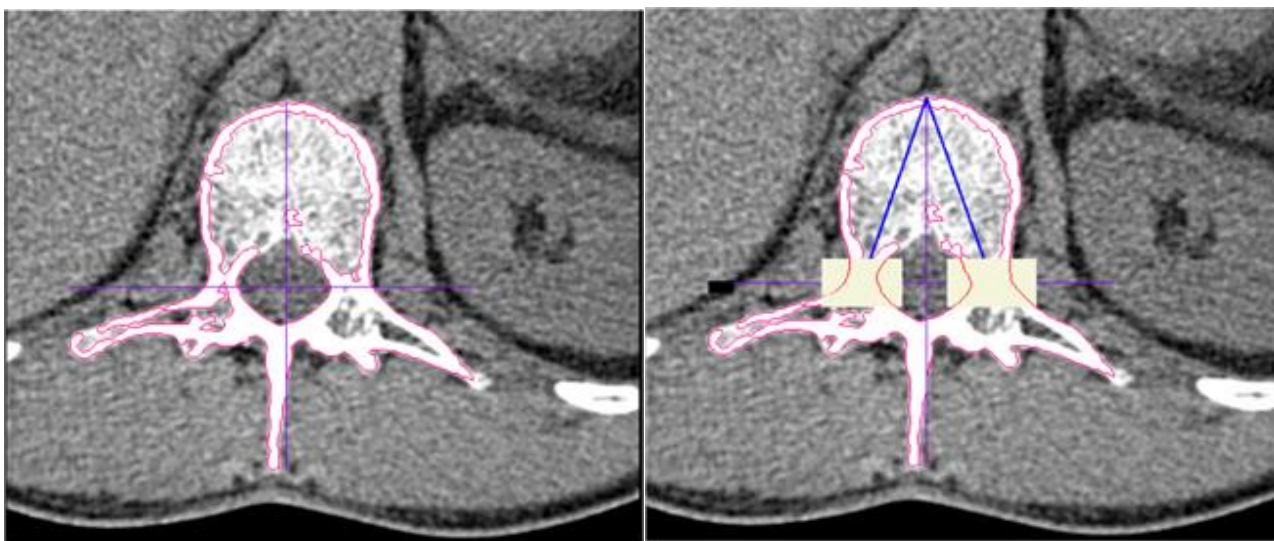
Az első feladat a diagnosztikai képek beolvasása volt, amin meg kellett keresni a műtéti területet. A DICOM képek önmagukban nem feldolgozhatók, ezért szükséges volt átkonvertálni egy feldolgozható formátumba. Formátumnak a PNG képfarmátumot választottuk. A feldolgozáshoz az OpenEviDicom [4] keretrendszert, programozási nyelvnek pedig a C#-ot választottuk. Az EviDicom egy nyílt forráskódú rendszer, amit C#-hoz fejlesztettek ki. Segítségével a DICOM képek könnyen beolvashatók, és elhelyezhetők egy PictureBoxba, amin már könnyen lehet alkalmazni a képfeldolgozó algoritmusokat. A győri Petz Aladár Megyei Oktató kórházból a kutatási munka céljára rendelkezésre bocsátott DICOM-képek a 512x512-es méretűek. Az első lépés egy olyan orvosi kép beolvasása volt, amin gerincsigolya látható. Beolvasáskor egy orvosi képeken nem csak a csontok, hanem a légyszövetek is látszanak. Megfelelő beállítással azonban elérhető, hogy csak a kívánt rész, vagyis jelen esetben a csont látszódjon. Miután sikerült elérni azt, hogy csak csigolya legyen látható a képen, meg kell tudni határozni a csigolya helyzetét. Erre azért van szükség, mert minden adatot, ami a műtéthez szükséges, innen tudunk kinyerni. Ehhez a feladathoz volt szükséges a számítógépes képfeldolgozás.

Számos OpenSource keretrendszer létezik erre a célra, ezek közül az EmguCv rendszert választottuk. [5] Ennek segítségével tudjuk meghatározni a csigolya kontúrvonalát, amelyet ha megtaláltunk, akkor a műtéthez szükséges adatok nagy része kinyerhető. A kontúr megtalálásához először szükség volt a CT window/level értékének megváltoztatására. Ez a beállítás úgy viselkedik, mint egy hagyományos fényképen a fényerő/kontraszt értékpár. Segítségével el lehet érni, hogy a vizsgálandó képen a csont lágyszövetek nélkül látszódjon. Ezután a diagnosztikai képen már csak fekete és fehér területek látszódnak. A fehér terület adja a gerinccsigolyát. Az EmguCv keretrendszer tartalmaz egy olyan algoritmust, amely megfelelő beállításokkal megkeresi a kontúrt kiadó területeket, jelen esetben a gerinccsigolyát. Ezt szükséges volt kirajzolni a csigolya ismeretes pontjai meghatározása érdekében.

Azt feltételezhetjük, hogy ha a gerinccsigolya közepét sikerül megtalálni, akkor a műtéti pontok meghatározása könnyebbé válik. Ehhez egy – úgymond – célkeresztet rajzoltunk a csigolyába, amit a csigolya szélső pontjai meghatározásával lehet elérni. A csigolya szélső pontjait a már meghatározott kontúr adja. Ebben az esetben a kontúrnak van 4 maximum pontja. Ezeket a pontokat az algoritmus egy maximum határozza meg. A kontúrpontoknak a helye ismeretes a képen, így ebből megtalálható a legmagasabb pont, ami a csigolya teteje, a legalacsonyabb pont, ami a csigolya alja, és ugyanígy a csigolya jobb és bal pontja. Ezeknek a pontoknak ismeretes az x és y koordinátája, ezekből a pontokból keresendő a csigolya középső pontja. Ezen a ponton keresztül kell húzni egy egyenest, melynek a két végét a jobb és a bal oldali pontok adják. Feltételezhető, hogy ha a felső és az alsó pontot megfelezem, akkor a keresett pontot megkapom, azonban ez nem igaz. Orvosokkal egyeztetve sikerült meghatározni a középső pontot. A pont körülbelül a csigolyatest tetejétől számított 40mm-re helyezkedik el. Mivel az x koordináta ismeretes volt a szélső pontok meghatározása révén, így a csigolyatest felső y koordinátájából kivonva 40mm-ert kaptuk meg a középső pont mindkét koordinátáját. Ezen a ponton keresztül húzva az egyenest kaptuk meg a kereszt vízszintes vonalát. A 2. ábrán látható, hogy ez a vonal metszi mind a két keresendő pediculust.

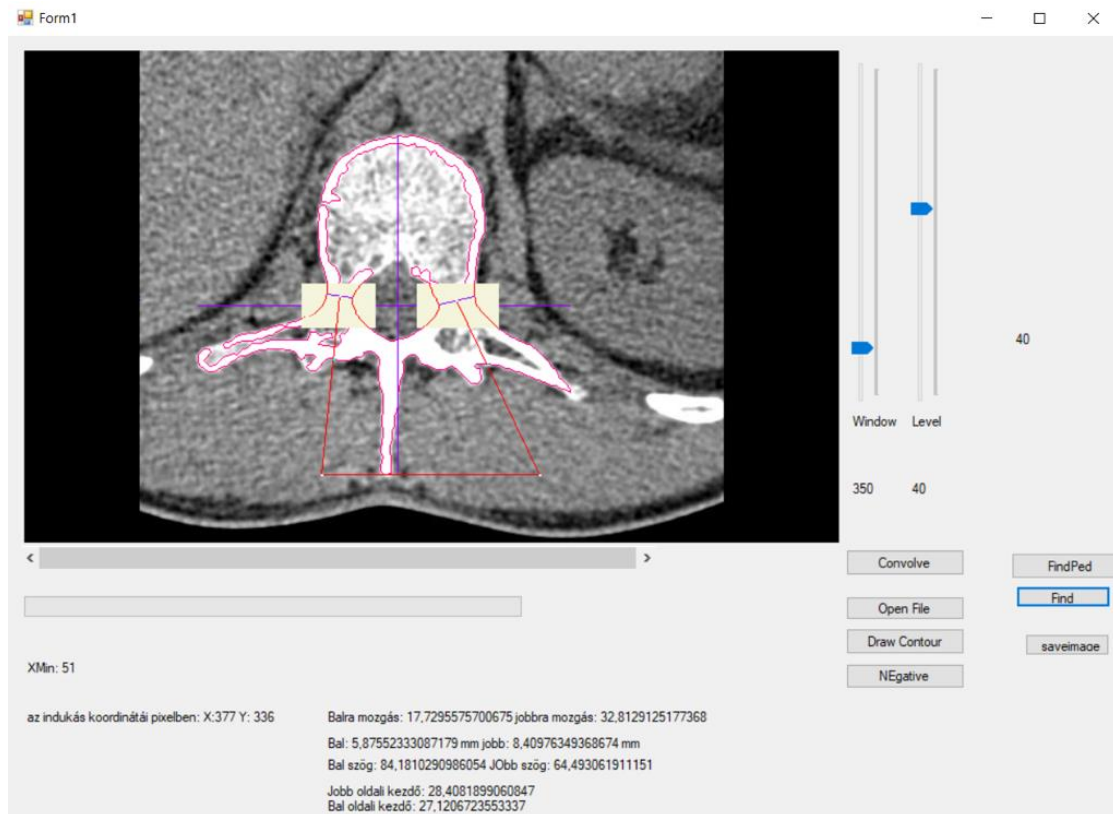
Ahhoz, hogy egy képből kinyert adatok segítségével valós információkkal tudjuk dolgozni a képpontokat(pixel) át kell váltani milliméterre. Az átváltáshoz tudni kell azt, hogy a két képpont hány pixelnyi távolságra helyezkedik el egymástól, valamint az adott kép hány DPI (dot per inch) felbontású. [6] Ez az érték határozza meg az egy inchen elhelyezkedő képpontok mennyiségét, amit megfelelő konverzióval milliméterre váltunk. A megismert módszer és a keresett képpontok segítségével valós mértéket kapunk eredményül.

A pediculust meghatározásához elég volt a vízszintes vonal mentén végigmenni. Biztosak lehetünk benne, hogy ez a vonal négy pontban metszeni fogja a csigolyát. Ez a keresett négy pont adja ki azt a két pediculus pontot, amelyet keresünk. A csavar megfelelő méretének kiválasztásához tudni kell azt, hogy hol a legkisebb a pediculus. Ennél nagyobb csavart nem lehet alkalmazni a műtét során, mivel az a beteg egészségének károsodásához vezethet.



2. ábra A meghatározott vonalak és a pediculusk

A vizsgált felvételek tanulmányozása során arra a következtetésre jutottunk, hogy a metszéspontoktól minden irányban 5-5 milliméterre adjuk meg a bejárando területet, ahol megtaláljuk a pediculust alkotó pontokat, melyek közül a minimum távolságot adó két pontot kellett megtalálni. A pontok mindegyike rendelkezik x és y koordinátával. A koordináta geometria segítségével két pont távolsága meghatározható [7], így a jobb, illetve bal oldali pediculust alkotó pontjai, valamint a keresett méret kiszámítható volt, és megfelelő konverzió után pixel helyett milliméterben kaptuk meg az eredményt. A fúrónak optimális esetben a pediculus közepén kell haladni, ezért szükséges volt a minimum pontok által határolt egyenes középső pontját is meghatározni. A kapott eredmények a 2. ábrán láthatóak. Ez a pont azon kívül, hogy megmondja a középpontot, segítséget nyújt abban is, hogy milyen szögben kell fúrni. A műtét abszolút nulla pontjának tekinthető a csigolya tetejénél található középvonal végpontja. Ehhez viszonyítva meg lehet mondani, hogy milyen távolságra kell mozogni a fúrófejnek, valamint meghatározható fúrás hajlásszöge az optimális műtét elvégzése érdekében. Ezen adatok meghatározásához szintén a koordináta geometria adott segítséget. Meg kell tudni mondani azt is, hogy a fúrófej mikor éri el a csigolyát. Ezt a fenti kiindulópontból a középvonalig terjedő egyenes, valamint a csigolya kontúrvonalának metszéspontjából lehet megmondani. Az általunk használt programozási nyelvben használt függvények egyike sem meg az egyenes pontjainak koordinátáit, ezért szükség volt ezen pontok meghatározására, amit a Bresenham-algoritmus segítségével végeztünk. [8] Az eredmény a 3. ábrán látható.



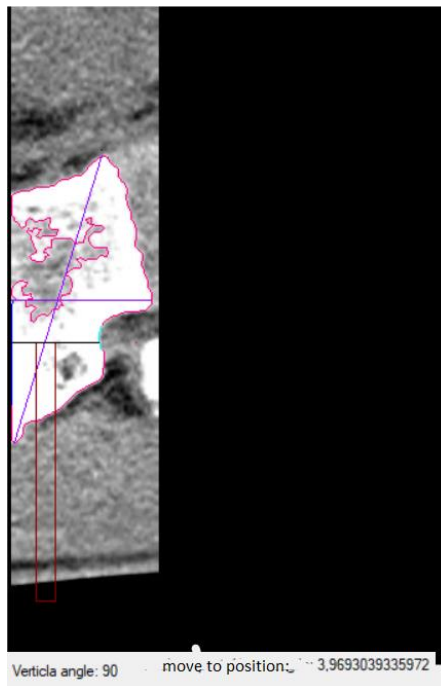
3.ábra a meghatározott eredmények.

Az így kapott eredmények már kielégítő adatok szolgáltatnak az orvos számára a műtét elvégzéséhez. Mivel az eddigiek csak kétdimenzióban adnak használható adatokat, a műtét sikere érdekében szükség volt a harmadik dimenzió adatainak meghatározására is.

A harmadik dimenzió adatainak meghatározásához a DICOM képek alkalmasak. A DICOM sorozatokban egy saját koordináta-rendszer szerint el van tárolva az egyes képkockák helyzete. A DICOM koordináta rendszer [9] az ember fejétől számítva x, y, z koordinátákat tartalmaz. Az elkészült sorozat első képe tartalmazza a kezdő koordinátát, ahonnan a szeletek készültek, az utolsó eleme pedig a sorozat végkoordinátáját. A sorozat tartalmazza azt is, hogy milyen szeletvastagsággal készültek a képek, ami azt jelenti, hogy hány milliméterenként készült a felvétel a páciensről. Az

egy- képszeletek egymása rakásával előállítható a harmadik dimenzió. Nekünk azonban csak arra a függőleges nézetre volt szükség, ahol a csavar középvonala elhalad.

A feldolgozott képről tudjuk, hogy az a sorozat hányadik képe, valamint azt, hogy a testen belül hol helyezkedik el. Ezeket a figyelembe véve elkészíthető a sorozat függőleges vetülete. Itt az arányok megtartása érdekében figyelni kell a szeletvastagságot, valamint azt is, hogy milyen hosszan helyezkedik el a testen. Ha ezeket nem vesszük figyelembe, akkor torz képet kapunk eredményül, amit nem lehet feldolgozni. A műtéti adatok szempontjából nincs szükség a teljes vetületre, így csak a műtendő csigolya függőleges képét kellett meghatározni. A feldolgozáshoz szintén az előbb bemutatott módszert használtuk. A csigolya vastagságának meghatározására itt már nem volt szükség, azonban azt, hogy milyen irányban és mennyit kell a harmadik dimenzióban elmozdulni, meg kellett határozni, továbbá szükség volt a harmadik dimenzióban beállítandó szögre is. Az eredményül kapott adatok a 4. ábrán láthatóak.



4. ábra a harmadik dimenzió adatai

3. Eredmények

A kutatás megkezdése előtt megismertük a gerincsebészeti technikát, valamint az orvosi diagnosztikai képek nemzetközi szabványrendszerét. (DICOM) A megismert orvosi diagnosztikai szabvány alkalmas számos adat közzétételére. Ezen adatok közé tartozik a páciens neve, személyes adatai, az orvos neve, valamint olyan adatok, amelyek alkalmasak lehetnek egy műtét előkészítésére. A kifejlesztett algoritmus képes az alapadatokon felül a felismeri a gerincsigolyát, valamint ennek további elemzésével több, a műtéthez szükséges adatot kinyerni. Az algoritmus képes az orvosi diagnosztikai képsorozatból létrehozni a harmadik dimenzió adataihoz szükséges képet. A harmadik dimenzióból az algoritmus képes a szükséges adatokat előállítani, így teljeskörű javaslatot tud adni egy műtét lebonyolításához.

4. Következtetés

A számítógéppel támogatott orvosi diagnosztikai képek nem csak a betegségek diagnosztizálására alkalmasak. A bemutatott algoritmust tovább lehet fejleszteni mesterséges intelligencia alkalmazásával. Eredményül olyan algoritmus nyerhető, amely minimálisra csökkenti a műtéti hibákat. A képekből kinyert adatok nemcsak az orvost segítik, hanem alkalmasak egy gerincsebészeti célra fejlesztett robot számára műtéti adatokat szolgáltatni. A robot egy újabb

kutatási irányt tesz lehetővé. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy az emberi élet védelme érdekében a robotok által végzett műtéteknél is szükséges egy tapasztalt orvos jelenléte.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a GINOP-2.3.4-15-2016-00003 - Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ támogatásával készült

Irodalomjegyzék

- [1] Vandulek Csaba, Vinczen Eszter, Rékási Judit, Kürtös Zsófia, Balogh Orsolya, Szüle Zsuzsanna, Kelemen Kornél, Lukács Lászlóné, Simor Tamás, Képkalkotási gyakorlatok az Orvosi Laboratóriumi és Képkalkotó Diagnosztikai Analitikus alapszak hallgatói részére, Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest, 2014
- [2] Gerincsebészet URL: <https://ogk.hu/tevekenyseg/fekvobeteg/gerincsebeszet/> [letöltés dátuma: 2020. 05. 14.]
- [3] DICOM Standard URL: <https://www.dicomstandard.org/> [letöltés dátuma: 2020:05.14]
- [4] EvilDicom: URL: <https://github.com/rexcardan/Evil-DICOM> [letöltés dátuma: 2020.04.15]
- [5] Emgu CV: OpenCV in .NET (C#, VB, C++ and more) URL: <http://www.emgu.com/> [letöltés dátuma: 2020. 05. 14.]
- [6] Dr. Hidegkuti Gergely Vinnay Péter, Digitális képkalkotás kézikönyv, ViviCom Kiadói és Kommunikációs Kft., 2002.
- [7] NagyGábor: Koordinátageometria jegyzetvázlat Elektronikus jegyzet. URL: <http://www.math.u-szeged.hu/~nagyg/Oktatas/PDF/koordgeo.pdf> [letöltés dátuma: 2020. 05. 14.]
- [8] Dr. Kovács Emőd: Fejezetek a számítógépi grafikából, Szakanyag KOMA 1995/1-777 pályázat támogatásával Digitális jegyzet. URL: <http://files.szt.ektf.hu/dl.php?file=files/Tanári+Megosztások/Kovácsnai+Gergely/Bevezetés+a+számítógépi+grafikából/jegyzet/KOMA.pdf> [letöltés dátuma: 2020. 05. 14.]
- [9] Coordinate systems, Slicer Wiki, (2020) : URL: https://www.slicer.org/wiki/Coordinate_systems [letöltés dátuma: 2020.04.15]