

Analiza primjene neuronavigacijskog robotskog sustava u zdravstvenom sustavu Republike Hrvatske

Štiglec, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Libertas International University / Libertas međunarodno sveučilište**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:223:885345>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Repository / Repozitorij:

[Digital repository of the Libertas International University](#)



LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE

ZAGREB

IVA ŠTIGLEC

**ANALIZA PRIMJENE NEURONAVIGACIJSKOG ROBOTSKOG SUSTAVA U
ZDRAVSTVENOM SUSTAVU REPUBLIKE HRVATSKE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, ožujak 2022.

LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE

ZAGREB

DIPLOMSKI SVUEČILIŠNI STUDIJ

Poslovna ekonomija i globalizacija

**ANALIZA PRIMJENE NEURONAVIGACIJSKOG ROBOTSKOG SUSTAVA U
ZDRAVSTVENOM SUSTAVU REPUBLIKE HRVATSKE**

**ANALYSIS OF THE APPLICATION OF NEURONAVIGATION ROBOT IN THE
HEALTH SYSTEM OF THE REPUBLIC OF CROATIA**

DIPLOMSKI RAD

Kandidat: Iva Štiglec

Mentor: doc. dr. sc. Helena Šlogar

Zagreb, ožujak 2022.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Heleni Šlogar na nesebičnom trudu, strpljenju, stručnom vodstvu i vremenu izdvojenom tijekom izrade diplomskog rada. Također, neizmjernu zahvalnost dugujem svojoj obitelji na pruženoj ljubavi, razumijevanju i potpori.

Autorica

Sadržaj:

| | |
|---|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 1.1. Predmet istraživanja | 2 |
| 1.2. Istraživačka pitanja..... | 2 |
| 1.3. Hipoteze rada | 2 |
| 1.4. Struktura rada..... | 3 |
| 2. Ronna – robotski neuronavigacijski sustav veliki iskorak hrvatske znanosti..... | 3 |
| 2.1. Povijesni razvoj robotskog sustava kroz 4 generacije | 7 |
| 2.2. Ronnin kirurški tijek rada | 10 |
| 2.3. Ronna G4 – četvrta generacija robota | 13 |
| 2.4. Tehnološki i znanstveni doprinos robotskog sustava Ronna | 14 |
| 3. Medicina – perspektivno područje primjene robotskih sustava..... | 17 |
| 3.1. Robotika kao dio sigurnosti na radu..... | 23 |
| 3.2. Postignuti ciljevi primjene robotskog sustava u neurokirurgiji | 23 |
| 3.3. Stanje u robotskoj neuronavigaciji | 24 |
| 3.4. Razvoj novih neuronavigacijskih robotskih sustava | 26 |
| 4. Ekonomski aspekti primjene robotskog sustava u medicinskoj praksi | 27 |
| 4.1. Postignuti ciljevi primjene robotskog sustava u neurokirurgiji | 28 |
| 4.2. Analiza financijskih izvještaja poduzeća koja primjenjuju robotske sustave | 28 |
| 4.3. Financijska analiza primjene robotskog sustava u neurokirurgiji | 29 |
| 4.4. Bilanca troškova uporabe neurokirurškog robota | 31 |
| 4.5. Pokazatelji profitabilnosti ulaganja u robotski sustav | 33 |
| 4.6. Pokazatelji aktivnosti korištenja neurokirurškog robota | 34 |
| 4.7. Pokazatelji ekonomičnosti korištenja neurokirurškog robota | 35 |
| 4.8. Pokazatelji likvidnosti poduzeća nakon primjene neurokirurškog robota | 36 |
| 5. Problem istraživanja..... | 40 |
| 5.1. Metodologija..... | 40 |
| 5.2. Struktura uzorka..... | 41 |
| 5.3. Istraživački instrument | 42 |
| 5.4. Cilj istraživanja | 43 |
| 5.5. Rezultati istraživanja | 43 |
| 6. Zaključak..... | 55 |
| Literatura..... | 58 |
| Životopis | 60 |
| Popis tablica | 61 |
| Popis slika | 62 |
| Popis grafikona..... | 62 |

Sažetak

Rezultati statističke analize pokazuju da je potrebna primjena neuronavigacijskih robotskih sustava u medicini, odnosno njihov rast, te stvaranje novih robotskih sustava u medicini. Izračunata je deskriptivna statistika za sve varijable korištene u istraživanju, a kao deskriptivni statistički pokazatelji korištene su frekvencije i postoci te aritmetičke sredine i standardne devijacije. Za testiranje razlika između aritmetičkih sredina korištena je multivarijatna analiza varijance. Rezultati istraživanja potvrđuju hipoteze koje ispituju menadžersku učinkovitost korištenja financija za primjenu, razvoj i stvaranje novih robota u medicini. U svim ekonomskim aspektima potvrđena je ekonomičnost, profitabilnost i aktivnost poduzeća korištenjem robotskog sustava. Primjena robotike u medicini prisutna je tek dvadeset godina, međutim, njegov utjecaj raste, prije svega na kirurške zahvate. Gotovo da nema područja medicine u kojoj roboti nisu primijenjeni u nekom obliku, uključujući oftalmologiju, urologiju, ginekologiju, kardiologiju, neurologiju, ortopediju i dr. Kirurška robotika je najfascinantnije interdisciplinarno područje medicine. Neurokirurgija je naročito pogodna za primjenu robota, i to znači da postoje naprednija rješenja.

Ključne riječi: neuronavigacijski robot, medicina, menadžment, financijski resursi

Abstract

The results of the statistical analysis show that the application of neuronavigation robotic systems in medicine is necessary, i.e. their growth and the creation of new robotic systems in medicine. Descriptive statistics were calculated for all variables used in the survey, while frequencies and percentages, arithmetic means and standard deviations were used as descriptive statistical indicators. A multivariate variance analysis was used to test differences between arithmetic means. The results of the research confirm hypotheses that examine the managerial efficiency of the use of finance for the application, development and creation of new robots in medicine. Economics, profitability and business activity were confirmed in their economic aspects using the robotic system. The use of robotics in medicine has been present for only twenty years, but its influence is increasing, primarily on surgery. There are almost no areas of medicine in which robots have not been administered in any form, including ophthalmology, urology, gynecology, cardiology, neurology, orthopaedics, etc. Surgical robotics are the most fascinating interdisciplinary field of medicine. Neurosurgery is especially suitable for the use of robots, which means that there are more advanced solutions.

Keywords: Neuronavigation robot, medicine, management, financial resources

1. Uvod

Tehnika je od iznimne važnosti za uspješno izvođenje neurokirurških zahvata. Zahtjevi za iznimnom preciznošću, manipulacijama u zatvorenom prostoru kroz uske, dugačke tzv. (engl. *keyhole*) otvore primjenom sitnih instrumenata i slično, predstavlja veliki izazov za neurokirurga. Robotska tehnologija, potpomognuta odgovarajućim upravljačkim algoritmima i prikladnom senzoričkom, može značajno olakšati i ubrzati izvođenje čitavog niza koraka pri operativnom zahvatu.

U sklopu projekta Primjena robota u neurokirurgiji razvijen je neurokirurški robotski sustav Ronna temeljen na dvoručnoj robotskoj konfiguraciji s novim načinom lokalizacije pacijenta. Ronna se sastoji od softvera za navigaciju i planiranje operacije RONNAplan, dva robota: RONNAmaster i RONNAassistant, vizijskog mjernog uređaja RONNAvision te lokalizacijskog markera RONNAmarker. U sustavu su primijenjeni standardni roboti: jedan sa šest stupnjeva slobode (RONNAmaster) i drugi robot sa sedam stupnjeva slobode gibanja (RONNAassistant). Upotreba standardnih robota osigurava robusnost te niže troškove razvijenog sustava.

Roboti trebaju postati naša svakodnevnica jer omogućuju obavljanje poslova koji su samom čovjeku teški za napraviti. Asistiranjem u bilo kojem obliku poput precizno umetnute igle u zacrtanom dijelu mozga omogućuje se brže, jednostavnije i bezbolnije obavljanje poslova kao što je primjer neurokirurgije gdje je svaki milimetar važan kako bi se operacija odradila bez posljedica. Odabirom ove teme želi se pobliže istaknuti kako će u budućnosti korištenje robota i primjena umjetne inteligencije biti od velike važnosti, od obavljanja poslova do medicinskih primjena te pomoćnih sredstava u programu rehabilitacija.

Razvijen sustav omogućava primjenjivanje robota izravno u čovjekovom okruženju tijekom neurokirurških operacija. Ostvareno je upravljanje koje osigurava intuitivnu interakciju robota s liječnikom te razumijevanje operacijskog postupka. Takav pristup omogućio je da se robot u operacijskoj dvorani ponaša kao asistent, a manje kao tehnološki sustav koji opterećuje liječnika kompliciranim tehničkim zahtjevima.

1.1. Predmet istraživanja

Predmet ovoga rada je ispitati primjenu neuronavigacijskog robota u medicinske svrhe. Informacijsko komunikacijska tehnologija je danas od izuzetne važnosti jer prikuplja, pohranjuje, obrađuje, širi i razmjenjuje informacije pomoću zvuka ili slike kako je slučaj u ovome radu gdje se analizira primjena robotskog sustava Ronna, neuronavigacijski sustav koji uspješno izvodi operacijske zahvate gledano s medicinske strane, dok je s ekonomske veliki investicijski zalog za budućnost poduzeća u kojima će se nalaziti. Danas se informacijske tehnologije primjenjuju u svakoj grani ekonomije kao što su istraživanja, razvoj, projektiranje, proizvodnja, administracija, marketing. Informatizacijski stupanj tj. primjena informacijske tehnologije postalo je jedno od glavnih mjerila rasta i razvijenosti zemlje. Ovdje dolazimo do globalizacije koja sa sobom donosi pozitivne i negativne efekte. Pozitivni efekti su globalna optimizacija proizvodnje robotskih sustava, ekonomija obujma, te povećanje bruto društvenog proizvoda svijeta koje donosi koristi od globalizacije. Dakle, više proizvodnje robotskih sustava donosi unaprjeđenju poslovanja, razvijenosti zemlje i povećanju opsega poslova. Negativni efekti su postepeno društveno raslojavanje, dolaskom robota nestaju pojedina radna mjesta na koja se stavlja robot koji obavlja repetitivne poslove poput onih u proizvodnji, zatim terorizam, povećanje siromaštva i dugova, te rast duga zemalja trećeg svijeta.

1.2. Istraživačka pitanja

IP1: Koriste li menadžeri učinkovito financijske resurse za primjenu robota u medicini?

IP2: Koriste li menadžeri učinkovito financijske resurse za razvoj robota u medicini?

IP3: Koriste li menadžeri učinkovito financijske resurse za stvaranje novih robota u medicini?

1.3. Hipoteze rada

H1: Menadžeri učinkovito koriste financijske resurse za primjenu robota u medicini.

H2: Menadžeri učinkovito koriste financijske resurse za razvoj robota u medicini.

H3: Menadžeri učinkovito koriste financijske resurse za stvaranje novih robota u medicini.

1.4. Struktura rada

Rad se sastoji od pet poglavlja. U uvodu je dano obrazloženje odabrane teme, definirani su predmet i cilj rada, postavljena su istraživačka pitanja i hipoteze te je opisana metodologija istraživanja kojom će se ispitati postavljene hipoteze. Nakon uvoda slijede tri poglavlja u kojima se opisuje primjena robotskih sustava s primjenom u medicinskoj praksi, razvoj robotskog sustava kroz godine, te medicina kao perspektivno područje za razvoj robotike, analize poslovanja korištenjem robotskih sustava u poslovanju. Istražena je financijska analiza putem bilance, računa dobiti i gubitka o poslovanju poduzeća koje se koristi robotskim sustavima u medicini. Nadalje, govori se o ekonomskim aspektima primjene robotskih sustava, kakva je likvidnost, aktivnost, profitabilnost i ekonomičnost poduzeća koje koristi robotski sustav. Na kraju su prikazani rezultati istraživanja. U zaključku je prikazan pregled najvažnijih rezultata istraživanja.

2. Ronna – robotski neuronavigacijski sustav veliki iskorak hrvatske znanosti

Robotika je jedno od najvažnijih obilježja 21. stoljeća. Obilježja ove tehnologije su integritet i umreživanje na svim razinama. Znanstveni rast i razvoj u području robotske tehnologije ukazuju da će roboti u bliskoj budućnosti postati asistenti u ljudskom poslovanju. Roboti su asistenti na radnom mjestu koji udovoljavaju zadanim normama koje će usklađivati njihovu interakciju s ljudima (Nikolić, 2015).

Ogroman značaj za Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu te za široku društvenu i ekonomsku korist ima medicinska robotika kojom se bavi istraživačka skupina pod vodstvom prof. dr. sc. Bojana Jerbića s Fakulteta strojarstva i brodogradnje. Projekt RONNA – Robotska neuronavigacija veliki je iskorak hrvatske znanosti i Fakulteta strojarstva i brodogradnje u području primijenjene robotike i umjetne inteligencije u medicini te otvara nove putove razvoja u robotici i medicini.

Ronna projekt je započeo 2007. godine suradnjom istraživača s Fakulteta strojarstva i brodogradnje, s Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Kliničkog centra Dubrava. Istraživanja u području medicinske robotike rezultirala su neurokirurškim robotskim sustavom s visokom razinom autonomnosti i preciznošću izvođenja operacija, koji se koristi kao asistent liječniku pri neurokirurškim operacijama. Zahvaljujući umjetnoj inteligenciji, robotski sustav omogućuje veliku preciznost uz jednostavnu upotrebu. Robot Ronna sadrži softver za planiranje, organizaciju, vođenje, kontrolu i navigaciju u kombinaciji s naprednim

inteligentnim robotskim funkcijama te omogućuje automatsku registraciju pacijenta u fizičkom prostoru robotskog sustava. Također, precizno pozicioniranje kirurškog alata u pacijentov intrakranijalni prostor te pomoću robotskog sustava kod bušenja, umetanja intrakranijalnih igala i drugih pomoćnih operacija. Glavne značajke koje definiraju jedinstvena obilježja robotskog sustava su: automatska registracija pacijenta na snimci, inteligentna analiza slike, kalibracija robota na temelju učenja, optimalno pozicioniranje robota u odnosu na pacijenta, osjetljivo robotsko bušenje kostiju lubanje i izuzetno precizna navigacija instrumenta.

Ronna robotska platforma sastoji se od dva robota pri čemu se jedan koristi za preciznu navigaciju, a drugi kao pomoćnik za invazivne postupke. Za vrijeme postupka bušenja, prvi se robot koristi kao vodič za drugog robota koji izvodi invazivne operacije bušenja kroz sterilnu cilindričnu vodilicu koju nosi i postavlja prvi robot. Ronna robotska platforma se odlikuje iznimnom točnošću i preciznošću u usporedbi s bilo kojim drugim postojećim robotskim ili klasičnim navigacijskim sustavom u svijetu. Primjena Ronne kod neurokirurških operacija značajno skraćuje trajanje operacije (Magjarević i sur., 2019.).

Roboti trebaju postati naša svakodnevnica jer omogućuju obavljanje poslova koji su samom čovjeku teški za napraviti. Asistiranjem u bilo kojem obliku poput precizno umetnute igle u zacrtanom dijelu mozga omogućuje se brže, jednostavnije i bezbolnije obavljanje poslova kao što je primjer neurokirurgije gdje je svaki milimetar važan kako bi se operacija odradila bez posljedica.

Odabirom ove teme želi se pobliže istaknuti kako će u budućnosti korištenje robota i primjena umjetne inteligencije biti od velike važnosti pri obavljanju različitih poslova od medicinskih primjena do pomoćnih sredstava u programu rehabilitacija.

Razvijen sustav omogućava primjenjivanje robota izravno u čovjekovom okruženju tijekom neurokirurških operacija. Ostvareno je upravljanje koje osigurava intuitivnu interakciju robota s liječnikom te razumijevanje operacijskog postupka. Takav pristup omogućio je da se robot u operacijskoj dvorani ponaša kao asistent, a manje kao tehnološki sustav koji opterećuje liječnika kompliciranim tehničkim zahtjevima (Šuligoj i sur., 2018.).

Postoji rastući trend primjene robotičkih sustava u različitim aspektima medicinske prakse zbog brojnih prednosti koje pružaju. Robot Ronna veliki je iskorak hrvatske znanosti. Projektom Ronna (Robotska neuronavigacija) razvijena je robotizirana platforma za stereotaktičku navigaciju s primjenom u neurokirurškoj praksi. U lipnju 2018. godine robotski

sustav Ronna je nagrađena za najbolju inovaciju i integraciju na 11. *Hamlyn* simpoziju medicinske robotike, u organizaciji *Imperial College London*.

Ciljevi projekta Ronna su unaprijediti postupak stereotaktičke navigacije pomoću robotske tehnologije, povezujući digitalne snimke pacijenta, računalni plan neurokirurške operacije i upravljački sustav robotske platforme.

Nadalje, primijeniti dvoručnu konfiguraciju robotske platforme: jedan robot za usmjeravanje i optimalnu prilagodbu pacijentu, a drugi za rukovanje kirurškim instrumentima te spojiti inteligentno i intuitivno upravljanje sustavom.

Četiri generacije robotskog sustava Ronna su do sada razvijene. Prva i druga generacija Ronne nastale su kao rezultat svakodnevnih istraživanja tehnologijskih koncepcija temeljem složenih funkcionalnih zahtjeva i sigurnosnih ograničenja. Zahvaljujući financijskim sredstvima Europskog fonda za regionalni razvoj Ronna robot je unaprijeđen do kliničke i komercijalne razine (Šuligoj i sur., 2018.).

Modularne medicinske mobilne platforme konstruirane su za oba robotska sustava te je sustav dobio prepoznatljiv izgled. Nakon raznih pretkliničkih pokusa dobivena je treća generacija Ronne robotskog sustava pomoću koje je 2016. godine izvedena prva robotska stereotaktička neurokirurška operacija, čime je započela faza kliničkih ispitivanja robotske platforme. To je prvi takav operacijski zahvat u ovom dijelu Europe (Jerbić i sur., 2020.).



Slika 1. Robot Ronna na odjelu neurokirurgije u KBC Zagreb

Izvor: RONNA G4—Robotic Neuronavigation: A Novel Robotic Navigation Device for Stereotactic Neurosurgery. In *Handbook of Robotic and Image-Guided Surgery* (pp. 599-625). Elsevier.

Da se radi o velikoj inovaciji potvrđuju i činjenice da se na projektu radilo više od deset godina. Potreban je bio dobar tim stručnjaka i financijska potpora koja je nepresušan izvor svih projekata u Hrvatskoj. Godine rada na projektu rezultirale su nastankom robota koji redovno asistira pri složenim medicinskim operacijama.

RONNA G4 (RONNA) je robotički neuronavigacijski sustav namijenjen minimalnim stereotaktičkim postupcima kao što su biopsije, stereo-elektroencefalografija, epileptički zahvati, duboka stimulacija mozga i resekcije tumora. RONNA se može konfigurirati kao jednoručni i dvoručni sustav: jednoručni sustav je namijenjen stereotaktičkoj neuronavigaciji i služi kao navigacijski asistent kirurgu, dok dvoručna konfiguracija obavlja autonomne poslove poput bušenja kosti, sonde ili umetanje iglom, itd. RONNU karakterizira potpuno automatizirana registracija pacijenata, planiranje položaja robota, precizno instrumentalno vođenje i autonomno bušenje kostiju. Razvijena je nova metoda lokalizacije *COMBIN-ing Machine Vision* i matematička procjena, kao i novi *point-pairing correspondence* algoritam i multi-objektivna funkcija troškova za optimizaciju plasmana robota. RONNA pruža kirurško pozicioniranje alata unutar intrakranijalnog prostora pacijenta, robotičku pomoć pri bušenju i druge koji su izvanredno precizni u usporedbi s postojećim robotičkim i drugim neuronavigacijskim sustavima. Klinička primjena RONNE u stereotaktičkim neurokirurškim zahvatima skraćuje vrijeme rada, smanjuje invazivnost zahvata, omogućuje brži oporavak pacijenta i bolje korištenje bolničkih operativnih resursa. Ronna od 2016. godine prolazi klinička ispitivanja u Sveučilišnoj bolnici Dubrava (Jerbić i sur., 2020.).

Neke od koristi koje donosi RONNA:

1. brže i kvalitetnije obavljanje operacijskih postupaka,
2. invazivnost operacijskog postupka je manja,
3. oporavak pacijenta je brz što donosi kraći boravak u bolnici te niže troškove,
4. uvođenje novih tehnologija u medicinsku praksu,
5. držanje koraka znanstvene i tehnološke razine Hrvatske s razvijenim zemljama,
6. umrežavanje znanstvenika tehničkih i medicinskih sveučilišnih institucija u Hrvatskoj.

Razvijen za stereotaktičku navigaciju, robotički neuronavigacijski sustav RONNA temelji se na standardnim industrijskim robotima s osnovnom verzijom koja se sastoji od tri glavne

komponente: robotske ruke postavljene na univerzalnu mobilnu platformu, sustava planiranja i navigacijskog sustava.

2.1. Povijesni razvoj robotskog sustava kroz 4 generacije

Robotski sustavi danas se najviše primjenjuju u masovnoj i velikoserijskoj proizvodnji. Industrijski roboti rade u sređenoj radnoj okolini i odvojeni su od ljudi koji obavljaju svoje poslove, no nove primjene traže robotske sustave koji su prilagođeni novim promjenama u radnoj okolini, te da su sposobni za interakciju i suradnju s ljudima kao njihovi asistenti.

U bolnicama postoje medicinski roboti koji su u izravnom kontaktu s liječnikom i pacijentom. Radi se o dostignuću hrvatskog zdravstva u suradnji s hrvatskim institutom, projektu neuronavigacijskog robota Ronna.

S godinama se postupno povećavaju ulaganja u robotske sustave. Njihova primjena omogućava brži rad i razvitak poslovanja poduzeća, a samom čovjeku učinkovitije obavljanje posla. Asistiranjem robota u bilo kojem radnom procesu omogućava čovjeku da sigurnije obavi svoj rad. (Nikolić, 2018.).

Godine 2010. započeo je rad na Ronninom robotskom sustavu, a cilj je bio smanjiti opterećenje osjetljivih i izazovnih neurokirurških zahvata. Istraživački tim profesora Jerbića sa Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu i sveučilišne bolnice Dubrava Zagreb započeli su s eksperimentiranjem mogućnosti primjene robota s minimalno invazivnim neurokirurškim zahvatima. Kroz dugotrajnu suradnju razmatrani su različiti sistemski nacrti, metode lokalizacije i postupci. Razvojni postupak podijeljen je u četiri skupine ostvarenih ključnih etapa, čime su obilježene četiri generacije Ronna robotskog sustava.

Tablica 1. Pregled industrijskih robota koji se koriste za neuronavigaciju od 2000. godine

| Sustav | Proizvođač robota | Model | Visina tlaka(mm) | Opterećenje (kg) |
|----------------|--------------------|-------------|------------------|------------------|
| ROSA Spine | Staubli | TX60L | +0.030 | 2 |
| Aqrate | Kuka | KR6 R700 | +0.030 | 6 |
| TIRobot | Universal robots | UR5 | +0.100 | 5 |
| Neodređeno | Yaskawa Motoman | MH5 | +0.020 | 5 |
| Aktivan sustav | Kuka | LWR4+ | +0.100 | 7 |
| Ronna | Kuka | KR6R900 | +0.030 | 6 |
| ROSA Brain | Mitsubishi | RV3SB | +0.020 | 3 |
| ROBOCAST | Adept | Viper s1300 | +0.070 | 5 |
| OrthoMIT | Kuka/DLR | LWR3 | +0.150 | 14 |
| Pathfinder | Adept | Viper s1300 | +0.070 | 5 |
| RobaCKa | Staubli | RX90 | +0.025 | 6 |
| CASPAR | Staubli | RX90 | +0.025 | 6 |

Izvor: Abedin-Nasab, M. (Ed.). (2019). Handbook of robotic and image-guided surgery. Elsevier.

Iz navedene tablice 1. ilustrira se evolucija dizajnerskog sustava i markera lokalizacije kroz četiri generacije. Prvi sustavi poslužili su kao dokaz koncepta gdje su se ispitivali i ocjenjivali različiti pristupi. Eksperimenti su obuhvatili istraživanja o postavljanju sustava, pozicioniranju robota i dimenzioniranju, metodama lokalizacije i drugo. Nakon početnih pokusa odabrana je konfiguracija s dvije ruke gdje je robot korišten kao asistent za stereotaktičku navigaciju, a drugi je zadužen za invazivne operacije poput bušenja kostiju lubanje ili umetanje igle.

Prva generacija sustava koristila je sustav za pozicioniranje koji se nalazi na robotskoj ruci, a sastoji se od fotoaparata, laserskog senzora za udaljenost i referentne tablice za lokalizaciju.

Druga generacija bio je sustav s najboljim konceptima iz prve generacije koji se implementira i poboljšava. U ovoj fazi KUKA Agilus KR6 R900 izabran je za asistenta robota. Također, modificirana je metoda lokalizacije te je razvijen i proveden stereo sustav za lociranje sfernih obilježja referentnog markera.

Treću generaciju karakterizira implementacija mobilne platforme koja sadrži svu potrebnu električnu opremu te pretvaranje Ronna robotskog sustava kompletnim. Uz platformu je primijenjen i novi tip markera koji je obilježio i značajnu prekretnicu jer je u svibnju 2016. godine provedena prva biopsija mozga s Ronna sustavom. Ronna se od tada koristi u Sveučilišnoj bolnici Dubrava Zagreb, a četvrta generacija Ronne (G4) donosi daljnje razvijanje (Abedin-Nasab, M., 2019.).

Proširena verzija RONNE sastoji se od dva robota ugrađena na posebno dizajnirane univerzalne mobilne platforme, optički sustav za praćenje kao i sučelja za upravljanje te planiranje softvera. Roboti su opremljeni kirurškim alatima (vodiči, gripperi, bušilice itd.).

Lokalizacija bazirana na slobodno distribuiranim fiducijarnim markerima koristi se za registraciju bolesnika, dok se za lokalizaciju pacijenta u fizičkom prostoru koristi stereo-vision sustav (RONNAstereo).

Specifičnost RONNE u odnosu na najsuvremenija robotska neurokirurška rješenja dodatna je mobilna platforma opremljena usklađenom i osjetljivom robotskom rukom koja ga čini robotičkim sustavom s dvojnou rukom (majstor i pomoćnik). Roboti koji se koriste u sadašnjoj četvrtoj generaciji su standardni sa šest stupnjeva slobode. To omogućuje potpunu fleksibilnost u pozicioniranju i reorijentaciji oko operativnih putanja definiranih s pet parametara (tri prijevoda i dvije rotacije). Zbog njihove primjene u radnom okruženju, projektiranje sustava i funkcionalni zahtjevi u neurokirurškoj robotici mnogo su zahtjevniji nego u konvencionalnoj robotici, primjerice u industrijskoj primjeni. Robotski sustav mora biti dovoljno kompaktan da stane u operacijsku dvoranu i da se ne miješa u redovite postupke koje provodi medicinsko osoblje, istovremeno zadovoljavajući složene zahtjeve vezane uz prostorno-radnu sposobnost. Stoga je cjelokupna postavka projektirana računalom potpomognutim računalnim softverom koji omogućuje modeliranje i simulaciju različitih putanja i instrumenata uključenih u neurokirurške zahvate, kao i zahtjeva u pogledu lokacije

sustava i njegove povezanosti s drugom opremom i medicinskim osobljem (Jerbić i sur., 2020).

Precizna navigacija kirurškim instrumentima jedna je od najvažnijih značajki autonomnih kirurških robota. Navigacija se sustavnom obradom stalno precizirala kako bi operativni zahvati bili uspješno odrađeni (Šuligoj i sur., 2018.).

Aplikacija na robotskom sustavu koristi senzore, razvijene markere za praćenje i softver kako bi se postigla veća autonomija robota pri radu u nestrukturiranim radnim prostorima. Sustav robota temeljen na stereo viđenju kroz 3-D prostor radi u laboratorijskom okruženju. Sustav je testiran uz praćenje objekata te aplikacije za odabir i mjesto. Uspoređena su dva pristupa detekciji markera temeljena na značajkama u smislu pouzdanosti i preciznosti.

Budući rad uključivat će poboljšanje preciznosti i ponovljivosti sustava koji nisu na industrijskoj razini. Takva bi se poboljšanja mogla postići prepoznavanjem predmeta baziranih na modelu koji bi u potpunosti iskoristio prednosti 3D podataka stereo vizije. (Šuligoj i sur., 2014.).

U neurokirurgiji se svakodnevno koriste različiti stereotaktički neuronavigacijski sustavi, a novi sustavi neprestano se razvijaju. Prije kliničke implementacije novih kirurških alata, metoda ili instrumenata, treba provesti pokuse. Stereotaktička neuronavigacijska igla označava čvrstu strukturu. Upotreba medicinske igle važna je za ispitivanje cjelovitih postupaka i njihovih tijekova rada, kao i za konačno potvrđivanje točnosti aplikacije robotskog sustava koji izvodi operacijski postupak (Švaco i sur., 2020.).

2.2. Ronnin kirurški tijek rada

Klinički postupak RONNA sastoji se od tri faze: predoperativne faze, faze pripreme i faze rada.

U predoperativnoj fazi prije zahvata mozak se snima računalnom tomografijom i magnetskom rezonancijom i zatim se u računalnom sustavu koji je također dio Ronne radi 3D rekonstrukcija mozga na kojoj liječnik neurokirurg određuje iz koje točke mozga želi uzeti uzorak.

Nakon skeniranja, slike se uvoze u program za planiranje operacija (RONNAplan), gdje su definirane putanje, a fiducijarni referentni markeri lokalizirani su u prostoru slike. Također je

moćna ručna lokalizacija fiducijalnih markera, ali je u prošlosti pokazala nedostatke, kao što su nedovoljna točnost lokalizacije i dugo trajanje, kao i dodana mogućnost ljudske pogreške.

Za nadvladavanje tih nedostataka razvijen je automatski modificirani algoritam za točnu lokalizaciju sfernih fiducijala u slikovnom prostoru, što je rezultiralo skupom lokaliziranih fiducijarnih točaka (Abedin-Nasab, M., 2019.).

Radna površina, koja se sastoji od ciljnih i ulaznih točaka, planirana je dan prije ili neposredno prije operacije korištenjem priključka RONNA. Razvijeni dodatak može se koristiti na bilo kojem prijenosnom računaru ili stolnom računaru koje koristi Osirix softver. Koristeći ovaj softver, neurokirurg može izraditi operativni plan odvojeno od radne stanice koja se provodi u RONNI (tj. u njegovu uredu) i prenijeti ga USB, CD ili mrežnom infrastrukturom na robotsku radnu postaju. Koristeći intuitivno i istosmjerno korisničko sučelje, operater može upravljati pokretima unutar operacijskog robota kao što je zapovijedanje robotom u položaj bušenja ili biopsije. Program za planiranje omogućuje mjerenje pogrešaka postoperativnih ulaza i ciljnih točaka korištenjem najsuvremenijih algoritama fuzije slike. Ronnaplan omogućuje vizualizaciju anatomije pacijenta i definirana je na površini lubanje pacijenta. Generirani kirurški plan može se automatski prebaciti u kontrolu robota nakon dovršetka faze planiranja.

Registracija pacijenta podrazumijeva određivanje prostorne transformacije između koordinatnih sustava medicinskih dijagnostičkih snimaka (Abedin-Nasab, 2019.).

U drugom koraku, fazi pripreme RONNINE procedure, pacijent se dovodi u operacijsku salu te robota smještaju blizu pacijenta.

U trećem i posljednjem koraku, operativnoj fazi, robotska ruka montirana je vizualnim uređajem za lokalizaciju Ronnastereo za točnu lokalizaciju fizičkog prostora.

U ronnastereu se nalaze dvije kamere s infracrvenim sensorima i prstenastim infracrvenim svjetlećim diodnim svjetlom postavljenim ispred leće svake kamere.

Virtualna točka centra kalibrirana je tako da odgovara kalibriranom kirurškom alatu. Slike se obrađuju pomoću algoritma za strojno gledanje koji aktivno određuje položaj lokalizirane slike (Abedin-Nasab, 2019.).

Koncept industrije 4.0 namijenjen je „pametnoj tvornici“ u kojoj su svi procesi automatski, od komunikacija među ljudima do procesa proizvodnje robota s ciljem ostvarivanja maksimalnog profita. Broj zaposlenika se značajno smanjuje, a i struktura zaposlenika se u

tom sektoru mijenja, traže se nova znanja prije svega iz područja informatike i informacijske tehnologije. Ta je koncepcija uglavnom namijenjena proizvodnim pogonima koji proizvode velike količine proizvoda, koji mogu biti različiti, personalizirani, ali koriste istu vrstu tehnologije rada, a to je ona visokobudžetna. Tvornice koje proizvode visokoserijske proizvode postaju tvornice masovnih proizvoda, jer na konačni proizvod sve više ima utjecaj kupac sa svojim zahtjevima. Krajnji cilj je udovoljiti željama i potrebama kupaca. Koncept industrije 5.0 usmjerena je na interakciju između ljudi i robota. Taj zajednički rad ljudi i robota spaja ljudsku kreativnost i vještinu s brzinom, produktivnošću i preciznošću robota u cilju stvaranja novih komercijalnih i društvenih vrijednosti. Koncept industrije 5.0 je humaniji, vraća „ljudski dodir“ odnosno ljude u proizvodnju (Nikolić, 2018.).

Stereotaktička biopsija mozga tipičan je stereotaktički postupak koji se koristi za određivanje histološke dijagnoze nepoznatih tumora mozga. Posljednjih godina za stereo-taktičke postupke biopsije mozga korišten je niz robotičkih sustava. Izvorni RONNIN sustav testiran je u pretkliničkim ispitivanjima. Daljnji razvoj rezultirao je poboljšanjem mehaničke strukture i algoritama te razvojem sustava RONNA. RONNA G4 je namijenjena stereotaktičkom neuronavigacijskom postupku i potpuno je novi neuronavigacijski robotički sustav u odnosu na sistem RONNE (prve generacije).

Globalni sustav optičkog praćenja koristi infracrvenu kameru sa širokim područjem gledišta i dva okvira.

Pacijentu je pričvršćen jedan referentni okvir u obliku krutog fiducijarnog markera, a drugom na kraj efektor glavne robotske ruke. Marker se sastoji od aluminijske podloge s četiri igle i standardnim medicinskim retrorefleksijskim iglama. Globalni optički sustav za praćenje koristi se za grubo pozicioniranje robota prema pacijentu u globalnoj fazi lokalizacije postupka. Razvili smo visokoprecizan infracrveni stereovision sustav koji koristi dvije industrijske visoko infracrvene kamere. Kamere su opremljene makro lećama poravnanim u istoj ravnini pod kutom od 55 °. Te se kamere koriste kako bi se izbjegle sve pogreške koje mogu proizaći iz niske rezolucije i širokog polja gledišta globalnog sustava optičkog praćenja. Nadalje, presjek optičkih osi kamera i središnja točka vlasnika robotičkog alata u prostornoj su korespondenciji kako bi se povećala točnost robotičkog sustava (Jerbić i sur., 2020.).

2.3. Ronna G4 – četvrta generacija robota

Ronna G4 robotski sustav koristio se za provedbu istraživanja biopsije mozga na temelju 32 bolesnika. Nakon opsežnih istraživanja i razvoja robota Ronna u posljednjih desetak godina, istraživačka skupina s Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu i ekipa liječnika neurokirurga sveučilišne bolnice Dubrava, Medicinskog fakulteta u Zagrebu izabrala je četvrtu generaciju robotskog neuronavigacijskog sustava Ronna G4 koja poboljšava preciznost u stereoetakičkim biopsijama. Ronnin sustav koristi robotiku i naprednu softversku tehnologiju za postizanje najviše autonomije i točnosti neurokirurškog zahvata. Ronna koristi robota Kuka Agilus KR6 R900 sa šest stupnjeva slobode. Robot omogućuju potpunu fleksibilnost u pozicioniranju i preusmjeravanju operativnih putanja. Ronnin sustav nudi potpuno automatizirani postupak lokalizacije u slikovnom prostoru i potpuno automatiziran postupak lokalizacije u fizičkom prostoru. Automatizacijom tih koraka robotske procedure, operativni tim ne treba manualno raditi operacije što im omogućava bolje korištenje dostupnih resursa. Ronnin slijed operacija sastoji se od tri faze: predoperativne faze, faze pripreme i operativne faze.

Hrvatski robot Ronna G4 pomaže neurokirurzima i koristi se u biopsijama tumora mozga. Ronna kao projekt koji se radio deset godina izazvao je veliko zanimanje u svijetu, a najviše iz Azije. Započeo je spontanom susretom liječnika i inženjera. Ideja projekta je razvitak robotskog sustava koji zamjenjuje kirurga u preciznoj navigaciji instrumenta. Pokazalo se da je Ronna uistinu konkurentna u odnosu na svjetsku medicinsku robotiku.

Plan je zapravo preuzeti jedan od inozemnih načina, a to je samostalno bušenje Ronne tako da će sa sensorima moći vrlo precizno odrediti kada će bušilica proći iz kosti prema ovojnici mozga. Roboti smanjuju potrebu za ljudskim resursima. Ronna upravo potvrđuje suprotno, roboti će u budućnosti biti veliki pomoćnici (asistenti) ljudskim resursima na pojedinačnim područjima rada. Za sada je tako u medicinskoj neurokirurgiji. Robot ima senzore koji mogu više stotina puta provjeravati sam pritisak kosti i položaj samoga proreda za bušenje, prema tome izuzetno je pouzdan. Kako se na projektu usavršavalo deset godina bilo je izuzetno izazovno pronaći algoritam za bušenje koji se sastoji od nekoliko dijelova: detekcija proboja kosti, regulacija sile prilikom bušenja te uvođenje svrdla u vodilicu. Liječnici Ronnu smatraju velikom inovacijom u napretku medicinske robotike.

Tim je usmjeren na razvoj umjetne inteligencije u robotici. Specifičnost Ronne je što nije samo tehnološko rješenje nego i rješenje u primjeni umjetne inteligencije. Tako se pokušalo riješiti niz tehnoloških problema i napraviti robotski sustav koji autonomno i intuitivno surađuje s liječnicima neurokirurzima. Robotska platforma Ronna je namijenjena izvođenju minimalno invazivnih operacijskih zahvata u neurokirurgiji poput biopsije, drenaže, resekcije tumora i duboke mozgovne stimulacije. Svaka biopsija koja se radi detaljno se analizira i provjerava se u djeliću milimetra njezina točnost. Za Ronna platformu možemo reći da je najprecizniji sustav u svijetu. Ronna motorički obavlja najosjetljivije dijelove postupka kao što je usmjeravanje i uvođenje kirurških instrumenata te osjetljivo bušenje lubanjske kosti (Jerbić i sur., 2020.).

Dvadesetprvo stoljeće obilježeno je robotskom revolucijom. Promijenjen je svijet u kojem živimo, odnos čovjeka prema prirodi, kao i odnos čovjeka sa robotom. Stvoren je jedan sasvim novi svijet s poslovnim, radnim i životnim navikama i uvjetima. Omogućen nam je potpuno novi drugačiji način života gdje su stvoreni novi društveni odnosi (Nikolić, 2016.).

2.4. Tehnološki i znanstveni doprinos robotskog sustava Ronna

Ronna kao neuronavigacijski sustav koji pomaže kirurzima u složenim zahvatima tehnološki i znanstveno je pomogao u razvoju novih modela kontrole intuitivne uporabe robota u operacijskoj dvorani. Novi model je već u proizvodnji, pod nazivom Nero, koji će biti precizniji i kompaktniji. Ronna je pomogla u razvoju izvorne metode lokalizacije bolesnika, zatim u projektiranju specifičnih robotskih alata i instrumenata pogodnih za uporabu u medicinskom okruženju i u poznavanju novih mogućnosti primjene robotičkih tehnologija u neurokirurškoj praksi (Jerbić i sur., 2020.).

Rast i razvoj robota je interdisciplinarno područje te je Europa sa svojom znanstveno-tehnološkom raznolikošću prikladna za rast i razvoj robotskih sustava. U Europi su razvijene velike suvremene tehnologije koje omogućuju suradnju robota i ljudi. Čovjek kao radna snaga, a robot kao njegov asistent u poslovanju. Primjena robota sve je češća jer su jeftiniji, brži i točniji od ljudi te u konačnici donose profitabilnost, što je ključno za konkurentsku sposobnost između država. Europa je rast, razvoj i istraživanja usmjerila novim primjenama u medicini, logistici, transportu, poljoprivredi i ostalim djelatnostima (Nikolić, 2018.).

Robotska tehnologija je prekretnica u tehnološkom i znanstvenom smislu. Rastom i razvojem sensorike, računalstva, elektronike, informacijske tehnologije drugih tehnologija, robotski sustav od industrijskih strojeva postaju pametni asistenti na poslu, obavljajući sada poslove u medicini, logistici, transportu, poljoprivredi ,uslužnim djelatnostima, u kući za koje se nikada nije mislilo da će ih moći obavljati strojevi i ostalim djelatnostima.

Roboti postaju sve više sastavni dio naših života i više nego li su ljudi toga danas svjesni. Postalo nam je normalno da zrakoplovi imaju sve više auto-pilote što su zapravo robotizirani sustavi koji zamjenjuju pilote. Danas nam je razumljivo da postoje automatizirana svemirska vozila, prva serijska proizvodnja automobila bez vozača ili onih koji se sami parkiraju. Internet smo prihvatili kao i pametne telefone te niz drugih visokosofisticiranih uređaja u kratkom vremenu u proteklih deset godina. Danas više ne bi mogli zamisliti život bez njih. Rast i razvoj robota usmjeren je na raznovrsne primjene. Roboti su sigurno obilježili prvu polovicu 21. stoljeća. Danas ne postoji područje ljudske djelatnosti gdje roboti nisu prisutni ili se ne radi na njihovoj primjeni u određenom području rada.

Primjena, rast, razvoj i istraživanja robota posebno je usmjerena na medicinske i društvene robote. Najznačajnija ulaganja su sada te dvije vrste robota (Nikolić, 2019.).

Trend razvoja robota bi bio prema fleksibilnosti i univerzalnosti namijenjen ne samo velikoserijskoj proizvodnji nego i različitim vrstama posla i malim često promjenjivim poslovima. Robotski sustavi su do sada doživjeli najveću primjenu u industriji za velikoserijsku proizvodnju, ali danas se više počinju primjenjivati i u drugim djelatnostima. Primjena robotskog sustava u medicini široko je područje te su obuhvaćena sva područja medicine. Nekolicina smatra da će zbog toga doći do gubitka radnih mjesta.

Roboti pružaju veću preciznost, brže obavljanje medicinskih zahvata te obavljanje pomoćnih poslova, a njihovu primjenu u medicini treba gledati kao novu mogućnost koju pružaju. Robotska platforma je asistent, odnosno pomoć medicinskom osoblju, a ne zamjena za njih. (Nikolić, 2018.).

Rast i razvoj robota jedan je od smjerova koji ide i prema prilagodljivim robotima. Oni su *Light – Weight* roboti koji su fleksibilni, lagani i rezolutne strukture. Roboti su opremljeni sensorima te ga je dovoljno dodirnuti on se zaustavlja, a kada ga se otpusti on nastavlja s radom. Prvog je proizvela tvrtka KUKA, a danas ih ima mnogo različitih proizvođača. Robotska ruka ima 7 stupnjeva slobode gibanja, a u svom kretanju može se slobodno voditi u prostoru i zaustaviti na dodir. Ima korisnu nosivost od 7 kg. Robotska ruka je idealna za

montažu i izradu uzoraka. Zbog svoje male težine od 16 kg, robotska ruka je energetski učinkovita, može se koristiti za širok raspon različitih poslova te se lako prenosi. Stalno raste i razvija se tako da je već napravljeno više generacija *Light Weight* robota. Takav robot korišten je i za prvi hrvatski neurokirurški robotski sustav Ronna (Nikolić, 2016.).

Brzi tehnološki znanstveni napredak utječe na značajne promjene u društvu. Robotski sustavi su predstavnici tih novih tehnologija koji su obilježili ne samo ekonomiju 21. stoljeća već i ljudski život. Robotski sustavi rade u ljudskoj okolini i posjeduju određene inteligentne te kognitivne sposobnosti, a njihov rad snažno utječe, na pretvorbu materijalnog svijeta, na socijalne, kulturne i emotivne aspekte života čovjeka. Inteligentni robotski sustavi otvaraju nove prilike. Prilike za plasiranje robotskih sustava na tržište, a samim time povećavaju se velika ulaganja i očekivanja nakon uspješnog pozicioniranja na tržištu.

Medicinska robotika perspektivno je područje za razvoj robota zbog slabe raširenosti, te zbog skupocjenih ulaganja. Desetljetnim radom stvorila se prilika da se šira populacija upozna s novim tehnološkim dostignućima u svijetu medicinske robotike (Nikolić, 2014.).

Robotska tehnologija dosegla je razinu koja omogućuje nove mogućnosti i nove aplikacije. Kako roboti postaju sveprisutni i pokretni, postaju dio naših života. Nove tehnologije omogućuju promjenu u području ljudske aktivnosti putem automatizacije. Jedan dio toga je zamjena ljudskog rada softverskim rješenjima koja može obrađivati informacije brže i učinkovitije. Danas robotika ima presudan utjecaj na trendove u razvoju tehnologije. Najznačajniji trend je dovesti robote u čovjekov okoliš, koji predstavlja nove izazove poput dinamičkih promjena i nestrukturiranog okruženja (Šekoranja i sur., 2015.).

U procesima industrijske montaže robota danas postoji trend ugrađivanja automatizacije. Cilj je smanjiti proces rada za ljudske i poboljšati rad s konačnim ciljem povećanja preciznosti, skraćivanja vremena ciklusa i smanjenja rizika.

Međutim, sadašnja ograničenja tehničkih sustava i dalje nalažu da čovjek sudjeluje u procesu i pruža potrebnu podršku sustavu. Razvojem naprednih modela interakcija mogla bi se pojednostaviti uloga ljudskih operatera uglavnom u složenim zadacima. Robotski sustavi u potpunosti zamjenjuju ljude u repetitivnim procesima koji su sposobni obavljati. Također je važno da čovjek može prenijeti željene radove robota na intuitivan način. Cilj je primijeniti model robota na temelju taktalnog podražaja. Razvijeno je jednostavno senzorsko polje za pomoć čovjeku i robotu pomoću aplikacije. Senzor je spojen na kontroler i montiran je na

robota. Tako robot odgovara na odgovarajući način na temelju ulaznih podataka (Šekoranja i sur., 2014.).

Robotska primjena u medicini prisutna je tek dvadeset godina, međutim, njegov utjecaj raste, prije svega na kirurške operacije. Skoro da nema područja medicine u kojoj roboti nisu korišteni u neku svrhu, uključujući oftalmologiju, urologiju, ginekologiju, kardiologiju, neurologiju, ortopediju i dr. Neuronavigacijska robotika je fascinantno interdisciplinarno područje medicine. Neurokirurgija je naročito pogodna za korištenje robota, i to znači da postoje naprednija rješenja (Nikolić i sur., 2013.).

3. Medicina – perspektivno područje primjene robotskih sustava

Robotski sustav Ronna prati redosljed zadane operacije, robot jednostavnim dodiranjem prepoznaje potrebu izmjene kirurških instrumenata, sam se pozicionira i prenosi ishodišni koordinatni sustav temeljem markera te se zaustavlja u kretanju. Robotski sustav Ronna predstavlja novu platformu robotike temeljne na dvoručnoj konfiguraciji.

Ronna sustav zamjenjuje stereotaktičke metode koje su uobičajene te eliminira ljudske pogreške i ručno podešavanje uređaja, te dvoručni robot čini sustav fleksibilnijim. Korištenje robota je neograničeno za niz drugih operativnih zahvata.

Dvoručni roboti imaju interakciju jedan s drugim, tako da se neke procedure mogu lako obaviti robotom asistentom, nakon neke naporne procedure koje teško može izvesti liječnik kirurg, na jednostavan brži i precizniji način. Ronna sustav je sposoban potpuno samostalno bušiti, ugraditi elektrode i umetnuti kateter nakon predoperativne faze prije zahvata.

Dvoručni roboti imaju prednosti u odnosu na neke postojeće komercijalno dostupne neurokirurške robote. Dvije ruke osigurava veću stabilnost i čvrstoću kinematičkih lanaca robota u načinu rada. Samo jedan stupanj slobode ima kinematička struktura dvoručnog robota u procesu rada, kao što je bušenje, umetanje elektroda i katetera što osigurava bolju preciznost. Kognitivne sposobnosti integrirane su u Ronni da prepozna namjere liječnika kirurga, prepozna svoj prostor djelovanja, prepozna okolinu i predvidi redosljed operacije. Ronna pouzdanost ostvaruje paralelnim odvijanjem dva nezavisna programa. (Nikolić, 2016.).

Industrijski roboti su danas postali nezamjenjivi u modernoj industriji, određena ograničenja postavljena su zbog čvrste izvedbe posebno po pitanju interakcije s ljudima. Korištenjem

modernog senzora i lakih materijala, razvijena je skupina lakih robota koji su sposobni za popustljiv rad i korištenje radnoj okolini čovjeka bez opasnosti za njegovo zdravlje kako bi se ta ograničenja nadišla. Postizanjem što veće točnosti prednosti imaju i negativne posljedice, time bi zapravo robot išao na kalibraciju (Drobilo, 2012.).

U usporedbi s ponovljivošću, pogreška u točnosti obično je veća prema veličini. Pogreška u pozicioniranju robota rezultat je razlike između idealnog kinematičkog modela robota i stvarne jedinice.

Faktori koji uzrokuju greške robota su nesavršenost u proizvodnji i montaži, utjecaj temperature na dimenzije i svojstva materijala itd. Točnost robota može se poboljšati kalibracijskim metodama kao što je navedeno gore u radu. Kako bi se robotu omogućila navigacija kirurškim alatom prema planiranim putanjama u medicinskim slikama, potrebna je registracija između slikovnog prostora i fizičkog prostora (robota).

U neurokirurškoj robotici, registracija bolesnika podrazumijeva geometrijske transformacije koje poravnavaju pogled pacijenta u medicinskim slikama u koordinatnom sustavu robota. Predmeti koji su izvana pričvršćeni na pacijenta zovu se fiducijalni markeri čiji se geometrijski centri mogu koristiti kao referentne točke za postupak registracije slikovno-fizičkog prostora. Ove referentne točke nazivaju se fiducijalne točke. Fiducijalna lokalizacija je proces određivanja položaja fiducijalne točke. Da bi registracija bila uspješna, potrebno je lokalizirati najmanje tri odgovarajuće fiducijalne točke u koordinatnom sustavu medicinskih slika i koordinatnom sustavu robota. Kod Ronna robota koriste se koštano pričvršćeni fiducijalni markeri i registracija čvrstog tijela (Šuligoj i sur., 2018.).

Prednosti korištenja podataka iz točkastog oblaka u robotičkim aplikacijama su brojne pa se implementacije kreću od znanstvenih i kućnih do industrijskih. Trenutni napredak u prikupljanju i obradi 3D podataka za industrijske primjene i potencijalne mogućnosti istraživanja prikazan je u radu. Članak o industrijskoj primjeni oblaka točaka opisuje automatski sustav za upravljanje gibanjem robota i laserski skener u svrhu obrnutog inženjeringa. U nastajanju polja servisne robotike 3D oblake koristi se uglavnom za izradu karata kućnih okruženja te za pouzdano hvatanje i manipulaciju objekata (Jerbić i sur., 2015.).

Danas razvoj robotskih sustava ponajviše karakterizira razvoj autonomije te sposobnost tumačenja djelovanja okoliša te učenja na temelju iskustva. Neurokirurški robot Ronna je uređaj s kognitivnim sposobnostima i prikuplja povratne informacije pomoću senzora iz promjenjivog okoliša. Upravljački program koji je odgovoran za rad izvršnih elemenata

ostvarujući aktivnu interakciju s okolinom u realnom vremenu obrađuje prikupljene informacije. Ronna robotski sustav može djelovati u realnom svijetu bez izravnog ljudskog utjecaja te je sam po sebi samodostatan (Švaco, 2015.).

Industrijski roboti imaju vrlo široko područje primjene od montaže, proizvodnje, primjene u medicini i drugih tehnologija. Industrijski roboti uglavnom se bave procesima u poznatim i strukturiranim okruženjima gdje je robotsko gibanje unaprijed programirano i izvedeno putem unaprijed definiranih algoritama i jednažbi, stalno ponavljajući iste putove i pokrete. Stoga su industrijski roboti projektirani i proizvedeni kako bi osigurali vrlo visoku ponovljivost za uspješno izvršavanje unaprijed definiranih zadataka (Švaco, 2014.).

U neurokirurgiji svakodnevno se koriste različiti stereotaktički neuronavigacijski sustavi, a neprestano se razvijaju novi. Tako primjerice dolazi novi robot koji je nadopuna Ronninom robotskom sustavu, to je Nero, neuronavigacijski robot koji je prethodnim kalibracijskim metodama uspješno usavršen i spreman za nove izazove koji se spremaju u medicinskom okruženju (Švaco i sur., 2020.).

Razvoj bilo kojeg robotskog sustava podrazumijeva pozornost koja se pripisuje autonomnoj mogućnosti rukovođenja operativnog zahvata. Glavni problemi s kojima se robotičari suočavaju su kontrola i ponašanje robotskih modela. Robotski sustav Ronna omogućuju samostalan rad i djelovanje u promjenjivim, dinamičnim i nepredvidljivim uvjetima. Robot autonomno kodira stanje okoliša i dinamički prostorni raspored objekata. Ljudska interpretacija okoliša (radnog prostora) uglavnom se temelji na kontekstu i više upravo o strukturnom uređenju objekata i njihovom značenju.

Definirana kolekcija kirurških instrumenata, predmeti i alati u operacijskom kazalištu ukazuju na određeni kirurški zahvat. Također određuje niz postupaka i manipulaciju pojedinačnim instrumentima za koje je potrebna odgovarajuća operacija (Švaco i sur., 2014.).

Postoji rastući trend primjene robotskih sustava u različitim aspektima medicinske prakse zbog brojnih pogodnosti koje one pružaju. Robotski sustavi zajedno s medicinskim tehnikama snimanja (računalna tomografija – CT, magnetska rezonanca – MRI itd.) mogu pružiti veliku točnost pozicioniranja kirurškog instrumenta na planirane ciljeve, ponovljivost položaja gibanja, mogućnost zadržavanja položaja u određenom vremenskom periodu.

Kao i kod svake promjene temeljene na tehnologiji, novije verzije imaju za cilj poboljšati primarne značajke, učinkovitost i jednostavnost uporabe. Retroreflektirajuće sfere, tj.

fiducijalni markeri koji se ugrađuju u glavu pacijenta imaju mnoge prednosti u korištenju kao što su manja invazivnost zbog smanjenja promjera umetanja koji se upotrebljava za pojedinačne markere, bolja fleksibilnost u odabiru položaja fiducijalnih markera na glavi pacijenta u odnosu na planirani kirurški cilj, jednostavniji preoperativni postupak ugradnje vijaka, manja pogreška pri registraciji kada su pojedinačni fiducijalni markeri postavljeni na veće udaljenosti, mogućnost uporabe više od četiri fiducijalna markera ako je potrebna veća preciznost i točnost, kraća udaljenost od fiducijalnih markera do kirurške mete.

Točna registracija pacijenta ključna je u medicinskim intervencijama vođena slikom. Ronna koristi četiri fiducijalna markera pričvršćena na lubanju pacijenta i za registraciju bolesnika u fizičkom i slikovnom prostoru. Ronnini fiducijalni markeri također se koriste i kod izračunavanja referentnog položaja pacijenta u odnosu na planirane operativne ciljeve. (Šuligoj i sur., 2017.).

Ronna G4 robotski sustav koristio se za provedbu istraživanja biopsije mozga na temelju 32 bolesnika. Nakon opsežnih istraživanja i razvoja robota Ronna u posljednjih desetak godina, istraživačka skupina s Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu i grupa neurokirurga sveučilišne bolnice Dubrava, Medicinskog fakulteta u Zagrebu izabrala je četvrtu generaciju robotskog neuronavigacijskog sustava Ronna G4 koja poboljšava preciznost u stereo-taktilnim biopsijama. Ronnin sustav koristi robotiku i naprednu softversku tehnologiju za postizanje najviše autonomije i točnosti neurokirurškog zahvata. Ronna koristi robota Kuka Agilus KR6 R900 sa šest stupnjeva slobode. Roboti omogućuju potpunu fleksibilnost u pozicioniranju i preusmjeravanju operativnih putanja. Ronnin sustav nudi potpuno automatizirani postupak lokalizacije u slikovnom prostoru i potpuno automatiziran postupak lokalizacije u fizičkom prostoru. Automatizacijom tih koraka robotske procedure, operativni tim ne treba manualno raditi operacije što im omogućava bolje korištenje dostupnih resursa. Ronnin slijed operacija sastoji se od tri faze: predoperativne faze, faze pripreme i operativne faze.

Predoperativna faza počinje pričvršćivanjem vijaka za kosti, nakon čega slijedi snimanje. Efektivne sfere medicinskih markera pričvršćene su posebno dizajniranim vijcima za kosti koji se koriste za lokalizaciju bolesnika (Jerbić i sur., 2020.).

Skeniranje bolesnika se uvozi u RonnaPat softver i provodi se automatska lokalizacija bolesnika u slikovnom prostoru. Razvio se algoritam za automatsku lokalizaciju slobodno distribuiranih markera u slikovnom prostoru.

Nadalje, proces automatske lokalizacije, proveden u RonnaPat softveru, dovršen je za 2-4 sekunde, u usporedbi s ručnom lokalizacijom koja približno traje 1-2 minute. Za rješavanje problema registracije na temelju točaka izračunava se rezultat između slikovnog i fizičkog prostora. Ulazne i ciljne točke za putanju biopsije mozga planirane u RonnaPatovom softveru. Sve biopsije planirane su korištenjem predoperativnih snimaka, a ne magnetskom rezonancijom ili spajanjem slika. To se radi kako bi se izbjegla pogreška pri spajanju u fazi pripreme i planiranja operacije.

Faza pripreme provodi se u operacijskoj dvorani te počinje izračunom optimalnog položaja robota prema pacijentu u stvarnom vremenu. U operacijskoj dvorani položaj robota prema pacijentu treba biti takav da su sve operativne radnje ostvarive. Za rješavanje ovog problema razvio se algoritam za optimalno pozicioniranje robota u odnosu na pacijenta i putanju rada. Algoritam pozicioniranja koristi se za izračun optimalnog položaja robota, čime se osigurava njegova visoka točnost i sposobnost primjene. U finalnom koraku medicinsko osoblje dobiva povratne informacije iz algoritma o tome kako postaviti robota u izračunatom položaju u odnosu na pacijenta. Ronna ima mobilnu bazu koja neurokirurgu omogućuje pozicioniranje robota tako da operativna polja postaju lako dostupna kirurgu i drugom osoblju. Nakon ručnog pozicioniranja robota prema pacijentu, algoritam pozicioniranja još se jednom verificira ako je položaj robota adekvatan i ako su sve operativne radnje izvedive. Za vrijeme cijelog postupka, glava bolesnika je preko držača povezana s dodatnim namjestom. Time se osigurava da, u odnosu na položaj robota, ne dođe do pomaka bolesnika. Nakon završetka postavljanja robota, autonomna lokalizacija pacijenta u fizičkom prostoru provodi se pomoću senzornog sustava RonnaStereo. Sustav je razvijen kako bi se postigla točna lokalizacija u fizičkom prostoru. Proces automatske lokalizacije pacijenta u operacijskoj dvorani (fizički prostor) podijeljen je u tri koraka: predobrada slika, automatsko podešavanje svjetline i otkrivanje kruga. Finalni korak je sterilizacija robota i pokrivanje operativnog polja.

U finalnoj operativnoj fazi, neurokirurg odabire unaprijed planiranu putanju, a robot samostalno postavlja vodič alata na planiranim lokacijama za bušenje kranijalne kosti. Slijedi bušenje skalpelom i bušilicom te elektrokoagulacija, tupi medicinski alat za postupke poput ovoga. Na kraju dolazi do postupne biopsije mozga koja se provodi pomoću igle za biopsiju promjera 2,5 mm. (Abedin-Nasab, 2019.).

Tablica 2. Prosječne vrijednosti, medijan, minimalne i maksimalne vrijednosti, kao i standardna devijacija TPE, EPE, kut na kosti, duljina putanje i trajanje operacije

| Obilježje | TPE | EPE | Kut kosti | Duljina putanje (mm) | Trajanje (min) |
|------------|------|------|-----------|----------------------|----------------|
| Prosjek | 1.95 | 1.42 | 15.30 | 45.73 | 64.62 |
| Medijan | 1.76 | 1.36 | 13.80 | 48.45 | 57.50 |
| Minimalno | 0.39 | 0.35 | 2.70 | 15.50 | 41.00 |
| Maksimalno | 5.85 | 3.36 | 38.10 | 86.10 | 128.00 |
| St. dev. | 1.11 | 0.74 | 9.60 | 17.41 | 19.05 |

Izvor: Abedin-Nasab, M. (Ed.). (2019). Handbook of robotic and image-guided surgery. Elsevier.

Kratice: EPE (pogreška ulazne točke), TPE (pokreška ciljne točke)

U operativnim zahvatima nije zabilježena postoperativna smrtnost ili infekcija. Trajanje je bilo mjereno od početka uvođenja anestezije, a kraj je bio izlazak pacijenta iz operacijske dvorane (Abedin-Nasab, 2019.).

Kako bi razumjeli što znači stereotaktička biopsija mozga pri izvođenju neurokirurškog zahvata pomoću robotskog sustava Ronna izvukli smo korijen riječi, a to je stereotaksija. Stereo dolazi od grčke riječi i znači trodimenzionalni, a tactus je latinska riječ i znači dodir. Stereotaksija je neurokirurška operacija pri kojem se upotrebljava poseban uređaj u ovom slučaju robotski sustav Ronna kako bi se primijenili posebni kirurški alati kroz maleni otvor u željeno područje mozga i kralježnične moždine (Koren, 2017.).

Primjena robota u medicini je perspektivno područje u koje se ulažu značajni znanstveni i financijski resursi gdje očekuju i važna dostignuća. Robotska tehnologija povezana je rastom i razvojem na području implantologije i protetike te se ta dva područja snažno oslanjaju na neuroznanost.

Robot da Vinci od medicinskih robota široko je primijenjen u bolnicama diljem svijeta zbog preko 3000 takvih robota i obavljeno je oko 3 milijuna operacija. Oporavak pacijenta je brži, a zahvat je precizniji (Lipnjak, 2020.).

3.1. Robotika kao dio sigurnosti na radu

Kognitivna sposobnost robota i umjetna inteligencija sve se više koriste u koncepciji modernog radnog mjesta. Nadogradnjom novih tehnologijskih rješenja sve se više osigurava zdravlje radnika, Robotski sustavi temeljeni na umjetnoj inteligenciji koriste se u industriji desetljećima, a u posljednje vrijeme razvijeni su napredni robotski sustavi u sofisticiranom tržištu rada koji se koriste u prometu, istraživanju, transportu i medicini. Propisi o zaštiti na radu često ograničavaju provedbu mjera namijenjenih povećanju produktivnosti na radnim mjestima na kojima postoji opasnost po zdravlje radnika. Robotski sustavi povećavaju produktivnost i eliminiraju prijeteću opasnost za radnike (Lipnjak, 2020.).

3.2. Postignuti ciljevi primjene robotskog sustava u neurokirurgiji

Ulaskom na tržište sofisticirane medicinske tehnike robotski sustav Ronna komercijalni je prototip sustava za primjenu u kirurgiji. Robot je napravljen kao edukacijski robotski sustav u obliku medicinskog osoblja koji asistira liječnicima pri izvođenju operativnog zahvata. Robotski sustav je potvrda projektnih postignuća kroz klinička ispitivanja. Nadalje, robotskim sustavom ovladavaju se nova znanja te se uvode nove tehnologije u medicinskoj praksi te se Hrvatska razvija tehnološki i znanstveno na području robotike (Jerbić i sur., 2020.).

Predviđanja su kako će robotizacija, automatizacija i digitalizacija u područjima ljudske djelatnosti dovesti do smanjenja brojnih radnih mjesta.

Banke su smanjili broj službenika na šalterima, osobe na blagajnama u samoposlužnim trgovinama automati, a govorni automati zamjenjuju djelatnike pri telefonu u službama za korisnike (Lipnjak, 2020.).

U proizvodnim tvornicama robotski sustavi su zamijenili djelatnike ponavljajućim poslovima koji zahtijevaju veliku pažnju, brzinu i preciznost. Dronovi ugrožavaju dostavljače, samovozeća vozila ugrožavaju profesionalne vozače i taksiste, internetska kupnja brzo istiskuje prodavače u trgovinama. Zanimljivo je da automatizacija ne prijeti samo zanimanjima za koje je potreban kraći obrazovni put te niži stupanj osposobljenosti i kompetencija, nego i onima za koje je potreban duži obrazovni put i visoki stupanj osposobljenosti. Recimo, robotska neurokirurgija postiže preciznost potrebnu u određenim specifičnim medicinskim indikacijama, multimedijски video tečajevi koji su interaktivni na

internetu, izrađeni u vrhunskoj produkciji, nadmašuju prenošenje znanja koje sveučilišni profesor može prenijeti svojim studentima u klasičnoj predavaonici.

Obiteljske liječnike koji se fokusiraju na dijagnosticiranje znanih bolesti i propisivanje znatnih terapija vjerojatno će zamijeniti robotski liječnici.

Stalni trend povećanja raznolikosti proizvoda i smanjenja raspoloživog prostora za proizvodne kapacitete doveo je istraživanja prema stvaranju fleksibilnih i prilagodljivih rješenja. Približavanje sistemskom pristupu u kojem jedan razvijeni okvir ima brojne proizvodne mogućnosti može pomoći u rješavanju tih pitanja. U budućnosti je istaknut razvoj sličnih sustava. Roboti predstavljaju idealne platforme za olakšavanje pristupa u kojem je svaka cjelina kompletan entitet s djelovanjem i osjetilnim sposobnostima. Prikazani sustav Ronna služi kao istraživačka platforma za razvoj novih modela robota s primjenom u medicini (Švaco i sur., 2012.).

3.3. Stanje u robotskoj neuronavigaciji

S napretkom neurokirurgije i razvojem naprednih kirurških zahvata povećala se očekivanja postavljena na stereotaktičku opremu i traže se nova rješenja kako bi se zaobišla nametnuta tehnologija koja se redovito primjenjuje. Najčešće korišteni stereotaktički sustavi danas se temelje na stereotaktičkim okvirima ili vidnim sustavima pomoću retroreflektirajućih infracrvenih markera ugrađenih u posebne adaptere. Iako su ti sustavi, u načelu, vrlo različiti oba se sustava oslanjaju na vid (ljudsko oko ili kamere) i podešavanje položaja ruku, što ostavlja puno prostora za poboljšanja u pogledu preciznosti pozicioniranja. Osnovni cilj stereotaktičke neurokirurgije je pouzdano pozicioniranje neurokirurških instrumenata poput bušilice, elektroda, sondi i drugih prema ciljnim točkama i putanjama koje je odredio kirurg, točnost pozicioniranja od najveće je važnosti za neurokirurške robotske sustave.

U protekla dva desetljeća došlo je do brzog razvoja robotskih i kirurških tehnologija. Glavni izazovi za robotske sustave u kirurškim zahvatima su geometrijska točnost i ponovljivost postupka, sigurnost, složena trodimenzionalna (3D) putanja, automatizacija registracijskog postupka, jednostavna praktična upotreba i brza prilagodljivost sustava na temelju više izvora senzorskih podataka.

Jedna od glavnih prepreka raširenoj robotizaciji u neurokirurškim zahvatima je ukupni trošak robotskih sustava koji je uvijek vrlo visok. Ti se visoki troškovi mogu pripisati zadaćama koje troše vrijeme i resurse primjerice razvoju robota i proizvodnji malih serijskih robota. Neurokirurški roboti mogu se dizajnirati korištenjem komercijalne robotske ruke.

Standardni roboti dolaze u širokom spektru kinematskih konfiguracija i mogu zadovoljiti specifikacije potrebne za široku primjenu u neurokirurgiji.

Prva primjena robota u medicini također je bila na području neurokirurgije s uspješnom primjenom robota Puma 200 industrijskog robota temeljenog na okviru za postupak biopsije mozga 1985. godine.

Glavne prednosti uvođenja industrijskih robota u medicinske robotske sustave su niži troškovi i ukupna cijena sustava. Od 2016. godine razvijaju se četiri inovativna robotska neuronavigacijska sustava temeljena na standardnim robotima iz KUKA-e (Abedin-Nasab, 2019.).

Istraživanje Oksfordskog sveučilišta pokazuje da će do 2033. godine 47 % sadašnjih poslova biti zamijenjeno robotskim sustavima i računalima. Nastati će potreba za novim zanimanjima i vrstama poslova onim povezanim s novim tehnologijama, ali prije svega kreativnim.

Revolucija robotskih sustava obilježava 21. stoljeće, omogućuje se potpuno drugačiji način života te će produbiti jaz između siromašnih i bogatih zemalja. To možemo povezati s pojmom globalizacija koja se također može nadovezati uz pojam robotike. Pozitivni efekti globalizacije su globalno optimiziranje proizvodnje, ekonomija obujma i povećanje BDP-a na svjetskoj razini što je velika korist globalizacije. S druge strane javljaju se i negativni efekti gdje dolazi do postepenog društvenog raslojavanja, terorizma, povećanja siromaštva i dugova, rast dugova zemalja trećeg svijeta, koristi od globalizacije prisvaja nekolicina, troškove globalizacije snosi većina te je izvor antiglobalizacijskih pokreta. Robotskim sustavom je dobiven idealni asistent koji čovjeka može zamijeniti, a time je ispunjena težnja ljudi da netko radi za njih.

Robotski sustavi će promijeniti čovjekov život, ne samo od moralnih i gospodarskih zakona, već društvenih odnosa te odnosa živog i neživog, upravljanog i svjesnog kao i etike (Nikolić, 2015.).

3.4. Razvoj novih neuronavigacijskih robotskih sustava

Neurokirurški robot Nero je projekt tvrtke Inetec, također u suradnji s Fakultetom strojarstva i brodogradnje u Sveučilišta u Zagrebu i Kliničkom centrom Dubrava. Nero, neurokirurški robot predstavlja redosljed slijed razvojno – istraživačkih aktivnosti u segmentu robotike u medicini i nastavlja se na prethodni uspješni projekt Ronna robotske neuronavigacije kojega su vodili Fakultet strojarstva i brodogradnje i Klinička bolnica Dubrava.

Važan pregled neurokirurških postupaka je vremenski učinkovita i pouzdana prostorna navigacija medicinskih instrumenata u intrakranijalnom prostoru pacijenta. Trenutno ne postoji dovoljno sofisticirano tehnološko rješenje u ovom području. Instrumenti korišteni za neurokirurške postupke zbog nedostatka modernih tehnologija čine dugotrajnim ovu vrstu neurokirurških operacija. Uvođenjem visokih tehnologija vizijskih i robotskih sustava u registraturnom procesu pacijenta te u operativnom postupku praćenja bi u velikoj mjeri podiglo kvalitetu i pojednostavilo izvedbe neurokirurške stereotaktičke zahvate. Upotreba postojećih okvira stereotaktike podrazumijeva dodatne operacijske zahvate na zdravom tkivu pacijenta čvrstom fiksacijom glave upotrebom markera. Navedeno daje rezultate psihološke traume pacijenata, dugotrajnim operacijskim postupkom tijekom kojeg mora biti prisutan liječnik neurokirurg, zbog čega se povećavaju troškovi te mogućnost operativnih i postoperativnih komplikacija.

Nero projekt ima svrhu kreirati stereotaktički neurokirurški robotski sustav koji će svojim sposobnostima, oblikom i inovativnošću, biti u skladu s preferencijama kliničkih bolničkih centara i liječnika neurokirurga kao ciljanih korisnika.

Ciljevi projekta Nero su rast i razvoj tehnološkog rješenja koje će riješiti nedostatke općenite stereotaktičke neurokirurgije i cjenovni razvoj prihvatljivijeg tehnološkog rješenja. Nero robot s prednošću trenutnih stereotaktičkih tehnika i robotske tehnologije rješava nedostatke i tako stvara tehnološki napredan, jedinstven robotski sustav. Samim time će pojednostaviti neuronavigacijske postupke i skratiti vrijeme trajanja predoperativnih i operativnih zahvata (Filipović, 2019.).

Roboti se u medicinske svrhe koriste od 1960-ih. Korištenjem robota u medicini i neurerehabilitaciji može se postići brži i potpuniji funkcionalni oporavak pacijenta. Robotika u neurokirurgiji je od izuzetnog značenja zbog toga što funkcionira na principu

neuroplastičnosti. Primjenom robota u medicini i neurorehabilitaciji može se postići brži i potpuniji funkcionalni oporavak pacijenta (Paušić i sur., 2021.).

Tehnološke vještine, prilagodba novim situacijama i kreativnost ključni za rad u budućnosti. U politici, biznisu, obrazovanju, zaštiti okoliša i drugo opstat će samo oni koji će se znati kreativno suočiti s novonastalim problemima.

Filozof Bernard von Mutius temelji te tvrdnje na tri ključne hipoteze. Sadašnjost nije samo vrijeme tehnološkog napretka nego i socioloških i kulturnih promjena u kojima se mijenja način učenja i razmišljanja. Ulaganje u osobni razvoj, kompetencije i znanje racionalan su izbor mladim ljudima koji su počeli definirati svoj životni put (Lipnjak, 2020.).

4. Ekonomski aspekti primjene robotskog sustava u medicinskoj praksi

Robotska neuronavigacija uključuje rast, razvoj i istraživanje konkurentskog i inovativnog robota za neurokiruršku primjenu. Uz pomoć europskih sredstava robotski sustav Ronna omogućava postojeći sustava razviti iz pokusne istraživačke robotske stanice u komercijalni proizvod visoke tehnologije za izvođenje operacija neurokirurgije.

Tablica 3. Glavne karakteristike robotskog sustava Ronna

| |
|---|
| Novo tehnološko rješenje koje omogućava gospodarski rast i razvoj a koje odgovara potrebama hrvatske ekonomije. |
| Unaprjeđuje znanstvene i tehnološke razine Hrvatske u odnosu na razvijene zemlje svijeta, tj. unaprjeđuje sposobnost konkurentnosti za tržište medicinskih usluga. |
| Potiče inovacije koje unaprjeđuju postojeći sustav do stupnja u kojem je korišten u svrhe medicine i kao takav pridonosi kvaliteti zdravstvenih usluga te otvoriti put za stvaranje novih proizvoda temeljenih na visokoj tehnologiji i znanosti. |
| Poticanje rezultatske komercijalizacije istraživanja te ulazak na tržište sofisticirane medicinske tehnologije. |
| Povezivanje hrvatskih znanstvenika medicinskih i tehničkih sveučilišnih institucija kroz multidisciplinarne timove te njihovo povezivanje s poslovnim sektorom. |
| Povećanje aktivnosti istraživanja i kapaciteta javnih visokih učilišta kao rezultat ulaganja u novu potrebnu istraživačku opremu. |

4.1. Postignuti ciljevi primjene robotskog sustava u neurokirurgiji

Ulaskom na tržište sofisticirane medicinske tehnike robotski sustav Ronna komercijalni je prototip sustava za primjenu u kirurgiji. Robot je napravljen kao edukacijski robotski sustav u obliku medicinskog osoblja koji asistira liječnicima pri izvođenju operativnog zahvata. Robotski sustav je potvrda projektnih postignuća kroz klinička ispitivanja. Nadalje, robotskim sustavom ovladavaju se nova znanja te se uvode nove tehnologije u medicinskoj praksi te se Hrvatska razvija tehnološki i znanstveno na području robotike (Jerbić i sur., 2020.).

4.2. Analiza financijskih izvještaja poduzeća koja primjenjuju robotske sustave

Tablica 4. Bilanca poduzeća Passus d.o.o.

| AKTIVA | Prethodna godina | Tekuća godina |
|--------------------------|------------------|---------------|
| A. DUGOTRAJNA IMOVINA | 133 800 | 100 000 |
| I. građevinski objekti | 50 000 | 40 000 |
| II. Postrojenja i oprema | 80 000 | 50 000 |
| B. KRATKOTRAJNA IMOVINA | 200 000 | 220 000 |
| I. Zalihe | 50 000 | 50 000 |
| II. Potraživanja | 120 000 | 147 000 |
| III. Novac | 20 000 | 25 000 |
| UKUPNO AKTIVA | 653 800 | 362 000 |
| PASIVA | Prethodna godina | Tekuća godina |
| 1. GLAVNICA | 180 200 | 190 000 |
| a) Uplaćeni kapital | 125 000 | 125 000 |
| b) Kapitalni dobitak | 13 000 | 13 000 |
| c) Zadržana dobit | 50 000 | 20 000 |
| 2. DUGOROČNE OBVEZE | 61 000 | 4 000 |
| 3. KRATKOROČNE OBVEZE | 224 600 | 10 000 |
| UKUPNO PASIVA | 653 800 | 362 000 |

Izvor: Obrada autora

Svi navedeni pokazatelji u gore navedenoj tablici upućuju na relativno dobro poslovanje za promatrano razdoblje.

Tablica 5. Račun dobiti i gubitka poduzeća Passus d.o.o.

| Pozicija | Prethodna godina | Tekuća godina |
|------------------------------------|------------------|---------------|
| 1. Prihodi od prodaje | 960 000 | 995 000 |
| 2. Rashodi od prodaje | 920 000 | 950 000 |
| 3. Financijski prihodi | 6 000 | 7 500 |
| 4. Financijski rashodi (kamate) | 6 200 | 7 000 |
| 5. Ukupni prihodi (1+3) | 966 000 | 1 002 500 |
| 6. Ukupni rashodi (2+4) | 926 200 | 957 000 |
| 7. Dobit prije poreza | 40 000 | 45 000 |
| 8. Porez na dobit | 10 000 | 15 000 |
| 9. Neto dobit | 30 000 | 35 000 |
| - Zadržana dobit | 7 000 | 10 000 |

Izvor: Obrada autora

Poslovanje poduzeća razmatrano je na temelju financijskih izvještaja i obuhvaćeno je razdoblje od dvije godine. Svi navedeni pokazatelji upućuju na zadovoljavajuće poslovanje u dvije godine.

4.3. Financijska analiza primjene robotskog sustava u neurokirurgiji

U današnje vrijeme je teško realizirati bilo kakav moderan proces bez asistencije, a tu nam u pomoć dolazi robot koji je osvojio brojne nagrade i koji se pokazao kao veliko dostignuće hrvatske znanosti - Ronna. Roboti su danas puno precizniji, učinkovitiji i jeftiniji i to u sve većem opsegu radnih aktivnosti. Roboti smanjuju cijenu rada. Cijena robota ovisi o vrsti, o kompliciranosti izvedbe i njegovim funkcijama. U ovom slučaju radi se o robotu koji je primjenjiv u medicini. No, neovisno o tome kakvu funkciju robot obavlja, isplativost je velika, a povrat investicije u robota je u najčešćem slučaju već u roku godine dana. Roboti su uspješni u uređenoj okolini kao što je okolina u industriji, ali ih je vrlo teško primijeniti u nestrukturiranoj okolini izvan industrijskih uvjeta. Rješavanje tih problema otvara prostor

novim primjenama. Trend razvoja i primjene robotskih sustava upućuje da će se roboti sve više uključiti u rad s ljudima, u različitim područjima, ne samo u industrijskim nego i uslužnim djelatnostima.

Suvremeni robotski sustav Ronna takav je robot koji je u svojem desetogodišnjem postojanju opravdao značenje robotskih sustava u današnjem tehnološkom okruženju. Ekonomski aspekti Ronne uočavaju se po broju uspješno izvedenih operacija tijekom korištenja u Kb Dubrava. Nadalje, isplativost je velika jer ne samo da spašava živote pacijenata nego se dugoročno stalno nadograđuje i poboljšava točnost izvođenja samog zahvata. U svojem repetitivnom djelovanju daje sigurnost liječnicima u svojim pripremnim fazama prije samog zahvata. Važnost robotskih sustava je velika u današnjem tehnološkom okruženju jer ne samo da asistiraju u različitim sferama rada nego i dugoročno osiguravaju uspješnost u radu. Ronna projekt je pokrenut 2007. godine na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu uz suradnju s Kliničkom centrom Dubrava i Hrvatskim institutom za istraživanje mozga. Početno financiranje projekta je kroz državni program za tehnološki rasti razvoj te sredstvima Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta te dijelom pomoću međunarodnih sredstava iz fonda Ujedinjenosti u znanju, (engl. *Unity Through Knowledge Fund – UKF*), Hrvatske zaklade za znanost i sredstvima Europskog fonda ra regionalni razvoj. Bilanca kao temeljni financijski izvještaj pokazuje stanje imovine, obveze i kapitala na određeni dan. Bilanca je statistički financijski izvještaj koji pokazuje položaj, financijsku snagu poduzeća u određenom vremenskom periodu. Račun dobiti i gubitka prikazuje kretanje financijskog rezultata te prihoda i rashoda kroz jedno obračunsko razdoblje. Prihodi i rashodi se na kraju obračunskog razdoblja sučeljavaju te se utvrđuje financijski rezultat. Poslovni rezultat tvrtke poveznica je bilance te računa dobiti i gubitka. Račun dobiti i gubitka je dinamički financijski izvještaj te ukazuje na uspješnost poslovanja poduzeća u promatranom razdoblju. (Dečman, N., 2012).

Brzi rast i razvoj novih tehnologija i znanja zahtijevaju cjeloživotno obrazovanje i učenje. Tijekom toga procesa nužno je osiguravanje institucija odgovarajuće i primjerene uvjete cjelokupnog sustava obrazovanja te priznavanja neformalnog i formalnog obrazovanja. Također, nužna su velika ulaganja u rast, razvoj i istraživanja kao važnih pokretača ekonomije, a samim time i napretka društva u cjelini. Bez obrazovanja nema napretka, a znanje je kao potreba dugoročni izlaz za svako društvo (Nikolić, 2014.).

4.4. Bilanca troškova uporabe neurokirurškog robota

Tablica 6. Bilanca troškova

| Svi iznosi u HRK | 2016. godina | 2017. godina | 2018. godina | 2019. godina | 2020. godina |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| a)Prihod (broj proizvoda x proizvodna cijena) | 2.000x20 kn=40.000,00 | 6.000x20 kn=120.000,00 | 7.000x20 kn=140.000 | 8.500x20 kn=170.000 | 10.000x20 kn=200.000 |
| Donacije | 30.000,00 kn | 80.000,00 kn | 100.000,00 kn | 150.000,00 kn | 230.000,00 kn |
| Ukupni prihodi | 70.000,00 kn | 200.000,00 kn | 240.000,00 kn | 320.000,00 kn | 430.000,00 kn |
| b)Rashod-svi troškovi | | | | | |
| B1)najam prostora | Koncesija 20.000,00 kn | Koncesija 20.000,00 kn | Koncesija 20.000,00 kn | Koncesija 20.000,00 kn | Koncesija 20.000,00 kn |
| Plaće | 108.000,00 kn | 128.000,00 kn | 170.000,00 kn | 170.000,00 kn | 158.000,00 kn |
| Ostalo | | | | 100.000,00 kn | |
| Ukupno B1 | 128.000,00 kn | 148.000,00 kn | 190.000,00 kn | 290.000,00 kn | 178.000,00 kn |
| B2) 1/5 ulaganja u stalna sredstva | 450.000,00 kn | 0 kn | 0 kn | 50.000,00 kn | 0 kn |
| Kupnja opreme | 350.000,00 kn | 80.000,00 kn | 250.000,00 kn | 0 kn | 150.000,00 kn |
| Troškovi oglašavanja | 160.000,00 kn | 100.000,00 kn | 50.000,00 kn | 230.000,00 kn | 35.000,00 kn |
| Ostalo | 0 kn | 0 kn | 0 kn | 30.000,00 kn | 0 kn |
| Ukupno B2 | 960.000,00 kn | 180.000,00 kn | 300.000,00 kn | 310.000,00 kn | 185.000,00kn |
| B3) ulaganja u obrtna sredstva | 40.000,00 kn | 25.000,00 kn | 28.000,00 kn | 60.000,00 kn | 22.000,00 kn |
| Ukupno B3) | 40.000,00 kn | 25.000,00 kn | 28.000,00 kn | 60.000,00 kn | 22.000,00 kn |
| Ukupno rashodi (b=b1+b2+b3) | 1.126.000,00 kn | 353.000,00 kn | 518.000,00 kn | 660.000,00 kn | 385.000,00 kn |
| a-b | -1.058.000,00 kn | -153.000,00 kn | -278.000,00 kn | -340.000,00 kn | 45.000,00 kn |
| Izvori financiranja | | | | | |
| Vlastita sredstva | | Prihod od poslovanja 200.000,00 kn | Prihod od poslovanja 240.000,00 kn | Prihod od poslovanja 320.000,00 kn | Prihod od poslovanja 430.000,00 kn |
| Tuđa sredstva | EU fond- 2.000.000,00 kn | EU fond- 942.000,00 kn | EU fond- 664.000,00 kn | EU fond- 398.000,00 kn | EU fond- 58.000,00 kn |

Izvor: Obrada autora

U tablici 6. prema navedenoj bilanci vidimo koristi uporabe robotskog sustava. Jasno je da se već prve godine iskazuje dobit jer uslužne djelatnosti imaju manje troškove (nema proizvodnje, zaliha, održavanje velikih postrojenja.) Iz godine u godinu prihod se povećava, a tu su i nepovratni prihodi iz Europskih fondova. Europska unija financira širok raspon projekata i programa. Sredstvima se upravlja u skladu s pravilima kako bi se nadzirala njihova uporaba i osiguralo da se novac potroši transparentno i odgovorno. Europski fond za regionalni razvoj (EFRR) ima u cilju ojačati gospodarsku i socijalnu koheziju u Europskoj uniji ispravljanjem neravnoteže između njezinih regija, pa tako usmjerava svoja ulaganja u nekoliko prioritetnih područja kao što su inovacije i istraživanje, digitalni programi, podrška malim i srednjim poduzetnicima i ekonomija s niskim emisijama ugljika. Pod programima europske teritorijalne suradnje, 80 % sredstava je usmjereno na četiri prioritetna područja. Neminovna pojava izvanrednih troškova održavanja i popravaka, rezultira time da se svake godine iskazuje drugačiji rezultat. U petoj godini prihod od poslovanja je narastao, što se vidi iz porasta u promatranim godinama. Nadalje, očekuje se snažan utjecaj tehnologije i inovacija u budućnosti, te se očekuju dodatna ulaganja u nove rastuće tehnologije. Već više od deset godina roboti sve više zamjenjuju ljude na svim poslovima koji se ponavljaju. Kreću se u prostoru i prema definiranom programu, kao što primjerice, Ronna obavlja definirane zadatke. Razvojem umjetne inteligencije roboti poprimaju određene ljudske osobine kao što su: procjena okoline, prepoznavanje ljudi ili objekata, pronalaženje optimalnog rješenja u danom slučaju, vođenja razgovora, uočavanja raspoloženja ljudi, procjenjivanje nastale situacije i donošenje odluke. Strah od gubitka radnog mjesta primjenom automatizacije uključujući i robota je opravdan i događaju se nakon primjene, ali i kod svakog napretka nastaju nova radna mjesta za koja se traže nova znanja i kreativnost. Danas je trend najvećih ulaganja u tzv. uslužne robote. Za sada oni nisu dosegli stupanj razvoja u smislu poistovjećivanja s ljudima, ali je taj trend poboljšavanja stalno prisutan. Roboti su u nekim poslovima bolji od ljudi, precizniji, brži. Poznato je korištenje robota u dijagnostici bolesti ili ranom otkrivanju autizma kod djece. Hrvatski neurokirurški robot Ronna u Kb Dubrava u Zagrebu, znatno je precizniji i omogućuje brži rad kirurga od onog s postojećom opremom.

U svijetu se u mnogim bolnicama koriste takvi roboti zbog svoje preciznosti i manje naknadnih komplikacija, pacijenti ga preferiraju i spremni su platiti dodatnu cijenu kako bi se zahvat izvršio baš takvim robotskim sustavom (Nikolić, 2019.).

Poduzeće je investiralo u kupnju robotskog sustava radi poboljšanja poslovanja. U navedenoj tablici 7. nalaze se pokazatelji profitabilnosti odnosno povrat uloženog kapitala, što se smatra najvišom upravljačkom djelotvornošću. Iz podataka iz bilance, računa dobiti i gubitka u godinama 2017. 2018. i 2019. vidi se korisnost ulaganja u robotske sustave.

4.5. Pokazatelji profitabilnosti ulaganja u robotski sustav

Tablica 7. Pokazatelji profitabilnosti ulaganja u robotski sustav

| POKAZATELJI PROFITABILNOSTI | | 2017. | 2018. | 2019. |
|--|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| NETO MARŽA PROFITA | Neto dobit + kamate | 6.325 | 6.579 | 17.753 |
| | Ukupni prihodi | 1.503.192 | 1.551.674 | 1.646.284 |
| | | 0,004% | 0,004% | 0,01% |
| BRUTO MARŽA PROFITA | Bruto dobit + kamate | 7.343 | 7.963 | 24.559 |
| | Ukupni prihodi | 1.503.192 | 1.551.674 | 1.646.284 |
| | | 0,004% | 0,01% | 0,01% |
| NETO RENTABILNOST IMOVINE | Neto dobit + kamate | 6.325 | 6.579 | 17.753 |
| | Ukupna imovina | 1.153.724 | 871.914 | 1.038.848 |
| | | 0,01% | 0,01% | 0,02% |
| BRUTO RENTABILNOST IMOVINE | Bruto dobit+ kamate | 7.343 | 7.963 | 24.559 |
| | Ukupna imovina | 1.153.724 | 871.914 | 1.038.284 |
| | | 0,01% | 0,01% | 0,02% |
| RENTABILNOST VLASTITOG KAPITALA | Neto dobit | 5.081 | 5.539 | 10.921 |
| | kapital | 459.638 | 465.178 | 712.959 |
| | | 0,01% | 0,01% | 0,02% |

Izvor: Obrada autora

4.6. Pokazatelji aktivnosti korištenja neurokirurškog robota

Tablica 8. Pokazatelji aktivnosti nakon ulaganja u kupnju robotskog sustava

| POKAZATELJI AKTIVNOSTI | | 2017. | 2018. | 2019. |
|---|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| KOEFIČIJENT OBRTAJA UKUPNE IMOVINE | Ukupni prihodi | 1.503.192 | 1.551.674 | 1.646.284 |
| | Ukupna imovina | 1.153.724 | 871.914 | 1.039.848 |
| | | 1,30 | 1,78 | 1,58 |
| KOEFIČIJENT OBRTAJA KRATKOTRAJNE IMOVINE | Ukupni prihodi | 1.503.192 | 1.551.674 | 1.646.284 |
| | Kratkotrajna im. | 1.126.655 | 858.405 | 1.026.339 |
| | | 1,33 | 1,81 | 1,60 |
| KOEFIČIJENT OBRTAJA POTRAŽIVANJA | Prodaja | 1.503.066 | 1.519.386 | 1.644.504 |
| | Potraživanja | 300.059 | 356.876 | 333.323 |
| | | 5,01 | 4,26 | 4,93 |
| TRAJANJE NAPLATE POTRAŽIVANJA | 365 | 365 | 365 | 365 |
| | Koeficijent obrt. potr. | 5,01 | 4,26 | 4,93 |
| | | 73 | 86 | 75 |

Izvor: Obrada autora

Nakon ulaganja u kupnju robotskog sustava povećava se koeficijenta obrtaja ukupne imovine 2018. i 2019. u odnosu na 2017. godinu te se smanjuje trajanje naplate potraživanja osim u 2018. godini kada je i koeficijent obrtaja ukupne imovine bio veći u odnosu na 2017. i 2019. godinu.

4.7. Pokazatelji ekonomičnosti korištenja neurokirurškog robota

Tablica 9. Pokazatelji ekonomičnosti nakon ulaganja u kupnju robotskog sustava

| POKAZATELJI EKONOMIČNOSTI | | 2017. | 2018. | 2019. |
|--|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| EKONOMIČNOST UKUPNOG POSLOVANJA | ukupni prihodi | 1.503.192 | 1.551.674 | 1.646.284 |
| | ukupni rashodi | 1.497.093 | 1.544.751 | 1.633.557 |
| | | 1,004 | 1,004 | 1,01 |
| EKONOMIČNOST REDOVNIH AKTIVNOSTI | Redovni prihodi | 1.503.192 | 1.551.674 | 1.646.284 |
| | Redovni rashodi | 1.497.093 | 1.544.751 | 1.646.284 |
| | | 1,004 | 1,004 | 1,01 |
| EKONOMIČNOST POSLOVNIH AKTIVNOSTI | Prodaja | 1.503.066 | 1.519.386 | 1.604.544 |
| | Poslovni rashodi | 1.495.849 | 1.544.647 | 1.626.725 |
| | | 1 | 0,98 | 0,99 |
| EKONOMIČNOST FINANCIRANJA | Financijski prihodi | 1.260 | 32.288 | 1.780 |
| | Financijski rashodi | 1.244 | 104 | 6.382 |
| | | 1,01 | 0,31 | 0,28 |
| EKONOMIČNOST IZVANREDNIH AKTIVNOSTI | Izvanredni prihodi | - | - | - |
| | Izvanredni rashodi | - | - | - |
| | | - | - | - |

Izvor: Obrada autora

Ekonomičnost ukupnog poslovanja je zadovoljavajuća te raste u 2019. godini što pokazuje ispravnost ulaganja u kupnju robotskog sustava za unaprjeđenje poslovanja.

Kod pokazatelja likvidnosti koeficijent financijske stabilnosti uvijek mora biti manji od 1 jer smanjenje znači pozitivnu tendenciju. Ako se ovaj koeficijent smanjuje, znači da dolazi do povećanja radnog kapitala. Dolazi do suficita radnog kapitala, nizak koeficijent financijske stabilnosti. Poduzeću se isplatilo kupiti robotski sustav kako bi poboljšalo svoje poslovanje (Bucić, 2016.)

4.8. Pokazatelji likvidnosti poduzeća nakon primjene neurokirurškog robota

Tablica 10. Pokazatelji likvidnosti nakon kupnje robotskog sustava

| POKAZATELJI LIKVIDNOSTI | | 2017. | 2018. | 2019 |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------|---------|-----------|
| KOEFIKIJENT TRENUTNE LIKVIDNOSTI | Novac | 5.126 | 41.396 | 61.551 |
| | Kratkoročne obveze | 694.086 | 406.736 | 326.889 |
| | | 0,01 | 0,10 | 0,19 |
| KOEFIKIJENT UBRZANE LIKVIDNOSTI 1 | novac+ potraživanja | 305.185 | 398.272 | 394.874 |
| | Kratkoročne obveze | 694.086 | 406.736 | 326.889 |
| | | 0,44 | 0,98 | 1,21 |
| KOEFIKIJENT UBRZANE LIKVIDNOSTI 2 | Kratkotrajna imovina – zalihe | 305.185 | 398.272 | 394.874 |
| | Kratkoročne obveze | 694.086 | 406.736 | 326.889 |
| | | 0,44 | 0,98 | 1,21 |
| KOEFIKIJENT TEKUĆE LIKVIDNOSTI | Kratkotrajna imovina | 1.126.655 | 858.405 | 1.026.339 |
| | Kratkoročne obveze | 694.086 | 406.736 | 326.889 |
| | | 1,62 | 2,11 | 3,14 |
| KOEFIKIJENT FINANCIJSKE STABILNOSTI | Dugotrajna imovina | 27.069 | 13.509 | 13.509 |
| | Kapital + dugoročne obveze | 459.638 | 465.178 | 712.959 |
| | | 0,06 | 0,03 | 0,02 |
| RADNI KAPITAL | Kratkotrajna imovina | 1.126.655 | 858.405 | 1.026.339 |
| | kratkoročne obveze | 694.086 | 406.736 | 326.889 |
| | | 432.569 | 451.669 | 699.45 |

Izvor: Obrada autora

Robotika je ključna znanost 21. stoljeća i strategijska tehnologija koja mijenja svijet u gospodarskom smislu. Danas je već jasno da će robotika utjecati na gospodarske promjene snažnije nego druga tehnološka promjena do sada. Robot je informacijski sustav koji ima i fizičku stranu. To znači da kao fizičko proširenje računalne tehnologije pretvara informacije u rad neposredno utječući na ljude i okoliš. Gospodarstvo zemlje koja se temelji na stalnom rastu potrošnje nema budućnost. Ona usporava društvenu prilagodbu novim tehnologijama koje traže nove djelatnosti temeljene na profitabilnosti. Danas je robotika otimač nekih radnih mjesta, neka zanimanja će nestati, ali svaka nova tehnološka rješenja mijenjaju sliku tržišta rada te donosi nova radna mjesta s novim potrebnim zanimanjima. Europska istraživanja pokazuju da je uvođenje jednog milijuna robota u sustav privrede izravno za otvaranje tri milijuna radnih mjesta (Nikolić, 2016.).

Poduzeće je kupilo robotski sustav za pomoć u obavljanju poslova kojemu je samom čovjeku teško napraviti te je stoga nađeno rješenje u obliku robota asistenta. U nastavku se nalaze tablice 11. i 12. za 2020. i 2021. godinu te prikazuju kako je kupnja robota utjecala na poslovanje poduzeća.

Likvidnost poduzeća

Tablica 11. Koeficijent ubrzane likvidnosti

| Opis | 2020. | 2021. |
|----------------------|---------|---------|
| Novac + potraživanja | 138.208 | 168.584 |
| Kratkoročne obveze | 81.830 | 78.076 |
| KUL | 1,69 | 2,16 |

Izvor: Obrada autora

Prema tablici 11. koeficijent ubrzane likvidnosti ne bi smio biti manji od 1

Tablica 12. Koeficijent tekuće likvidnosti

| Opis | 2020. | 2021. |
|----------------------|---------|---------|
| Kratkotrajna imovina | 188.208 | 218.584 |
| Kratkoročne obveze | 81.830 | 78.076 |
| KTL | 2,30 | 2,80 |

Izvor: Obrada autora

Prema tablici 12. koeficijent tekuće likvidnosti ne bi smio biti manji od 2

Tablica 13. Koeficijent financijske stabilnosti

| Opis | 2020. | 2021. |
|----------------------------|---------|---------|
| Dugotrajna imovina | 133.779 | 109.199 |
| Kapital + dugoročne obveze | 240.157 | 249.707 |
| KUL | 0,56 | 0,44 |

Izvor: Obrada autora

Prema tablici 13. koeficijent financijske stabilnosti uvijek mora biti manji od 1. Smanjenje koeficijenta financijske stabilnosti znači pozitivnu tendenciju. Ako se ovaj koeficijent smanjuje, znači da dolazi do povećanja neto radnog kapitala (razlike kratkotrajne imovine i kratkoročnih obveza). Svi izračunati pokazatelji upućuju na tendenciju povećanja likvidnosti u tekućoj godini u odnosu na prethodnu.

Aktivnost poslovanja poduzeća

Tablica 14. Koeficijent obrta ukupne imovine

| Opis | 2020. | 2021. |
|----------------|---------|---------|
| Ukupni prihodi | 963.850 | 999.200 |
| Ukupna imovina | 321.987 | 327.783 |
| Koui | 2,99 | 3.05 |

Izvor: Obrada autora

Prema tablici 14. aktivnost poduzeća mjeri kako efikasno poduzeće upotrebljava svoje resurse. S aspekta sigurnosti i uspješnosti potrebno je da je koeficijent obrta što veći broj, tj. da je vrijeme vezivanja ukupne imovine što kraće.

Tablica 15. Koeficijent obrta kratkotrajne imovine

| Opis | 2020. | 2021. |
|----------------------|---------|---------|
| Ukupni prihodi | 963.000 | 992.200 |
| Kratkotrajna imovina | 188.208 | 218.584 |
| Koki | 5,12 | 4,57 |

Izvor: Obrada autora

Prema tablici 15. oba koeficijenta imaju tendenciju povećanja, što znači da se smanjuje prosječno trajanje obrta.

Ekonomičnost poslovanja poduzeća

Tablica 16. Ekonomičnost poslovanja

| Opis | 2020. | 2021. |
|----------------|---------|---------|
| Ukupni prihodi | 963.850 | 999.200 |
| Ukupni rashodi | 925.450 | 952.500 |
| Eup | 1,04 | 1,05 |

Izvor: Obrada autora

Tablica 17. Ekonomičnost prodaje

| Opis | 2020. | 2021. |
|--------------------|---------|---------|
| Prihodi od prodaje | 958.000 | 992.000 |
| Rashodi od prodaje | 919.350 | 945.700 |
| Ep | 1,04 | 1,05 |

Izvor: Obrada autora

Tablica 18. Ekonomičnost financiranja

| Opis | 2020. | 2021. |
|---------------------|-------|-------|
| Financijski prihodi | 5.850 | 7.200 |
| Financijski rashodi | 6.100 | 6.800 |
| Ef | 0,96 | 1,06 |

Izvor: Obrada autora

Na temelju podataka u tablici 17. uočava se zadovoljavajuće stanje ekonomičnosti i tendencija njezina povećanja.

U tablici 18. pokazatelj ekonomičnosti financiranja u prethodnoj godini je manji od 1, međutim to ne utječe bitno na ekonomičnost jer je u tablici 18. udio financijskih prihoda i financijskih rashoda u strukturi ukupnih prihoda i rashoda mali.

Profitabilnost poduzeća

Tablica 19. Marža profita

| Opis | 2020. | 2021. |
|---------------------|---------|---------|
| Neto dobit + kamate | 34.900 | 41.825 |
| Ukupni prihod | 963.850 | 999.200 |
| Mp | 3,62% | 4,19% |

Izvor: Obrada autora

Tablica 20. Rentabilnost imovine

| Opis | 2020. | 2021. |
|---------------------|---------|---------|
| Neto dobit + kamate | 34.900 | 41.825 |
| Imovina | 321.987 | 327.783 |
| R | 10,84% | 12,76% |

Izvor: Obrada autora

Tablica 21. Rentabilnost vlastitog kapitala - glavnice

| Opis | 2020. | 2021. |
|------------|---------|---------|
| Neto dobit | 28.800 | 35.025 |
| Glavnica | 180.157 | 189.707 |
| Rg | 15,99% | 18,46% |

Izvor: Obrada autora

Tablica 19. pokazuje tendenciju porasta marže profita. Rentabilnost imovine za promatrano razdoblje u tablici 20. ostvaruje visoke stope, što dovodi do tendencije povećanja rentabilnosti imovine. U tablici 21. stope rentabilnosti vlastitog kapitala vrlo su visoke, više od stope rentabilnosti imovine, što znači da se isplati koristiti tuđim kapitalom.

U ovom slučaju radi se o bespovratnim sredstvima iz Europske unije kojim se dodjeljuju sredstva kako bi od održala ravnoteža u poslovanju među regijama (Bucić, D., 2016.).

5. Problem istraživanja

Ispitati menadžere o primjeni neuronavigacijskih robotskih sustava u medicini; odnosno ispitati ih koriste li učinkovito financijske resurse za primjenu robotskih sustava u medicini, potrebnosti i jesu li važni, što misle kada će roboti biti implementirani u zdravstveni sustav kao sastavni dio zdravstvenih usluga te što misle o utjecaju rasprostranjenosti robotskih sustava u medicini na unapređenje medicinskih usluga i na zaposlenost u zdravstvu.

Ispitati menadžere o razvoju neuronavigacijskih robotskih sustava u medicini, o inženjerima koji se bave osmišljavanjem i proizvodnjom medicinskih robota; odnosno ispitati njihov stav o tome jesu li hrvatski inženjeri proaktivni i inovativni u razvoju medicinskih robotskih sustava; te ulažu li hrvatski inženjeri u razvoj medicinskih robotskih sustava i vide li razvoj medicinskih robotskih sustava kao prioritet.

Ispitati menadžere o stvaranju novih robotskih sustava u medicini, provjeriti postoje li razlike u stavovima menadžera o stvaranju novih robotskih sustava u medicini i o hrvatskim inženjerima koji se bave njihovim dizajniranjem i proizvodnjom, ovisno o spolu i gospodarskoj djelatnosti u kojoj sudionici ostvaruju većinu prihoda.

5.1. Metodologija

Prikupljanje podataka je obavljeno putem interneta, primjenom online-upitnika oblikovanog u *Google forms* alatu. Poziv za sudjelovanje u istraživanju odaslan je dijeljenjem poveznica građanima putem elektroničke pošte i putem društvenih mreža; pri čemu su sudionici zamoljeni da poveznicu prosljede poznanicima i objave na društvenim mrežama kojima imaju pristup.

Pristupu upitniku prethodila je uputa u kojoj su sudionici upoznati s ciljem istraživanja te im je zajamčena anonimnost i naglašena važnost iskrenosti pri odgovaranju. Objasnjeno im je i da se ispunjavanje upitnika smatra pristankom na sudjelovanje u istraživanju.

5.2. Struktura uzorka

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 121 ispitanik, pri čemu je 21 (17,36 %) bilo muškog, a 100 (82,64 %) ženskog roda. 17 (14,05 %) sudionika imalo je srednjoškolsko obrazovanje, njih 37 (30,58 %) završilo je višu školu, 59 (48,76 %) završilo je fakultet, a 8 (6,61 %) sudionika imalo je znanstveni magisterij ili doktorat. Većina sudionika (98; 80,99 %) bilo je zaposleno, dok je 23 (19,01 %) sudionika bilo nezaposleno.

Gospodarska grana u kojoj najveći broj sudionika (68; 56,2 %) ostvaruje većinu prihoda u zadnje tri godine jest djelatnost zdravstvene zaštite i socijalne skrbi, dok ostali sudionici većinu prihoda ostvaruju u ostalim gospodarskim granama (Tablica 1.).

Tablica 22. Deskriptivni statistički pokazatelji (frekvencije i postoci) za varijable spol, radni status, stupanj obrazovanja i gospodarska građana u kojoj sudionici ostvaruju većinu prihoda u zadnje 3 godine (N=121)

| VARIJABLA | | DESKRIPTIVNA STATISTIKA | |
|--|---|-------------------------|-------|
| | | <i>f</i> | % |
| Spol | muški | 21 | 17,36 |
| | ženski | 100 | 82,64 |
| Radni status | zaposleni | 98 | 80,99 |
| | nezaposleni | 23 | 19,01 |
| Stupanj obrazovanja | srednja škola | 17 | 14,05 |
| | viša škola | 37 | 30,58 |
| | fakultet | 59 | 48,76 |
| | znanstveni magisterij/doktorat | 8 | 6,61 |
| Gospodarska grana u kojoj sudionici ostvaruju većinu prihoda u zadnje 3 godine | poljoprivreda, šumarstvo, ribarstvo | 4 | 3,31 |
| | građevinarstvo | 3 | 2,48 |
| | stručne, znanstvene i tehničke djelatnosti | 8 | 6,61 |
| | administrativne i pomoćne uslužne djelatnosti | 6 | 4,96 |
| | financijske i druge usluge | 8 | 6,61 |
| | računalno programiranje | 1 | 0,83 |
| | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 68 | 56,20 |
| | poslovanje nekretninama | 1 | 0,83 |
| | trgovina na veliko i malo | 6 | 4,96 |
| nešto drugo | 16 | 13,22 | |

5.3. Istraživački instrument

Posebno za potrebe ovog istraživanja dizajniran je anketni upitnik namijenjen ispitivanju menadžera o neuronavigacijskim robotskim sustavima i njihovoj primjeni u zdravstvenom sustavu. Anketni upitnik sadrži ukupno 20 pitanja, a namijenjeno je da ga ispunjavaju menadžeri različitih gospodarskih grana Republike Hrvatske.

Anketa se sastoji od 3 dijela. Prvi dio namijenjen je ispitivanju sociodemografskih podataka, a sastoji se od 4 čestice koje uključuju pitanja o rodu, obrazovanju, radnom statusu i gospodarskoj grani u kojoj ispitanici ostvaruju većinu prihoda u zadnje 3 godine.

Drugi dio ankete namijenjen je ispitivanju menadžera o učinkovitom korištenju financijskih resursa kako bi se primijenio robotski sustav koji se koristi u zdravstvu. Sastoji se od 5 čestica kojima se ispituju menadžeri o važnosti primjene robotskih sustava za povećanje broja operativnih zahvata u bolnicama; potrebnosti robotskih sustava u poslovima koji su preteški ili preopasni za zaposlenike na području medicine; vremenu u kojem će postati uobičajeno da roboti asistiraju liječnicima u medicinskim ustanovama Republike Hrvatske; te o utjecaju rasprostranjenosti medicinskih robota na unapređenje medicinskih usluga i na zaposlenost u zdravstvu.

Treći dio ankete namijenjen je ispitivanju menadžera o hrvatskim inženjerima i razvoju robotike koja se koristi u zdravstvenom sustavu. Sastoji se od 6 čestica kojima se ispituju menadžeri o liderstvu hrvatskih inženjera u razvoju robotskih sustava; aktivnosti razvijanja novih robotskih sustava; inovativnosti hrvatskih inženjera u razvoju robotskih sustava s primjenom u medicini; ulaganju hrvatskih inženjera u razvoj novih robotskih sustava s primjenom u medicini te o stavovima hrvatskih inženjera o tome smatraju li da su robotski sustavi ključ uspjeha poboljšanja medicinskih usluga u bolnicama.

Osim u demografskom dijelu upitnika, većina čestica je formulirana u obliku tvrdnji na koje je moguće dati odgovore izražene na ljestvici Likertovog tipa, pri čemu 1 znači „u potpunosti se ne slažem“, a 5 „u potpunosti se slažem“.

5.4. Cilj istraživanja

Ispitati stavove menadžera o primjeni neuronavigacijskih robotskih sustava u medicini i stavove menadžera o hrvatskim inženjerima koji se bave osmišljavanjem i proizvodnjom medicinskih robotskih sustava, te provjeriti postoje li razlike u navedenim stavovima ovisno o spolu i gospodarskoj djelatnosti u kojoj sudionici ostvaruju većinu prihoda.

5.5. Rezultati istraživanja

Rezultati provedenog istraživanja obrađeni su statističkim programom SPSS for Windows za osobna računala, verzija 23.0. U obradi su, uz osnovnu deskriptivnu statistiku, korišteni i odgovarajući parametrijski statistički postupci. Izračunata je deskriptivna statistika za sve varijable korištene u istraživanju, a kao deskriptivni statistički pokazatelji korištene su frekvencije i postoci te aritmetičke sredine i standardne devijacije. Za testiranje razlika između aritmetičkih sredina korištena je multivarijatna analiza varijance.

Prije same analize podataka, a u svrhu određivanja adekvatnih metoda obrade podataka, proveli smo testiranje normalnosti distribucija Kolmogorov-Smirnovljevim testom i Shapiro-Wilkovim testom.

Kolmogorov-Smirnovljevim testom i Shapiro-Wilkovim testom utvrđeno je da distribucije svih varijabli ispitivanih u istraživanju značajno odstupaju od normalne krivulje.

Budući da je utvrđeno da standardni postupci koji zahtijevaju normalitet distribucija daju neprihvatljive rezultate samo kada su pretpostavke parametrijske statistike narušene u ekstremnom stupnju, te da u drugim slučajevima ovi postupci daju točne rezultate unatoč tome što distribucije rezultata odstupaju od normalnih (Aron i Aron, 1994), u istraživanju smo koristili parametrijske analize.

Kline (2005) navodi da su ekstremna odstupanja ona prema kojima je Skewness veći od 3, a Kurtosis veći od 10. Iz tablice 23. je vidljivo da su odstupanja naših distribucija manja, te stoga omogućavaju korištenje parametrijskih postupaka.

Tablica 23. Prosječne vrijednosti, raspršenja i rezultati Kolmogorov-Smirnovljeva i Shapiro-Wilkovog testa za sve varijable koje se odnose na stavove menadžera o robotskim sustavima s primjenom u medicini, dobiveni na uzorku menadžera Republike Hrvatske (N=121)

| Varijabla | Deskriptivna statistika | | | | Kolmogorov-Smirnov (df=121) | | Shapiro-Wilk (df=121) | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | <i>m</i> <i>i</i> <i>n</i> | <i>m</i> <i>a</i> <i>x</i> | <i>Skewn</i> <i>ess</i> | <i>Kurto</i> <i>sis</i> | <i>Z</i> | <i>p</i> | <i>Z</i> | <i>p</i> |
| Primjena robotskih sustava je odlučujući čimbenik za povećanje broja operativnih zahvata u bolnicama | 1 | 5 | -,260 | -,169 | ,202 | <,01 | ,898 | <,01 |
| Robotski sustavi su potrebni, jer mogu raditi poslove koji su preteški ili preopasni za zaposlenike na području medicine | 1 | 5 | -,596 | -,220 | ,273 | <,01 | ,874 | <,01 |
| Široko rasprostranjena uporaba medicinskih robota povećava mogućnosti zapošljavanja u zdravstvu | 1 | 5 | ,373 | -,438 | ,239 | <,01 | ,892 | <,01 |
| Navedite kada će, prema Vašem mišljenju, postati uobičajeno da roboti asistiraju liječnicima u medicinskim ustanovama Republike Hrvatske | 1 | 5 | -,759 | ,132 | ,249 | <,01 | ,852 | <,01 |
| Roboti nisu tu da zamijene zaposlenike zdravstvenog sustava, nego da unaprijede medicinske usluge | 1 | 5 | -1,472 | 2,246 | ,261 | <,01 | ,760 | <,01 |

Tablica 24. Prosječne vrijednosti, raspršenja i rezultati Kolmogorov-Smirnovljeva i Shapiro-Wilkovog testa za sve varijable koje se odnose na stavove menadžera o hrvatskim inženjerima koji se bave dizajniranjem i proizvodnjom robotskih sustava s primjenom u medicini, dobiveni na uzorku menadžera Republike Hrvatske (N=121)

| Varijabla | Deskriptivna statistika | | | | Kolmogorov-Smirnov (df=121) | | Shapiro-Wilk (df=121) | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | <i>m</i> <i>i</i> <i>n</i> | <i>m</i> <i>a</i> <i>x</i> | <i>Skewn</i> <i>ess</i> | <i>Kurto</i> <i>sis</i> | <i>Z</i> | <i>p</i> | <i>Z</i> | <i>p</i> |
| Hrvatski inženjeri su lideri u razvoju robotskih sustava u području medicine | 1 | 5 | ,134 | -,074 | ,248 | <,01 | ,888 | <,01 |
| Hrvatski inženjeri aktivno razvijaju nove medicinske robotske sustave u okviru vlastitih financijskih mogućnosti | 1 | 5 | -,430 | ,544 | ,254 | <,01 | ,854 | <,01 |
| Hrvatski inženjeri smatraju da je uvođenje novih robotskih sustava ključ uspjeha poboljšanja medicinskih usluga u bolnicama | 1 | 5 | -,536 | 1,340 | ,279 | <,01 | ,825 | <,01 |
| Hrvatski inženjeri su u posljednje vrijeme lansirali nove robotske sustave s primjenom u medicini | 1 | 5 | ,210 | ,449 | ,309 | <,01 | ,832 | <,01 |
| Hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini | 1 | 5 | ,063 | -,130 | ,249 | <,01 | ,886 | <,01 |
| Hrvatski inženjeri puno ulažu u razvoj novih robotskih sustava s primjenom u medicini | 1 | 5 | ,036 | ,241 | ,270 | <,01 | ,878 | <,01 |

Nakon predanaliza i odabira odgovarajućih statističkih metoda obrade podataka, analizirani su rezultati istraživanja.

Rezultati su prikazani prema postavljenim problemima istraživanja.

Kako bi odgovorili na prvi problem ovog istraživanja, odnosno ispitali menadžere o učinkovitom korištenju financijskih resursa kako bi primijenili neuronavigacijski robotski sustav koji se koristi u medicini; odnosno o potrebnosti i važnosti primjene medicinskih robota u zdravstvenom sustavu, periodu u kojem smatraju da će roboti biti implementirani u zdravstveni sustav kao sastavni dio zdravstvenih usluga te o utjecaju njihove rasprostranjenosti na unapređenje medicinskih usluga i na zaposlenost u zdravstvu. U skladu sa navedenim izračunali smo deskriptivnu statistiku za sve varijable koje se odnose na stavove građana o robotskim sustavima s primjenom u medicini. Kao deskriptivni statistički pokazatelji korištene su frekvencije i postoci te aritmetičke sredine i standardne devijacije.

Tablica 25. Deskriptivna statistika, odnosno frekvencije i postoci odgovora sudionika te prosječne vrijednosti i raspršenja rezultata za sve varijable koje se odnose na stavove menadžera o robotskim sustavima s primjenom u medicini, dobiveni na uzorku menadžera Republike Hrvatske (N=121)

| VARIJABLA | STUPANJ SLAGANJA | DESKRIPTIVNA STATISTIKA | | | |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-------|----------|-----------|
| | | <i>f</i> | % | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Primjena robotskih sustava je odlučujući čimbenik za povećanje broja operativnih zahvata u bolnicama | u potpunosti se ne slažem | 4 | 3,31 | 3,34 | 3,954 |
| | ne slažem se | 17 | 14,05 | | |
| | niti se slažem, niti se ne slažem | 46 | 38,02 | | |
| | slažem se | 42 | 34,71 | | |
| | u potpunosti se slažem | 12 | 9,92 | | |
| Robotski sustavi su potrebni, jer mogu raditi poslove koji su preteški ili preopasni za zaposlenike na području medicine | u potpunosti se ne slažem | 3 | 2,48 | 3,64 | 1,015 |
| | ne slažem se | 16 | 13,22 | | |
| | niti se slažem, niti se ne slažem | 25 | 20,66 | | |
| | slažem se | 54 | 44,63 | | |
| Kada će, prema Vašem mišljenju, postati uobičajeno da roboti asistiraju liječnicima u medicinskim ustanovama Republike Hrvatske? | u potpunosti se slažem | 23 | 19,01 | 3,26 | 0,998 |
| | već je uobičajeno | 10 | 8,26 | | |
| | za 5 godina | 12 | 9,92 | | |
| | za 10 godina | 41 | 33,88 | | |
| | za više od 20 godina | 52 | 42,98 | | |
| Široko rasprostranjena uporaba medicinskih robota povećava mogućnosti zapošljavanja u zdravstvu | nikada | 6 | 4,96 | 2,70 | 0,997 |
| | u potpunosti se ne slažem | 10 | 8,26 | | |
| | ne slažem se | 48 | 39,67 | | |
| | niti se slažem, niti se ne slažem | 36 | 29,75 | | |
| | slažem se | 22 | 18,18 | | |
| Roboti nisu tu da zamijene zaposlenike zdravstvenog sustava, nego da unaprijede medicinske usluge | u potpunosti se slažem | 5 | 4,13 | 4,18 | 0,975 |
| | u potpunosti se ne slažem | 4 | 3,31 | | |
| | ne slažem se | 4 | 3,31 | | |
| | niti se slažem, niti se ne slažem | 12 | 9,92 | | |
| | slažem se | 47 | 38,84 | | |
| | u potpunosti se slažem | 54 | 44,63 | | |

Iz tablice 25. je vidljivo da se sudionici u prosjeku niti slažu niti ne slažu s time da je primjena robotskih sustava odlučujući čimbenik za povećanje broja operativnih zahvata u bolnicama. U prosjeku se uglavnom slažu da su robotski sustavi potrebni, jer mogu raditi poslove koji su preteški ili preopasni za zaposlenike na području medicine. U prosjeku procjenjuju da će za 10 godina postati uobičajeno da roboti asistiraju liječnicima u medicinskim ustanovama Republike Hrvatske. U prosjeku se niti slažu niti ne slažu s tima da je široko rasprostranjena uporaba medicinskih robota povećava mogućnosti zapošljavanja u zdravstvu. U prosjeku se uglavnom slažu da roboti nisu tu da zamijene zaposlenike zdravstvenog sustava, nego da unaprijede medicinske usluge.

Kako bi odgovorili na drugi problem ovog istraživanja, odnosno ispitali menadžere o razvoju neuronavigacijskih robotskih sustava u medicini, hrvatskim inženjerima koji se bave osmišljavanjem i proizvodnjom medicinskih robota; odnosno o aktivnosti, proaktivnosti, inovativnosti, prioritetnosti razvoja robotskih sustava te ulaganju hrvatskih inženjera u razvoj novih robotskih sustava s primjenom u medicini; izračunali smo deskriptivnu statistiku za sve varijable koje se odnose na stavove građana o hrvatskim inženjerima koji se bave dizajniranjem i proizvodnjom robotskih sustava s primjenom u medicini. Kao deskriptivni statistički pokazatelji korištene su frekvencije i postoci te aritmetičke sredine i standardne devijacije.

Tablica 26. Deskriptivna statistika, odnosno frekvencije i postoci odgovora sudionika te prosječne vrijednosti i raspršenja rezultata za sve varijable koje se odnose na stavove menadžera o hrvatskim inženjerima koji se bave dizajniranjem i proizvodnjom robotskih sustava s primjenom u medicini, dobiveni na uzorku menadžera Republike Hrvatske (N=121)

| VARIJABLA | STUPANJ SLAGANJA | DESKRIPTIVNA STATISTIKA | | | |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-------|----------|-----------|
| | | <i>f</i> | % | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Hrvatski inženjeri su lideri u razvoju robotskih sustava u području medicine | u potpunosti se ne slažem | 3 | 2,48 | 3,08 | 0,881 |
| | ne slažem se | 26 | 21,49 | | |
| | niti se slažem, niti se ne slažem | 57 | 47,11 | | |
| | slažem se | 28 | 23,14 | | |
| | u potpunosti se slažem | 7 | 5,79 | | |
| Hrvatski inženjeri aktivno razvijaju nove medicinske robotske sustave u okviru vlastitih financijskih mogućnosti | u potpunosti se ne slažem | 2 | 1,65 | 3,46 | 0,796 |
| | ne slažem se | 9 | 7,44 | | |
| | niti se slažem, niti se ne slažem | 49 | 40,50 | | |
| | slažem se | 53 | 43,80 | | |
| | u potpunosti se slažem | 8 | 6,61 | | |
| Hrvatski inženjeri smatraju da je uvođenje novih robotskih sustava | u potpunosti se ne slažem | 2 | 1,65 | 3,69 | 0,764 |
| | ne slažem se | 2 | 1,65 | | |
| | niti se slažem, niti se ne slažem | 42 | 34,71 | | |

| | | | | | |
|---|-------------------------------------|----|-------|------|-------|
| ključ uspjeha poboljšanja medicinskih usluga u bolnicama | slažem se | 61 | 50,41 | | |
| | u potpunosti se slažem | 14 | 11,57 | | |
| Hrvatski inženjeri su u posljednje vrijeme lansirali nove robotske sustave s primjenom u medicini | u potpunosti se ne slažem | 1 | 0,83 | | |
| | ne slažem se | 8 | 6,61 | | |
| | nit i se slažem, nit i se ne slažem | 66 | 54,55 | 3,37 | 0,754 |
| | slažem se u potpunosti se slažem | 37 | 30,58 | | |
| Hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini | u potpunosti se ne slažem | 2 | 1,65 | | |
| | ne slažem se | 20 | 16,53 | | |
| | nit i se slažem, nit i se ne slažem | 56 | 46,28 | 3,23 | 0,873 |
| | slažem se u potpunosti se slažem | 34 | 28,10 | | |
| Hrvatski inženjeri puno ulažu u razvoj novih robotskih sustava s primjenom u medicini | u potpunosti se ne slažem | 4 | 3,31 | | |
| | ne slažem se | 17 | 14,05 | | |
| | nit i se slažem, nit i se ne slažem | 62 | 51,24 | 3,19 | 0,897 |
| | slažem se u potpunosti se slažem | 28 | 23,14 | | |
| | | 10 | 8,26 | | |

Kao što možemo vidjeti iz tablice 26., sudionici se u prosjeku nit i slažu nit i ne slažu da su hrvatski inženjeri lideri u razvoju robotskih sustava u području medicine. U prosjeku se uglavnom slažu da hrvatski inženjeri aktivno razvijaju nove medicinske robotske sustave u okviru vlastitih financijskih mogućnosti te da hrvatski inženjeri smatraju da je uvođenje novih robotskih sustava ključ uspjeha poboljšanja medicinskih usluga u bolnicama. U prosjeku se nit i slažu nit i se slažu s time da su hrvatski inženjeri u posljednje vrijeme lansirali nove robotske sustave s primjenom u medicini; da hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini te da hrvatski inženjeri puno ulažu u razvoj novih robotskih sustava s primjenom u medicini.

Kako bi odgovorili na treći problem ovog istraživanja, odnosno ispitali menadžere o stvaranju novih robotskih sustava u medicini, provjeriti postoje li razlike u stavovima menadžera o stvaranju novih robotskih sustava u medicini i o hrvatskim inženjerima koji se bave njihovim dizajniranjem i proizvodnjom, ovisno o spolu i gospodarskoj djelatnosti u kojoj sudionici ostvaruju većinu prihoda izračunali smo multivarijatnu analizu varijance.

Tablica 27. Aritmetičke sredine i standardne devijacije rezultata dobivene na varijablama koje se odnose na stavove menadžera o robotskim sustavima s primjenom u medicini, te F-omjeri dobiveni analizom varijance i značajnosti razlika između muškaraca (N=21) i žena (N=100)

| VARIJABLA | SPOL | GOSPODARSKA GRANA | DESKRIPTIVNA STATISTIKA | | F-OMJERI I ZNAČAJNOSTI | | |
|-----------|-------|-------------------|-------------------------|-----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>F_{ip}</i> | <i>F_{ip}</i> | <i>F_{ip}</i> |
| Primjena | muški | djelatnosti | 3,71 | 1,254 | 6,885; | 1,212: | 0,015; |

| | | | | | | | |
|--|--------|---------------------------------------|------|-------|------------------------|---------------|---------------|
| robotskih sustava je odlučujući čimbenik za povećanje broja operativnih zahvata u bolnicama | ženski | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | | | <i>p</i> <0,01 | <i>p</i> >,05 | <i>p</i> >,05 |
| | | ostale djelatnosti | 4,00 | ,679 | | | |
| | | ukupno muški | 3,90 | ,889 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,13 | 0,939 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,36 | 0,903 | | | |
| | ukupno | ukupno žene | 3,22 | 0,927 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,19 | 0,981 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,53 | 0,890 | | | |
| | | ukupno cijeli uzorak | 3,34 | 0,954 | | | |
| | muški | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 4,14 | 1,069 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 4,14 | 0,663 | | | |
| Robotski sustavi su potrebni, jer mogu raditi poslove koji su preteški ili preopasni za zaposlenike na području medicine | ženski | ukupno muški | 4,14 | 0,793 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,41 | ,990 | 5,099; | 0,443: | 0,443; |
| | | ostale djelatnosti | 3,74 | 1,069 | <i>p</i><,05 | <i>p</i> >,05 | <i>p</i> >,05 |
| | ukupno | ukupno žene | 3,54 | 1,029 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,49 | 1,015 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,85 | 0,988 | | | |
| | | ukupno uzorak | 3,64 | 1,015 | | | |
| | muški | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 2,86 | 1,345 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,21 | 1,122 | | | |
| Široko rasprostranjena uporaba medicinskih robota povećava mogućnosti zapošljavanja u zdravstvu | ženski | ukupno muški | 3,10 | 1,179 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 2,56 | 0,940 | 2,534; | 1,072: | 0,154; |
| | | ostale djelatnosti | 2,72 | 0,944 | <i>p</i> >,05 | <i>p</i> >,05 | <i>p</i> >,05 |
| | ukupno | ukupno žene | 2,62 | 0,940 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 2,59 | 0,981 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 2,85 | 1,008 | | | |
| | | ukupno uzorak | 2,70 | ,997 | | | |
| Navedite kada | muški | djelatnosti | 4,14 | 0,690 | 5,358; | 3,487; | |

| | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| će, prema Vašem mišljenju, postati uobičajeno da roboti asistiraju liječnicima u medicinskim ustanovama Republike Hrvatske | ženski | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | | | <i>p</i> <,05 | <i>p</i> >,05 | 1,667; <i>p</i> >,05 |
| | | ostale djelatnosti | 3,36 | 1,151 | | | |
| | | ukupno muški | 3,62 | 1,071 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,25 | 0,977 | | | |
| | ukupno | ostale djelatnosti | 3,10 | 0,968 | | | |
| | | ukupno žene | 3,19 | 0,971 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,34 | 0,987 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,17 | 1,014 | | | |
| | | ukupno uzorak | 3,26 | 0,998 | | | |
| Roboti nisu tu da zamijene zaposlenike zdravstvenog sustava, nego da unaprijede medicinske usluge | muški | djelatnosti | | | | | |
| | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 4,71 | 0,488 | | | | |
| | ostale djelatnosti | 4,29 | 1,069 | | | | |
| | ukupno muški | 4,43 | 0,926 | | | | |
| | ženski | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 4,02 | 1,088 | 1,903; <i>p</i> >,05 | 0,078; <i>p</i> >,05 | 2,159; <i>p</i> >,05 |
| | | ostale djelatnosti | 4,31 | 0,766 | | | |
| | ukupno | ukupno žene | 4,13 | 0,981 | | | |
| | | djelatnosti | | | | | |
| | | zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 4,09 | 1,061 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 4,30 | 0,845 | | | |
| | | ukupno uzorak | 4,18 | 0,975 | | | |

Iz tablice 27. možemo vidjeti da postoje značajne spolne razlike između menadžera o tome da je primjena robotskih sustava odlučujući čimbenik za povećanje broja operativnih zahvata u bolnicama ($F(3)= 6,885$; $p<0,01$) i o tome da su robotski sustavi potrebni, jer mogu raditi poslove koji su preteški ili preopasni za zaposlenike na području medicine ($F(3)= 5,099$; $p<,05$). Sudionici se slažu da menadžeri učinkovito koriste financijske resurse za stvaranje novih robota u medicini. Muškarci se u prosjeku više slažu od žena da je primjena robotskih sustava odlučujući čimbenik za povećanje broja operativnih zahvata u bolnicama i da su robotski sustavi potrebni, jer mogu raditi poslove koji su preteški ili preopasni za zaposlenike na području medicine.

Također, postoje značajne spolne razlike u procjeni perioda u kojem će postati uobičajeno da roboti asistiraju liječnicima u medicinskim ustanovama Republike Hrvatske ($F(3)= 5,358$; $p<,05$). Muškarci u prosjeku smatraju da će postati uobičajeno da roboti asistiraju liječnicima u medicinskim ustanovama Republike Hrvatske za 10 godina, dok žene smatraju da će to biti za 5 godina.

Nisu pronađene niti razlike ovisne o gospodarskoj grani u kojoj sudionici ostvaruju najviše prihoda niti na jednoj varijabli koja se odnosi na menadžersku učinkovitost korištenja financija za robotskim sustavima s primjenom u medicini; kao što nisu pronađene niti značajne interakcije između spola i gospodarske grane na navedenim varijablama.

Tablica 28. Aritmetičke sredine i standardne devijacije rezultata dobivene na varijablama koje se odnose na stavove menadžera o hrvatskim inženjerima koji se bave dizajniranjem i proizvodnjom robotskih sustava s primjenom u medicini, te F-omjeri dobiveni analizom varijance i značajnosti razlika između muškaraca ($N=21$) i žena ($N=100$)

| VARIJABLA | SPOL | GOSPODARSKA GRANA | DESKRIPTIVNA STATISTIKA | | F-OMJERI I ZNAČAJNOSTI | | |
|---|--------|---|-------------------------|-----------|------------------------|----------|----------|
| | | | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | <i>p</i> |
| Hrvatski inženjeri su lideri u razvoju robotskih sustava u području medicine | muški | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 2,86 | 1,069 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 2,79 | ,579 | | | |
| | | Total | 2,81 | ,750 | | | |
| | ženski | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,13 | ,885 | 2,063; | 0,012; | 0,044; |
| | | ostale djelatnosti | 3,15 | ,933 | $p>,05$ | $p>,05$ | $p>,05$ |
| | | Total | 3,14 | ,899 | | | |
| | Total | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,10 | ,900 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,06 | ,864 | | | |
| | | Total | 3,08 | ,881 | | | |
| | | | | | | | |
| Hrvatski inženjeri aktivno razvijaju nove medicinske robotske sustave u okviru vlastitih financijskih | muški | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,71 | 1,113 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,50 | ,650 | 0,760; | 0,564; | 0,092; |
| | | Total | 3,57 | ,811 | $p>,05$ | $p>,05$ | $p>,05$ |
| | ženski | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,48 | ,829 | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|------|-------------------------|---|---|--|
| mogućnosti | Total | ostale djelatnosti | 3,38 | ,747 | | | | |
| | | Total | 3,44 | ,795 | | | | |
| | | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,50 | ,855 | | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,42 | ,719 | | | | |
| | | Total | 3,46 | ,796 | | | | |
| Hrvatski inženjeri smatraju da je uvođenje novih robotskih sustava ključ uspjeha poboljšanja medicinskih usluga u bolnicama | muški | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,71 | ,756 | | | | |
| | ženski | ostale djelatnosti | 3,93 | ,616 | | | | |
| | | Total | 3,86 | ,655 | | | | |
| | Total | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,64 | ,797 | 0,750; <i>p</i> >,05 | 0,386; <i>p</i> >,05 | 0,231; <i>p</i> >,05 | |
| | | ostale djelatnosti | 3,67 | ,772 | | | | |
| | | Total | 3,65 | ,783 | | | | |
| | | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,65 | ,787 | | | | |
| | | | ostale djelatnosti | 3,74 | ,738 | | | |
| | | | Total | 3,69 | ,764 | | | |
| | Hrvatski inženjeri su u posljednje vrijeme lansirali nove robotske sustave s primjenom u medicini | muški | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,57 | ,787 | | | |
| ženski | | ostale djelatnosti | 3,21 | ,802 | | | | |
| | | Total | 3,33 | ,796 | | | | |
| Total | | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,41 | ,783 | 0,012; <i>p</i> >,05 | 1,272; <i>p</i> >,05 | 0,533; <i>p</i> >,05 | |
| | | ostale djelatnosti | 3,33 | ,701 | | | | |
| | | Total | 3,38 | ,749 | | | | |
| | | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,43 | ,779 | | | | |
| | | | ostale djelatnosti | 3,30 | ,723 | | | |
| | | | Total | 3,37 | ,754 | | | |
| Hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini | | muški | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,57 | 1,134 | | | |
| | ženski | ostale djelatnosti | 2,57 | ,756 | 1,102; <i>p</i> >,05 | 5,750; <i>p</i><,05 | 5,112; <i>p</i><,05 | |
| | | Total | 2,90 | ,995 | | | | |
| | Total | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,31 | ,886 | | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,28 | ,759 | | | | |

| | | | | | | | |
|--|--------|---|------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Total | Total djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,30 | ,835 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,34 | ,908 | | | |
| | | Total | 3,09 | ,815 | | | |
| | | Total | 3,23 | ,873 | | | |
| | muški | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,29 | 1,254 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 2,79 | ,893 | | | |
| | | Total | 2,95 | 1,024 | | | |
| Hrvatski inženjeri puno ulažu u razvoj novih robotskih sustava s primjenom u medicini | ženski | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,23 | ,920 | 0,834; $p>,05$ | 1,087; $p>,05$ | 1,348; $p>,05$ |
| | | ostale djelatnosti | 3,26 | ,785 | | | |
| | | Total | 3,24 | ,866 | | | |
| | Total | djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi | 3,24 | ,948 | | | |
| | | ostale djelatnosti | 3,13 | ,833 | | | |
| | | Total | 3,19 | ,897 | | | |

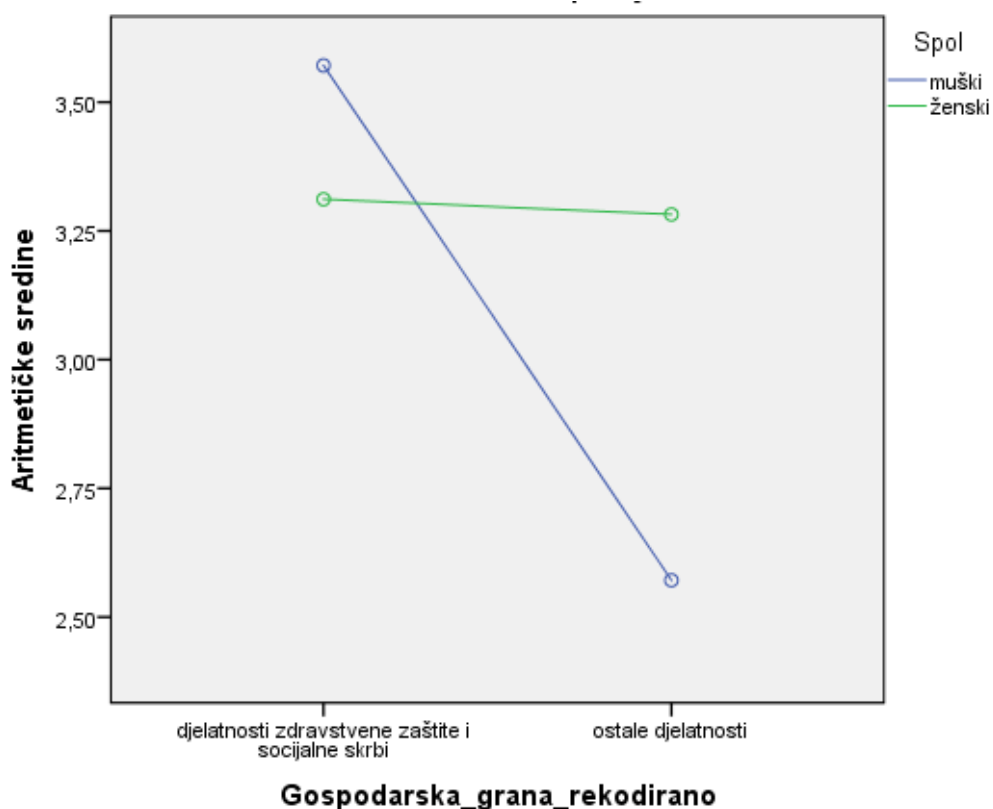
Iz tablice 28. vidimo da postoji statistički značajna razlika ovisna o gospodarskoj grani u kojoj sudionici ostvaruju najviše prihoda, u stavu o tome da hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini ($F(3)= 5,750$; $p<,05$). Osobe koje najviše prihoda ostvaruju u djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi značajno se češće slažu da hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini, u odnosu na osobe koje najviše prihoda ostvaruju u ostalim djelatnostima.

Također, postoji značajna interakcija između spola i gospodarske grane na istoj varijabli ($F(3)= 5,112$; $p<,05$). Interakcija je prikazana na grafičkom prikazu 1. Kao što vidimo iz tablice 7. i iz grafa 1., žene koje ostvaruju najviše prihoda u gospodarskoj grani zdravstvene zaštite i socijalne skrbi se ne razlikuju statistički značajno od žena koje ostvaruju najviše prihoda u ostalim djelatnostima, u stavu o tome da hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini. S druge strane, muškarci koji ostvaruju najviše prihoda u gospodarskoj grani zdravstvene zaštite i socijalne skrbi statistički značajno se razlikuju od muškaraca koji najviše prihoda ostvaruju u ostalim djelatnostima, u stavu o tome da hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom

u medicini. Muškarci koji ostvaruju najviše prihoda u gospodarskoj grani zdravstvene zaštite i socijalne skrbi značajno se češće slažu (u prosjeku se uglavnom slažu) da Hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini, od muškaraca koji najviše prihoda ostvaruju u ostalim gospodarskim djelatnostima (u prosjeku se niti slažu niti ne slažu).

Nisu pronađene statistički značajne razlike niti na jednoj drugoj varijabli koja se odnosi na stavove menadžera o hrvatskim inženjerima koji se bave dizajniranjem i proizvodnjom robotskih sustava s primjenom u medicini, ovisne o spolu niti ovisne o gospodarskoj grani, kao niti značajne interakcije između spola i gospodarske grane.

Graf 2. Interakcija dobivena na varijabli „Hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini“.



6. Zaključak

Mobilna robotika sve se više primjenjuje u zdravstvenom sustavu. Pregledom primjene, razvoja i proizvodnje robotskih sustava, uvidom u različite znanstvene radove, publikacije, istraživanja i drugu literaturu, te temeljem rezultata dobivenih statističkom analizom zaključuje se da primjena i razvoj mobilnih robota pozitivno utječe na rad u zdravstvenom sustavu Republike Hrvatske.

Postoji rastući trend primjene robotičkih sustava u različitim aspektima medicinske prakse zbog brojnih prednosti koje pružaju. Robot Ronna veliki je iskorak hrvatske znanosti. Istraživanjima u projektu RONNA (Robotska neuronavigacija) razvijen je robotizirani sustav za stereotaktičku navigaciju s primjenom u neurokirurgiji. U lipnju 2018. godine robotski sustav Ronna je nagrađen za najbolju inovaciju i integraciju na 11. Hamlyn simpoziju medicinske robotike, u organizaciji Imperial College London. Ciljevi projekta Ronna su unaprijediti postupak stereotaktičke navigacije pomoću robotske tehnologije, povezujući digitalne snimke pacijenta, računalni plan neurokirurške operacije i upravljački sustav robotske platforme. Glavne prednosti uvođenja industrijskih robota u medicinske robotske sustave su niži troškovi i ukupna cijena sustava.

Nakon provedene analize čiji je cilj bio odgovoriti na prvo istraživačko pitanje IP1, ispitati menadžere o primjeni neuronavigacijskih robotskih sustava u medicini; odnosno ispitati ih koriste li učinkovito financijske resurse za primjenu robotskih sustava u medicini, Jednako tako, što misle kada će roboti biti implementirani u zdravstveni sustav kao sastavni dio zdravstvenih usluga te njihov stav o utjecaju rasprostranjenosti robotskih sustava u medicini za unapređenje medicinskih usluga i na zaposlenost u zdravstvu. Iz tablice 2. je vidljivo da se sudionici u prosjeku slažu da menadžeri učinkovito koriste financijske resurse za primjenu robota u medicini. Nadalje, niti slažu niti ne slažu s time da je primjena robotskih sustava odlučujući čimbenik za povećanje broja operativnih zahvata u bolnicama. U prosjeku se uglavnom slažu da su robotski sustavi potrebni, jer mogu raditi poslove koji su preteški ili preopasni za zaposlenike na području medicine. U prosjeku procjenjuju da će za 10 godina postati uobičajeno da roboti asistiraju liječnicima u medicinskim ustanovama Republike Hrvatske. U prosjeku se niti slažu niti ne slažu s tima da je široko rasprostranjena uporaba medicinskih robota povećava mogućnosti zapošljavanja u zdravstvu. U prosjeku se uglavnom slažu da roboti nisu tu da zamijene zaposlenike zdravstvenog sustava, nego da unaprijede

medicinske usluge, gdje je dobivena vrijednost $p=0,1$ čime je potvrđena hipoteza 1 (Menadžeri učinkovito koriste financijske resurse za primjenu robota u medicini).

Drugo istraživačko pitanje IP2, treba utvrditi koriste li menadžeri učinkovito financijske resurse za razvoj robota u medicini. Ispitali smo menadžere o razvoju neuronavigacijskih robotskih sustava u medicini, o inženjerima koji se bave osmišljavanjem i proizvodnjom medicinskih robota. Također, ispitali smo menadžere o tome jesu li hrvatski inženjeri proaktivni i inovativni u razvoju medicinskih robotskih sustava; te što misle ulažu li hrvatski inženjeri u razvoj medicinskih robotskih sustava i vide li razvoj medicinskih robotskih sustava kao prioritet. Kao što možemo vidjeti iz tablice 3., sudionici se u prosjeku niti slažu niti ne slažu da su hrvatski inženjeri lideri u razvoju robotskih sustava u području medicine. U prosjeku se uglavnom slažu da hrvatski inženjeri aktivno razvijaju nove medicinske robotske sustave u okviru vlastitih financijskih mogućnosti te da hrvatski inženjeri smatraju da je uvođenje novih robotskih sustava ključ uspjeha poboljšanja medicinskih usluga u bolnicama. U prosjeku se niti slažu niti ne se slažu s time da su hrvatski inženjeri u posljednje vrijeme lansirali nove robotske sustave s primjenom u medicini; da hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini te da hrvatski inženjeri puno ulažu u razvoj novih robotskih sustava s primjenom u medicini. Kao statistički pokazatelji koristila se deskriptivna statistika, aritmetička sredina te standardna devijacija. Zaključeno je da je statistički model značajan, dobivena vrijednost je $p=0,88$ te je tako potvrđena hipoteza 2: Menadžeri učinkovito koriste financijske resurse za razvoj robota u medicini.

Treće istraživačko pitanje IP3 treba odgovoriti koriste li menadžeri učinkovito financijske resurse za stvaranje novih robota u medicini i o hrvatskim inženjerima koji se bave njihovim dizajniranjem i proizvodnjom, ovisne o spolu i gospodarskoj djelatnosti u kojoj sudionici ostvaruju većinu prihoda izračunali smo multivarijatnu analizu varijance. Iz tablice 7. vidimo da postoji statistički značajna razlika ovisna o gospodarskoj grani u kojoj sudionici ostvaruju najviše prihoda, u stavu menadžera o tome da hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini ($F(3)= 5,750$; $p<,05$). Osobe koje najviše prihoda ostvaruju u djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi značajno se češće slažu da hrvatski inženjeri često osmišljavaju nove inovativne robotske sustave s primjenom u medicini, u odnosu na osobe koje najviše prihoda ostvaruju u ostalim djelatnostima. Hipoteza 3 je potvrđena koja glasi da menadžeri učinkovito koriste financije kako bi razvili nove robote u medicini.

Iz prethodnih dijelova rada vidljivo je da u cijelom svijetu dolazi do rasta broja robota u medicini jer njihova primjena donosi mogućnost kraćeg oporavka pacijenta nakon operativnog zahvata, povećava mogućnost razvoja novih upravljačkih modela za djelovanje robota u neurokirurgiji, unaprjeđuje se postupak navigacije robotske tehnologije, povezujući digitalne snimke pacijenta, računalni plan neurokirurške operacije i upravljački sustav robota, stvaraju se nova tehnološka rješenja koja će omogućiti gospodarski rast, a koje odgovara na potrebe hrvatskog gospodarstva, unaprjeđuju se tehnološke i znanstvene razine Hrvatske u odnosu na razvijene zemlje, tj. unaprjeđenje konkurentne sposobnosti na tržištu medicinskih usluga, potiču se inovacije koje će postojeći sustav unaprijediti do stupnja u kojem će biti primjenjiv u medicinske svrhe i kao takav uvelike doprinijeti kvaliteti zdravstvenih usluga, potiču se inovacije koje će postojeći sustav unaprijediti za stvaranje proizvoda temeljenih na znanju i visokoj tehnologiji, potiče se komercijalizacija robota i kasniji ulaz na tržište sofisticirane medicinske tehnike uz financijsku potporu, umrežavaju se hrvatski znanstvenici tehničkih, medicinskih i ekonomskih sveučilišnih institucija kroz interdisciplinarne timove i njihovo povezivanje s poslovnim sektorom, povećavaju se istraživačke aktivnosti i kapacitet javnih učilišta kao rezultat investicija u potrebnu istraživačku opremu.

Ovaj rad pokazao je da neurokirurški roboti omogućuju brzu i učinkovitu primjenu. Neurokirurški roboti postali su konkurentni u odnosu na svjetsku medicinsku robotiku. Uz razvoj umjetne inteligencije roboti će biti asistenti u bilo kojoj sferi rada i tako olakšati poslove koje pojedinac samostalno nije u mogućnosti napraviti. Treba se dati prilika svakom novom postignuću koje će uvelike doprinijeti rastu i razvoju struke, države općenito i samom pojedincu. S ekonomske strane isplati se ulagati u nove sustave poslovanja, iako su oni jako skupi. S godinama, ekonomičnost i profitabilnost poduzeća raste. Investiranje u novi robotski sustav pokazuje tendenciju porasta marže profita. Rentabilnost imovine za promatrano razdoblje ostvaruje visoke stope, što dovodi do tendencije povećanja rentabilnosti imovine. Zaključno, menadžeri učinkovito koriste financije za primjenu, razvoj i stvaranje novih robota u medicini.

Literatura

1. Abedin-Nasab, M. (Ed.). (2019). Handbook of robotic and image-guided surgery. Elsevier.
2. Aron, A. and Aron, E. N. (1994). Statistics for psychology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
3. Bucić, D. (2016). Financijska analiza poslovanja odabranih trgovinskih poduzeća putem financijskih pokazatelja (Doctoral dissertation, University of Split. Faculty of economics Split).
4. Dečman, N. (2012). Financijski izvještaji kao podloga za ocjenu sigurnosti i uspješnosti poslovanja malih i srednjih poduzeća u Republici Hrvatskoj. *Ekonomski pregled*, 63(7-8), 446-467.
5. Drobilo, L. (2012). Unapređenje apsolutne točnosti robotske ruke (Doctoral dissertation, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje).
6. Filipović, I. (2019). Analiza točnosti pozicioniranja neurokirurškog robota (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture).
7. Jerbić, B., Švaco, M., Chudy, D., Šekoranja, B., Šuligoj, F., Vidaković, J., ... & Stiperski, I. (2020). RONNA G4—Robotic Neuronavigation: A Novel Robotic Navigation Device for Stereotactic Neurosurgery. In *Handbook of Robotic and Image-Guided Surgery* (pp. 599-625). Elsevier.
8. Jerbić, B., Šuligoj, F., Švaco, M., & Šekoranja, B. (2015). Robot assisted 3D point cloud object registration. *Procedia Engineering*, 100, 847-852.
9. Koren, P. (2017). Usporedba primjenjivosti standardnih industrijskih robota u neurokirurgiji (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture).
10. Lipnjak, G. (2020). Robotika u funkciji zaštite zdravlja na radu. *Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini*, 62(2), 93-126.
11. Magjarević, R., Jerbić, B., Cifrek, M., Udiljak, T., & Jurčević Lulić, T. (2019). Razvoj biomedicinskog inženjerstva u Hrvatskoj. *Annual of the Croatian Academy of Engineering*, 2019(1), 268-291.
12. Nikolić, G. (2016). Robotska edukacija: „Robotska pismenost “ante portas?”. *Andragoški glasnik: Glasilo Hrvatskog andragoškog društva*, 25-57.
13. Nikolić, G. (2015). Razvoj robota i promjene koje oni donose. *Polytechnic and design*, 3(3), 326-339.
14. Nikolić, G. (2018). Je li industrija 5.0 odgovor na industriju 4.0 ili njen nastavak?. *Polytechnic and design*, 6(2), 1-8.
15. Nikolić, G. (2018). Roboti u medicini. *Ljetopis...(Akademije medicinskih znanosti Hrvatske)*, 16(1), 60-65.

16. Nikolić, G. (2014). Nove tehnologije donose promjene. *Andragoški glasnik: Glasilo Hrvatskog andragoškog društva*, 25-42.
17. Nikolić, G. (2019). DEVELOPMENT OF ROBOT MOVEMENT. *Polytechnic and design*, 7(3), 206-210.
18. Nikolić, G., Jerbic, B., & Chudy, D. (2013). Robotic applications in surgery with special emphasis on applications in neurosurgery. *DAAAM International Scientific Book*, 149-173.
19. Nikolić, G. (2016). Medicina-perspektivno područje primjene robotike. *Polytechnic and design*, 4(3), 208-224.
20. Paušić, V., Jovanović, G., & Šimić, S. (2021). Robotics IN Physical medicine and neurorehabilitation/Robotika u fizikalnoj medicini i neurorehabilitaciji. *Medicinski Pregled*, 74(1-4), 50-54.
21. Šekoranja, B., Bašić, D., Švaco, M., Šuligoj, F., & Jerbić, B. (2014). Human-robot interaction based on use of capacitive sensors. *Procedia Engineering*, 69, 464-468.
22. Šekoranja, B., Jerbić, B., & Šuligoj, F. (2015). Virtual surface for human-robot interaction. *Transactions of FAMENA*, 39(1), 53-64.
23. Šuligoj, F., Šekoranja, B., Švaco, M., & Jerbić, B. (2014). Object tracking with a multiagent robot system and a stereo vision camera. *Procedia Engineering*, 69, 968-973.
24. Šuligoj, F., Švaco, M., Jerbić, B., Šekoranja, B., & Vidaković, J. (2017). Automated marker localization in the planning phase of robotic neurosurgery. *IEEE Access*, 5, 12265-12274.
25. Šuligoj, F., Jerbić, B., Švaco, M., & Šekoranja, B. (2018). Fully automated point-based robotic neurosurgical patient registration procedure. *International Journal of Simulation Modelling*, 17(3), 458-471.
26. Šuligoj, F., Jerbić, B., Šekoranja, B., Vidaković, J., & Švaco, M. (2018). Influence of the localization strategy on the accuracy of a neurosurgical robot system. *Transactions of FAMENA*, 42(2), 27-38.
27. Švaco, M., Stiperski, I., Dlaka, D., Šuligoj, F., Jerbić, B., Chudy, D., & Raguž, M. (2020). Stereotactic Neuro-Navigation Phantom Designs: A Systematic Review. *Frontiers in neurobotics*, 14, 81.
28. Švaco, M., Šekoranja, B., & Jerbić, B. (2012). Industrial robotic system with adaptive control. *Procedia Computer Science*, 12, 164-169.
29. Švaco, M., Jerbić, B., & Šuligoj, F. (2014). Autonomous robot learning model based on visual interpretation of spatial structures. *Transactions of FAMENA*, 38(4), 13-28.
30. Švaco, M. (2015). Planiranje robotskog djelovanja zasnovano na tumačenju prostornih struktura (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture).
31. Švaco, M., Šekoranja, B., Šuligoj, F., & Jerbić, B. (2014). Calibration of an industrial robot using a stereo vision system. *Procedia Engineering*, 69, 459-463.

Životopis

Iva Štiglec rođena je 31. ožujka 1995. godine u Zagrebu. U razdoblju od 2002. do 2010. pohađala je Osnovnu školu Ante Kovačića, a nakon toga nastavlja srednjoškolsko obrazovanje u Gimnaziji Lucijana Vranjanina Zagreb gdje maturira 2014. godine. Nakon završene srednje škole upisuje preddiplomski studij Poslovanja i upravljanja, smjer: Menadžment uredskog poslovanja na Veleučilištu Baltazar Zapešić gdje je uspješno obranila završni rad 2017. godine. Nakon preddiplomskog studija upisuje specijalistički diplomski stručni studij Menadžment javnog sektora na Veleučilištu Baltazar Zapešić, te uspješno diplomira 2019. godine. Nakon studija radi na stručnom osposobljavanju za rad na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu od 4.12.2019. do 4.12.2020. godine. U rujnu 2020. godine upisuje diplomski sveučilišni studij Poslovna ekonomija i globalizacija na Libertas međunarodnom sveučilištu u Zagrebu. Tijekom studija aktivno radi na raznim studentskim poslovima u administraciji, računovodstvu, projektima i financijskim analizama poslovanja poduzeća. Aktivno se služi engleskim jezikom. Od kompetencija ima razvijene vještine rukovanja s Microsoft office alatima, te ima položen vozački ispit B kategorije.

Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Pregled industrijskih robota koji se koriste za neuronavigaciju od 2000. godine | 8 |
| Tablica 2. Prosječne vrijednosti, medijan, minimalne i maksimalne vrijednosti, kao i standardna devijacija TPE, EPE, kut na kosti, duljina putanje i trajanje operacije | 22 |
| Tablica 3. Glavne karakteristike robotskog sustava Ronna..... | 27 |
| Tablica 4. Bilanca poduzeća Passus d.o.o. | 28 |
| Tablica 5. Račun dobiti i gubitka poduzeća Passus d.o.o..... | 29 |
| Tablica 6. Bilanca troškova | 31 |
| Tablica 7. Pokazatelji profitabilnosti ulaganja u robotski sustav..... | 33 |
| Tablica 8. Pokazatelji aktivnosti nakon ulaganja u kupnju robotskog sustava..... | 34 |
| Tablica 9. Pokazatelji ekonomičnosti nakon ulaganja u kupnju robotskog sustava | 35 |
| Tablica 10. Pokazatelji likvidnosti nakon kupnje robotskog sustava..... | 36 |
| Tablica 11. Koeficijent ubrzane likvidnosti | 37 |
| Tablica 12. Koeficijent tekuće likvidnosti | 37 |
| Tablica 13. Koeficijent financijske stabilnosti | 37 |
| Tablica 14. Koeficijent obrta ukupne imovine | 38 |
| Tablica 15. Koeficijent obrta kratkotrajne imovine | 38 |
| Tablica 16. Ekonomičnost poslovanja | 38 |
| Tablica 17. Ekonomičnost prodaje | 38 |
| Tablica 18. Ekonomičnost financiranja..... | 39 |
| Tablica 19. Marža profita | 39 |
| Tablica 20. Rentabilnost imovine | 39 |
| Tablica 21. Rentabilnost vlastitog kapitala - glavnice | 39 |
| Tablica 22. Deskriptivni statistički pokazatelji (frekvencije i postoci) za varijable spol, radni status, stupanj obrazovanja i gospodarska građana u kojoj sudionici ostvaruju većinu prihoda u zadnje 3 godine (N=121) | 41 |
| Tablica 23. Prosječne vrijednosti, raspršenja i rezultati Kolmogorov-Smirnovljeva i Shapiro-Wilkovog testa za sve varijable koje se odnose na stavove menadžera o robotskim sustavima s primjenom u medicini, dobiveni na uzorku menadžera Republike Hrvatske (N=121) | 44 |
| Tablica 24. Prosječne vrijednosti, raspršenja i rezultati Kolmogorov-Smirnovljeva i Shapiro-Wilkovog testa za sve varijable koje se odnose na stavove menadžera o hrvatskim inženjerima koji se bave dizajniranjem i proizvodnjom robotskih sustava s primjenom u medicini, dobiveni na uzorku menadžera Republike Hrvatske (N=121)..... | 45 |
| Tablica 25. Deskriptivna statistika, odnosno frekvencije i postoci odgovora sudionika te prosječne vrijednosti i raspršenja rezultata za sve varijable koje se odnose na stavove menadžera o robotskim sustavima s primjenom u medicini, dobiveni na uzorku menadžera Republike Hrvatske (N=121) | 46 |

| | |
|--|----|
| Tablica 26. Deskriptivna statistika, odnosno frekvencije i postoci odgovora sudionika te prosječne vrijednosti i raspršenja rezultata za sve varijable koje se odnose na stavove menadžera o hrvatskim inženjerima koji se bave dizajniranjem i proizvodnjom robotskih sustava s primjenom u medicini, dobiveni na uzorku menadžera Republike Hrvatske (N=121) | 47 |
| Tablica 27. Aritmetičke sredine i standardne devijacije rezultata dobivene na varijablama koje se odnose na stavove menadžera o robotskim sustavima s primjenom u medicini, te F-omjeri dobiveni analizom varijance i značajnosti razlika između muškaraca (N=21) i žena (N=100)..... | 48 |
| Tablica 28. Aritmetičke sredine i standardne devijacije rezultata dobivene na varijablama koje se odnose na stavove menadžera o hrvatskim inženjerima koji se bave dizajniranjem i proizvodnjom robotskih sustava s primjenom u medicini, te F-omjeri dobiveni analizom varijance i značajnosti razlika između muškaraca (N=21) i žena (N=100)..... | 51 |

Popis slika

| | |
|--|---|
| Slika 1. Robot Ronna na odjelu neurokirurgije u KBC Zagreb | 5 |
|--|---|

Popis grafikona

| | |
|--|----|
| Graf 1. Interakcija između spola i gospodarske djelatnosti | 54 |
|--|----|

Libertas međunarodno sveučilište
IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, Iva Štiglec, svojim potpisom jamčim da je ovaj specijalistički diplomski rad, odnosno diplomski rad isključivo rezultat mojeg vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuje popis korištene literature.

Izjavljujem da niti jedan dio specijalističkog diplomskog rada, odnosno diplomskog rada nije prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

U Zagrebu, _____

Studentica:
