

Nastavno-naučnom veću Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Na redovnoj sednici Nastavno-naučnog veća Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 14.11.2017. godine, imenovana je Komisija u sastavu:

Prof. dr Predrag Nikolić, Stomatološki fakultet, Univerzitet u Beogradu,

Prof. dr Ivana Šćepan, Stomatološki fakultet, Univerzitet u Beogradu,

V. prof. dr Igor Budak, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu,

za ocenu završene doktorske disertacije pod nazivom **PRAĆENJE NIVELACIJE ZUBA POMOĆU 3D DIGITALNIH MODELA**

Kandidat: dr Nemanja Majstorović

Mentor: Prof. dr Branislav Glišić.

Imenovana Komisija je proučila doktorsku disertaciju i podnosi Nastavno-naučnom veću Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu sledeći

I Z V E Š T A J

Prikaz sadržaja doktorske disertacije

Doktorska disertacija dr Nemanje Majstorovića pod nazivom **PRAĆENJE NIVELACIJE ZUBA POMOĆU 3D DIGITALNIH MODELA** napisana je na 96 strana, uz prikaz 20 tabela, 41 slike i 170 referenci, najvećim delom iz časopisa sa SCI liste. Disertacija sadrži: abstrakt na srpskom i engleskom jeziku, uvod, stanje istraživanja u svetu, hipoteze istraživanja, ciljeve istraživanja, materijal i metod, rezultate, diskusiju, zaključak, buduća istraživanja, značenje pojmova i skraćenica, biografija autora i priloge. Literatura je data uz svako poglavlje.

Uvod opisuje osnovne elemente primene novih tehnologija u stomatologiji, posebno u ortodontiji. Ova teza se odnosi na ortodontiju, a nove tehnologije nalazi sve veću primenu za: CAD – 3D modeliranje zuba, vilica i ortodontskih aparata, CAE – modeliranje i proračunima napona i deformacija zuba i vilica, CAM – tehnološko projektovanje i proizvodnja bravica, RP – napredna tehnologija proizvodnje bravica, CAQ - modeliranje i obezbeđenju kvaliteta ortodontskih aparata, i najzad digitalna i "cloud" ortodontija. Za ove namene, danas se koriste problemski orijentisani CAD/CAM sistemi (OrthoCAD i drugi), kao i opšti CAD softveri za inženjerska modeliranja.

Autor je u ovim istraživanjima koristio oba prilaza, jer svaki od njih ima svojih dobrih strana i nedostataka, tako da se na današnjem nivou razvoja ove oblasti, ne može jednoznačno reći da je jedan bolji od drugog. Nivelacija zuba predstavlja praćenje i analizu slaganja zuba u

vilici prvih 6 do 8 meseci ortodontske terapije, pre svega u odnosu na okluzalnu ravan. Pri tome se prate i analiziraju ortodontski parametri po različitim osnovama, kao i oblik zubnog luka, što je u ovoj tezi i urađeno. Ovo poglavlje ima 16 referenci.

U poglavlju **Stanje istraživanja u svetu**, autor konstatuje da su 3D digitalni modeli (ili digitalni studijski modeli dobijeni skeniranjem gipsanih otisaka) sve zastupljeniji u svakodnevnoj ortodontskoj praksi. Njihove mnogobrojne prednosti čine to da se danas u razvijenim zemljama, oni koriste u svakoj trećoj ordinaciji, kao nova i napredna tehnologija. Oni se koriste ne samo u dijagnozi i donošenju plana ortodontske terapije, već i u praćenju faza iste, a za detaljne analize položaja svakog zuba posebno, odnosno njihovu nivelaciju, prvih 6 do 8 meseci terapije.

Ovde je analizirana relevantna literatura u svetu iz ove oblasti (ukupno 81 referenca), većina radovi iz časopisa sa SCI liste, kroz prizmu naučnog doprinosa autora napred navedenoj problematici, od 2000-te godine, kada su se pojavili prvi ozbiljni radovi iz ove oblasti, do danas. Iz ugla različite primene u ortodonciji, a posebno za nivelaciju zuba, 3D digitalni modeli se, prema analizi autora, koriste za: (a) praćenje i analizu teskobe/prostora u vilici pacijenta, vršenje prostornih analiza, Boltonov odnos, (b) određivanje oblika zubnog luka i njegovo modeliranje, određivanje PAR indeksa, (c) praćenje nivelacije zuba sa aspekta određivanja validnosti, tačnosti, ponovljivosti i pouzdanosti merenja na 3D digitalnim modelima, a u odnosu na konvencionalne (gipsane modele), i (d) analizu i sintezu pomeranja svakog zuba, tokom terapije, a naročito u fazi nivelacije, pri čemu ta pomeranja mogu da budu translacionog i rotacionog karaktera u prostoru. Ovaj prilaz obuhvata planiranje i praćenje ortodontske terapije. Takođe je vršena analiza poređenja tehnika uzimanja otisaka iz ugla konformnosti pacijenta i potrebnog vremena analize ortodontskih stanja.

Prva oblast, izuzetno važna u ortodonciji, jer ima velikog uticaja na estetski izgled pacijenta, a analiza prostora je kritičan korak u odluci ortodontske dijagnoze, kada treba utvrditi da li je ekstrakcija neophodna za ispravljanje teskobe, ili ne. Zaključak je da je veća tačnost svih parametara na 3D modelima, čime se povećava i tačnost Boltonove i ostalih analiza, kao i ostalih parametara kojima se prati i ocenjuje teskoba. Druga oblast ima dugu istoriju istraživanja u ortodonciji, a danas pomoću 3D digitalnih modela istraživači su dobili moćan alat za simulaciju i analizu kompleksnih matematičkih modela višestepenih jednačina, pomoću kojih se „opisuje“ zubni luk, izuzetno precizno. To čini novi i vrlo moćni alat ortodonta kliničara za njegov rad i istraživanja u praćenju i planiranju terapije. Treća oblast je izuzetno važna za analizu i sintezu zagrižaja i njegovih parametara u oblasti ortodoncije, a analizirana istraživanja pokazuju da su 3D modeli tačniji i imaju bolju ponovljivost merenja u odnosu na konvencionalne modele. Četvrta oblast, uslovno govoreći, obuhvata sve tri prethodne, jer samo uz 3D digitalne modele, a korišćenjem softvera opšte ili specijalne namene, mogu se vršiti analize pomeranja zuba u vilici u prostoru, dakle u sve tri ortodontske ravni, kako svakog zuba pojedinačno, tako i ukupnog zubnog niza. Autor konstatuje da će uskoro 3D digitalni model biti zlatni standard ortodontske prakse.

Hipoteze istraživanja predstavljaju naredno poglavlje, gde je autor definisao pet hipoteza, pomoću kojih se uspostavlja veza između ortodontskih parametara, definisanih na novi način i njihovog praćenja i analize na 3D modelima a za oblast nivelacije zuba. Najvažnije hipoteze su: (a) H3a - Moguće je definisati i pratiti ortodontske parametre na nov način (referentni geometrijski entiteti (RGE)), tako da je pomoću njih unapređen ABO (American Board of Orthodontics) metod određivanja koordinatnog sistema vilice, i (b) H3b - Na osnovu ovog prilaza se na nov način vrši praćenje i ocena stanja nivelacije zuba (t test).

Autor je njih, kao i ostale četiri hipoteze u izvršenim istraživanjima, kroz dobijene rezultate

potvrdio.

Ciljevi istraživanja su postavljeni u narednom poglavlju, a autor ih je definisao kao globalni i parcijalni. Globalni cilj je razvoj 3D digitalnog modela za praćenje nivelacije zuba, preko skupa ortodontskih parametara, definisanih pomoću referentnih geometrijskih entiteta (RGE), u koordinatnom sistemu definisanom na novi način u odnosu na ABO metod. Parcijalni ciljevi su dati kao: (a) dobijanje 3D digitalnog modela u .stl formatu, koji se može koristiti za razne analize na različitim hardversko-softverskim platformama (kao što su lap-top/tablet/note-book, Auto CAD, itd), (b) definisanje referentnih geometrijskih entiteta (RGE), njihova klasifikacija i primena, (c) definisanje ortodontskog koordinatnog sistema pomoću RGE, na novi način, (d) definisanje ortodontskih parametara za praćenje i analizu nivelacije zuba, njihova analiza i ocenjivanje, (e) određivanje tačnosti i ponovljivosti merenja skenera pomoću RGE, (f) definisanje funkcije zubnog luka, kao polinoma, od 3-ćeg do 8-og stepena (splajna), određivanje najtačnijeg oblika, shodno svakom pacijentu, kako tokom, tako i na kraju terapije, i (g) primena razvijenog modela u praksi, na realnim primerima, pacijentima iz prakse Klinike za ortopediju vilica Stomatološkog fakulteta u Beogradu. Svi navedeni ciljevi su u ovoj tezi realizovani.

U poglavlju **Materijal i Metode** prikazano je da je ovo retrospektivno istraživanje sprovedeno u periodu od juna 2013. godine do decembra 2016. godine na Klinici za ortopediju vilica Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno 155 pacijenata Klinike za ortopediju vilica Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, oba pola. Svi pacijenti su u terapiji koja obuhvata primenu fiksnih aparata, a ukupno je uzimano po min četiri otiska, i to: pre postavljanja aparata, nakon dva, četiri i šest meseci od početka terapije. Nakon obrade, skeniranje je obavljeno na 3D skenerima: Next Engine (Stomatološki fakultet, Beograd), Atos (Topomatika, Zagreb) i LazakSkan (Fakultet za strojništvo, Ljubljana). Dobijeni 3D modeli obrađeni su u programu GOM Inspect V8 (V8 Hotfix 6, Rev. 81431, a ortodontske analize i sinteze su vršene na Solid Works-u i Siemens PLM NX10 softveru. Pratila se nivelacija zuba, koja spada u prvu fazu terapije fiksnim aparatima, koja obuhvata: (a) nivelacija bravica, odnosno regulisanje vertikalnih odstupanja pojedinih zuba, (b) korekcija rotiranih zuba, (c) korekcija labio(buko) lingvalnih odstupanja zuba, i (d) uspravljanje zuba. Osnovni koraci u proceduri razvoja ovog istraživačkog koncepta nivelacije zuba za 3D model su: **A.** Definisanje globalnog ortodontskog koordinatnog sistema (GOKS) sa tri ravni: okluzalna, medijalna i tuber ravan (za gornju/donju vilicu): (a) X - osa je paralelna sa medijalnom ravni, koja deli model na dva jednaka dela, (b) Y- osa je paralelna sa tuber-ravni, koja dodiruje distalne strane prvih stalnih molara, (c) Z - osa je normalna na x-y ravan koju čine ove dve ose i paralelna je sa okluzalnom ravni; **B.** Definisanje lokalnog ortodontskog koordinatnog sistema (LOKS) sa tri ose : x_i , y_i i z_i za svaki zub posebno; **C.** Merenja ortodontskih parametara, definisanih pomoću geometrijskih entiteta (GE) u RGE – ukupno 54 parametra; **D.** Određivanje razlike u položajima $[(x_{i1}, y_{i1}, z_{i1}); (x_{i2}, y_{i2}, z_{i2})]$ anatomskih tačaka na zubima gornje i donje vilice u prostoru, između dve kontrole, pomoću globalnog / lokalnog koordinatnog sistema (RGE). Korišćenje t testa za utvrđivanje razlika parametara nivelacije za prvih/drugih šest meseci terapije; **E.** Sklapanje 3D modela donje/gornje vilice radi dobijanja tačaka okluzije (između dve kontrole) i njihova analiza; **F.** Određivanje preseka i analiza zubnog niza po – z osi, u ravni koja je paralelna sa okluzalnom ravni (između dve kontrole), pri čemu se dobijaju krive linije (preseci zuba – pomereni između dve kontrole), pomoću RGE. Određivanje i analiza zubnog luka.

Rezultate kliničkih ispitivanja autor je izložio dokumentovano i sistematično kroz tabele i slike uz odgovarajuće obrazloženje istih. Svi dobijeni rezultati su temeljno statistički obrađeni i pregledno prikazani, te su na taj način uverljivi i sadrže sve bitne elemente koji omogućavaju

proveru, reproduktibilnost i potvrdu postavljenih hipoteza. Rezultati su prikazani u šest odeljaka i to: (a) definisanje referentnih geometrijskih entiteta (osnovnih, izvedenih i anatomskih), (b) 3D personalna ortodontcija, (c) praćenje i pomeranje zuba u prostoru, (d) oblik zubnog luka, i (e) određivanje tačnosti i ponovljivosti merenja skenera.

Diskusija daje poređenje rezultata kandidatovog istraživanja sa rezultatima drugih autora, sistematično, za svaku grupu ispitivanja pojedinačno. Dati su pregledni podaci velikog broja studija i autor detaljno razmatra i tumači dobjene rezultate. Podaci iz literature koje je kandidat koristio su uverljivi, kritički odabrani i relevantni za upoređivanje sa dobijenim rezultatima istraživanja.

U prvom delu diskusije autor se bavi analizom definisanja ortodontskih parametara na novi način, razvijen u okviru ovih istraživanja (RGE), i postojećih prilaza. Ova analiza je izvršena za osnovne, izvedene i anatomske geometrijske entitete, pri čemu je pokazana prednost ovog prilaza u odnosu na ostala istraživanja.

U drugom delu, na primeru personalne e-ortodontcije statističkom analizom su pokazane različite varijacije za prvih 6 meseci terapije u odnosu na drugih 6 meseci, čime je potvrđena postavljena hipoteza za ovaj slučaj. Posebno se napominje da je izvršena statistička analiza za različite vremenske intervale (po dva, tri, četiri, pet i šest meseci), ali se pokazalo da je period od po 6 meseci relevantan za poređenje.

Koristeći postavljeni model RGE i unapređeni metod određivanja GOKS, urađena je analiza pomeranja u prostoru (translacija) anatomskih tačaka zuba, uzorka od 155 pacijenata, čime su dobijeni precizni rezultati (nivoa nekoliko mikrometara) pomeranja zuba u prostoru, a kasnije su isti korišćeni za analizu zagrižaja.

U sledećem koraku ove analize, koristeći rezultate iz prethodnog koraka, modeliranje zubnog luka pomoću splajna, od 3 do 8 stepena. Ovde je važno napomenuti da razvijeni model dozvoljava sledeće: da lekar ortodont predikuje, stepen splajna (oblik zubnog luka), na početku terapije, a prema planu lečenja pacijenta, ili da u svakoj kontroli proverava njegov stepen (oblik), a u zavisnosti od nivoa ostvarene nivelacije zuba. U svim fazama tretmana stomatolog ima tačnu informaciju na koji zub najviše da obrati pažnju jer mu je indikovana tačka (zub) sa maksimalnim odstupanjem od fitovane krive linije. Moguće je da je za nekog drugog pacijenta prikladniji splajn različitog stepena u odnosu na ovog pacijenta jer je to individualno (pol, godište, rasa ...), što je još jedna potvrda hipoteze o personalnoj e-ortodontciji. Sa druge strane može se izvršiti predikcija oblika zubnog luka, saglasno planu ortodonta terapeuta, što se ovim modelom može ostvariti.

Na kraju, izvršena je analiza ponovljivosti rezultata merenja na dva skenera, i potvrđena je postavljena hipoteza.

Kandidat je u ovom delu pokazao, zrelost kritičkog poređenja dobijenih rezultata u odnosu na istraživanja iz obimnog broja analiziranih referenci koje su ovim radom obuhvaćene.

Zaključci su izneti jasno i sažeto, navedeni po redosledu prikazanih rezultata. U prikazanih sedam zaključaka, može se reći da svi imaju naučni i klinički značaj, a posebno: (a) **mogućnosti za definisanje novog modela gnatometrijske analize**, jer se sada kao RGE mogu koristiti 12 različitih elemenata (tačka, prava, ravan, ... kriva površina), uključujući na primer posebno krive linije i krive površine, što je veliki izazov za ovu oblast (ortodontciju), koji daju velike mogućnosti (na primer praćenje promene položaja zuba u više-nivovskim presecima ili pod različitim uglovima, sve u zavisnosti od ortodontskog stanja pacijenta a u odnosu na globalni ortodontski koordinatni sistem (GOKS) vilice, (b) **unapređuje se postojeći model definisanja koordinatnih**

sistema, prema ABO modelu. U ovim istraživanjima definišemo GOKS, polazeći od preporuke ABO, ali i lokalni ortodontski koordinatni sistem (LOKS) (za svaki zub), što omogućuje dodatne analize ortodontskih parametara (u odnosu na zub koji je na primer imao najveća pomeranja, itd). Naravno, sve ovo, kao i analize u prethodnoj tački, se vrši u prostoru (3D), što preko RGE omogućuje dodatne dimenzione i uglovne analize (na primer ugao pomeranja ose zuba u odnosu na osu GOKS ili LOKS, itd), (c) **analiza ortodontskih parametara u tri ravni.** Dosadašnja istraživanja na 3D modelima su obuhvatila definisanje, merenje i analizu ortodontskih parametara za jednu ravan, po pravilu za x-y ravan. Naša analiza je obuhvatila ove analize u sve tri ravni, što je novi prilaz (tačka 6.4 teze). Šta se time dobija ? Pošto su zubi raspoređeni u prostoru, onda se tačniji rezultati analize njihovog položaja dobijaju kada se njihovo pomeranje posmatra takođe u prostoru duž tri ose (x,y,z), odnosno u tri ravni (x-y, y-z, z-x), što je u ovim istraživanjima i urađeno, i (d) **analiza nivelacije zuba kroz istraživanja oblika zubnog luka.** U oblasti nivelacije zuba u ravni x-y (okluzalna ravan), ovo je novi prilaz, primena splajna za analizu i opis oblika zubnog luka. I to omogućuju RGE iz klase krive linije, što je u tezi i urađeno. Pokazano je da splajn šestog stepena najbolje, sa aspekta lekara, ortodonta opisuje zubni luk.

U poglavlju **Buduća istraživanja**, kandidat je zaključio da će dalji razvoj 3D modeliranja omogućiti širenje njegove primene u ortodontici na: reverzno inženjerstvo, brzu izradu prototipa i 3D štampu.

Poglavlje **Značenje termina i skraćenica** je obuhvatilo 22 pojma/skraćenice ovog interdisciplinarnog istraživanja.

U poglavlju **Biografija** su dati lični podaci o obrazovanju i stručnom usavršavanju kandidata.

Poglavlje **Dodatci** sadrži pregled dela analiziranih modela čiji rezultati su prikazani u ovoj tezi.

Objavljeni radovi koji čine deo doktorske disertacije

1. N., Majstorović, S., Živković, B., Glišić, THE ADVANCED MODEL DEFINITION AND ANALYSIS OF ORTHODONTIC PARAMETERS ON 3D DIGITAL MODELS, Original article, Srpski arhiv za celokupno lekarstvo, 2017, 145 (1-2):49.57, [wwtpps://doi.org/10.2298/SARH151207011M](https://doi.org/10.2298/SARH151207011M), (M23 – IF 0.253). <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0370-8179/2017/0370-81791700011M.pdf>.
2. N., Majstorović, B. Glišić, S. Živković, DENTAL ARCH MONITORING BY SPLINES FITTING ERROR DURING ORTHODONTIC TREATMENT USING 3D DIGITAL MODELS, Original paper, Vojnosanitetski pregled (VSP), (M23 – IF 0.367). <http://www.vma.mod.gov.rs/sr-lat/vojnosanitetski-pregled/o-nama>. Accept for publication in 3/2018.
3. N., Majstorovic, Mačužić, J., Glisic, B., REFERENTIAL GEMETRICAL ENTITIES IN ORTHODONTICS ON 3D MODELS, Serbian Dental Journal, Vol. 61, No. 2, 2014, (M24). <http://www.stomglas.org.rs/index.htm>.
4. N., Majstorović, L. Čerče, D. Kramar, M. Soković, B. Glišić, V. Majstorović, S. Živković, EXAMINATION OF SCANNER PRECISION BY ANALYSING ORTHODONTIC PARAMETERS, Original paper, Balkan Journal of Dental Medicine, 2017; 21(1):32-34, ISSN 2335-0245; (M24), DOI 10.1515/bjdm-2017-0005, <http://balkandentaljournal.com/vol-21-issue-1/>.
5. N., Majstorović, B. Glišić, USING 3D MODELLING IN ORTHODONTICS PRACTICE,

European Orthodontic Society, 91st Congress of the European Orthodontic Society, Venice, 14th -18th June, 2015, (M34), (Poster presentation). <https://www.eoseurope.org/>.

Zaključak (obrazloženje naučnog doprinosa)

Posle proučavanja dostavljene doktorske disertacije doktora stomatologije Nemanje Majstorovića pod nazivom **PRAĆENJE NIVELACIJE ZUBA POMOĆU 3D DIGITALNIH MODELA** komisija u sastavu: Prof. dr Predrag Nikolić, Prof. dr Ivana Šćepan, Prof. dr Igor Budak, jednoglasno je donela sledeći zaključak:

U doktorskoj disertaciji dr Nemanje Majstorovića detaljno i sveobuhvatno je istražen problem od velikog značaja u savremenoj ortodontskoj praksi. Cilj rada je precizno definisan i ostvaren kroz rezultate istraživanja. Doktorska disertacija dr Nemanje Majstorovića pod nazivom **PRAĆENJE NIVELACIJE ZUBA POMOĆU 3D DIGITALNIH MODELA** je dobro urađena metodološki, precizno i objektivno, uz logično razmatranje i tumačenje rezultata, te stoga ispunjava zahteve kvalitetno urađene doktorske disertacije. Složenost i ozbiljnost ovog rada ogleda se u njegovoj multidisciplinarnosti jer predstavlja uspešnu sintezu istraživanja iz oblasti ortodoncije i 3D modeliranja. Značaj doktorske disertacije dr Nemanje Majstorovića predstavlja novi model definisanja, praćenja, analize i ocene ortodontskog stanja, sa aspekta nivelacije. Iz tog razloga rezultati ove disertacije daju značajan doprinos savremenoj ortodonciji. Komisija jednoglasno ocenjuje da predložena doktorska disertacija dr Nemanje Majstorovića u potpunosti ispunjava sve uslove i kriterijume za sticanje akademskog zvanja doktora nauka i sa zadovoljstvom predlaže Nastavno naučnom veću Stomatološkog fakulteta da prihvati ocenu i donese odluku o javnoj odbrani doktorske disertacije.

U Beogradu, 18.12. 2017. godine

Članovi Komisije:

Prof. dr Predrag Nikolić

Stomatološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Prof. dr Ivana Šćepan

Stomatološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

V. prof. dr Igor Budak

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu