



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA**

Vaiva Nekrošiūtė

**DANTŲ LANKO FORMOS ĮVERTINIMO METODO
PANAUDOJANT ERDVINIUS KOMPIUTERINIUS
MODELIUS SUKŪRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Rimas Adaškevičius

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

DANTŲ LANKO FORMOS ĮVERTINIMO METODO
PANAUDOJANT ERDVINIUS KOMPIUTERINIUS
MODELIUS SUKŪRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Ergonomika (kodas 621J92002)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Rimas Adaškevičius
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr.
(data)

Projektą atliko

(parašas) Vaiva Nekrošiūtė
(data)

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS INIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

Vaiva Nekrošiūtė

Ergonomika 621J92002

**Dantų lanko formos įvertinimo metodai panaudojant erdvinius
kompiuterinius modelius sukūrimas**

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Birželio 03 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Vaiva Nekrošiūtė** baigiamasis darbas tema „Dantų lanko formos įvertinimo metodai panaudojant erdvinius kompiuterinius modelius sukūrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(parašas)

(studento vardas, pavardė)

Nekrošiūtė, Vaiva. Baigiamojo projekto pavadinimas. Dantų lanko formos įvertinimo metodo panaudojant erdvinis kompiuterinius modelius baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Rimas Adaškevičius; Kauno technologijos universitetas, elektros ir elektronikos fakultetas, elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 48 psl.

SANTRAUKA

Šio magistrinio darbo tikslas – sukurti dantų lanko formos įvertinimo metodiką panaudojant dantų erdvinis kompiuterinius modelius.

Tam tikslui iš pradžių buvo išanalizuota literatūra, kurioje aiškinama, kas yra taisyklingas ir netaisyklingas dantų lankas, kai kyla problemų turint netaisyklingą sąkandį, ortodontai naudoja aparatus koreguodami netaisyklingumą, aptariama klasikinė dantų lanko geometrinių parametrų matavimo eiga, breketų pritaikymas dantų lanko formai. Pastebėta, kad ortodontai praktikai paprastai naudoja dvimačius vaizdus, nors pastaruoju metu yra išvystyta ir keletas technologijų, skirtų sukurti erdvinis kompiuterinius dantų modelius. Taip pat išanalizuoti jau žinomi egzistuojančių dantų lanko formos įvertinimo metodai.

Sukurtas dantų lanko formos įvertinimo metodikos aprašymas. Naudojant specialias programas surandamos atskiro danties gumburo koordinatės, kurios apskaičiuojamos erdvėje. Po to jos perkeliamos į dvimatę erdvę – suprojektuojamos į okliuzinę plokštumą, kurios padėtis erdvėje aprašoma panaudojant dantų gumburų koordinates, apskaičiuojant Beta funkcija ir polinomo regresinio modelius. O pakankamai tiksliai lygtis aprašo apskaičiuojant eksperimentinius duomenis, taikomas Fišerio kriterijus ir REZET testas.

Atliktas tyrimas su septynių pacientų dantų gipsiniais modeliais, pritaikant programą Dental3D. Vėliau naudojama programėlė d3dtotxt.txt, kurios duomenų bylą toliau skaičiuojama MATLAB programa. Naudojant MATLAB programą buvo parašytas programos kodas okliuzinei plokštumai nustatyti, taškų projekcijom į plokštumą. Nustatyta, kad polinomų funkcija yra tiksliausia naudoti apatiniai žandikauliui, viršutinio ir apatinio žandikaulio dantų lanko formai apibūdinti gerai tinka 4 eilės polinomo funkcija.

Reikšminiai žodžiai (iki 8 žodžių): Dantų lanko forma, okliuzinė plokštuma, Beta funkcija, regresijos modelis.

Nekrošiūtė, Vaiva. Final project title. Final project of Development of method for evaluation of dental arch form using 3D computer models / supervisor prof. dr. Rimas Adaškevičius; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical and Electronics.

Kaunas, 2015. 48 psl.

SUMMARY

The aim of this master thesis is to develop a method for assessing the dental arch form by using 3D dental computer models.

A description of the methodology assessing the shape of dental arch has been created. Using special programs, the coordinates of a separate tooth cusps were found, which were calculated in dimensional space. Later, they were transferred into two-dimensional space, i.e. projected on the occlusal plane, which position in space was described using the coordinates of dental cusps, calculating beta function and polynomial regression models. The received equation was described calculating the experimental data; therefore, Fisher's criterion and RESET test were applied.

A study was conducted using dental plaster models of seven patients and Dental3D software. Subsequently, the d3dtotxt.txt program was used, which data file was further calculated using MATLAB software. In order to determine an occlusal plane and projections of the points on the plane, a program has been written, using MATLAB software. It was found that polynomial function was more suitable for the lower jaw and beta function was more suitable for the upper jaw.

The study is carried out with plaster models of seven patients' teeth by applying software Dental3D. Later, application d3dtotxt.txt was used, and its data calculated with MATLAB software. A code was developed by the help of MATLAB software to establish occlusive plane, and point projections to the plane were conducted. It has been found, that the polynomial function is the most accurate to use for both mandibular and maxilar dental arch.

Keywords (up to 8 words): dental arch shape, dental arch, occlusive plane, Beta function, regression model.



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos

(Fakultetas)

Vaiva Nekrošiūtė

(Studento vardas, pavardė)

Ergonomika

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Birželio 03 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Vaivos Nekrošiūtės**, baigiamasis projektas tema „Dantų lanko formos įvertinimo metodai panaudojant erdvinius kompiuterinius modelius sukūrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Turinys

ĮVADAS	9
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	11
1.1. Dantys ir dantų lankas	11
1.2. Klasikinė dantų lanko geometrinių parametrų matavimo eiga	12
1.2.1. Dantų geometriniai matavimo būdai	13
1.3. Breketų pritaikymas dantų lanko formai.....	14
1.3.1. Breketų tvirtinimas prie dantų	15
1.4. Erdvinių modelių taikymo galimybės ortodontijoje	16
1.5. Egzistuojančių dantų lanko formos įvertinimo metodų analizė.....	16
2. METODINĖ DALIS	25
2.1. Dantų gumburų koordinacių aptikimas.....	25
2.2. Projektijos metodai.....	27
2.3. Okliuzinės plokštumos parametrų apskaičiavimas	28
2.4. Polinominė regresija.....	30
2.5. Modelių analizė.....	31
2.6. Fišerio kriterijaus panaudojamas tikrinant dviejų imčių dispersijų lygybę	33
2.7. RESET testas.....	34
3. TYRIMAS	36
3.1. Duomenų apdorojimas cftool įrankiu.....	39
IŠVADOS	44
LITERATŪROS SĄRAŠAS	45
PRIEDAI.....	47
1 PRIEDAS. Matlab programos kodas	47

Paveikslų turinys

1.1 pav. Taisyklingi nuolatiniai dantys viršutiniame dantų lanke [6].....	12
1.2 pav. Nuolatiniai dantys dešinėje pusėje apatiniame dantų lanke [6]	12
1.3 pav. Iš atspaudinio šaukšto neišimtas silikoninis atspaudas [7]	13
1.4 pav. Viršutinio ir apatinio dantų lankų gipsiniai modeliai [8].....	13
1.5 pav. Matavimai atliekami slankmačiu [9].....	14
1.6 pav. Metaliniai breketai [12].....	14
1.7 pav. Safyriniai breketai [12]	15
1.8 pav. Liežuviniai breketai [12].....	15
1.9 pav. Tarpo centras ir breketų pagrindo centras yra viename lygyje [11]	16
1.10 pav. Pavaizduoti meziodistalinių viršutinio ir apatinio dantų lanko dydžiai, skaitmeniniu metodu [19].....	17
1.11 pav. A paveikslėlyje pavaizduota kaip idealiai sutampa Beta funkcijos ir polinomo funkcijos taškai, o B paveikslėlyje matomas nesutapimas [21].....	19
1.12 pav. Ant dantų gipsinio modelio turi būti sužymėti būdingi dantų taškai, kurių koordinatės vėliau buvo nustatytos [22]	20
1.13 pav. Paveikslėlyje A – MicroScribe 3DX koordinatinė matavimo sistema; B – viršutinio žandikaulio dantų modelis ruošiamas skenavimui; C – viršutinio ir apatinio žandikaulio gipsiniai modeliai paruošti skenavimui [22].....	20
1.14 pav. Grafiškai pavaizduoti mažo, vidutinio ir didelio dydžio dantų lanko formos [23]...21	
1.15 pav. Vaizdo fiksavimo sistema: skaitmeninis fotoaparatas montuojamas tiesiai virš modelių, esančių ant plokščios platformos [24]	22
1.16 pav. Kiekvieno modelio skaitmeninis vaizdas pateikiamas 10 x 15 cm dydžiu [24]	22
1.17 pav. Dantų lanko formos aprašymas segmentais [26]	23
1.18 pav. Tyrime naudojami taškai [26].....	24
2.1 pav. Su programa Dental3D sužymėti gipsinio modelio taškai.....	25
2.2 pav. Command Prompt programos langas	26
2.3 pav. Gauti paciento atskirų dantų gumburų trijų (x , y , z) koordinačių duomenys	26
2.4 pav. Taškų projekcijų pavyzdžiai	27
2.5 pav. Fiksuojamos taškų, per kuriuos išvedama okliuzinė plokštuma.....	28
2.6 pav. Okliuzinės plokštumos erdvinis vaizdas	28
3.1 pav. Su programa Dental3D sužymėti dantis.....	36
3.2 pav. Su programa Dental3D gauta kreivė.....	37
3.3 pav. Gauti paciento atskirų dantų gumburo trijų (x , y , z) koordinačių duomenys	37
3.4 pav. Taškai per kuriuos išvedama plokštuma	38

3.5 pav. Cftool komandos langas	39
3.6 pav. Įsikėlus x ir y duomenis į cftool komandą.....	40
3.7 pav. Įkelti x , y taškai	40
3.8 pav. Pasirenkama polinomo eilė	41
3.9 pav. xp ir yp su papildomais taškais.....	42

IVADAS

Šiuolaikiniame pasaulyje iškrypę ir kreivi dantys niekam iš mūsų nesuteikia estetinio vaizdo, o tuo labiau teigiamų emocijų. Galime sakyti, kad ši išorinė problema yra kone labiausiai pastebima aplinkinių. Turėdami vidinius negalavimus, juos galime paslėpti nuo aplinkinių, tuo tarpu, kreivi dantys yra pastebimi visiems, su kuriais bendraujame. Tad kreivų dantų koregavimas ir jų sukandimo gydymas – pagrindas sveikatai ir grožiui. Nusišypsoję atskleidžiame, kad gerai jaučiamės, sudarome malonaus žmogaus įspūdį. Labai dažnai nutinka taip, kad bijome parodyti savo šypseną, nes kompleksuojame dėl kreivai išaugusių dantų. Šią problemą galime išspręsti moderniomis, šiuolaikinės odontologijos priemonėmis.

Yra labai daug ortodontinių problemų rūšių. Pačias paprasčiausias nesunkiai pastebi patys vaikai ar jų tėveliai. Tačiau yra tokių išimčių, kurias nustato tik specialistai. Tad konsultuotis pas gydytoją – ortodontą reikia ne tik tada, kai patys esame nepatenkinti savo išvaizda, bet profilaktiškai tai patartina visiems vaikams, sulaukusiems 8-13 metų. Būtent tuo metu itin aktyviai formuojasi vaikų žandikauliai. Laiku pastebėjus dydžio tarp abiejų žandikaulių ar padėties sutrikimus ir pritaikius atitinkamą ortodontinį gydymą, galima koreguoti beveik visas sąkandžio problemas. Ortodontas gydo bet kokios rūšies dantų kreivumą, dantų skaičiaus sutrikimus, veido asimetriją, be to, dantų tiesinimui praktiškai nėra amžiaus limito. Nors didesnę dalį ortodontinių pacientų sudaro vaikai ir paaugliai, tačiau vis daugėja ir suaugusių pacientų.

Problema: Viena iš pagrindinių problemų yra dantų dydis, susigrūdimas arba tarpai, kuriuos, paprastai, įvertinam rankiniu būdu naudojant gipsinius modelius. Tradiciškai, slankmačiu išmatuojami gipsinio modelio geometriniai parametrai. Pagrindinis tokio metodo trūkumas yra didelės laiko sąnaudos, reikalingos dantų ir dantų lanko geometrinių parametru įvertinimui. Dėl to labai nukenčia gydytojo darbo našumas. Šios problemos sprendimas yra vienas pagrindinių ergonomikos mokslo uždavinių.

Tam, kad suprojektuoti bet koki žmogui skirtą gaminį reikalinga atlikti jo antropometrinius tyrimus ir gautus rezultatus panaudoti gaminio projektavimui. Analogiškai, atliekant ortodontinį gydymą būtina atlikti dantų ir dantų lanko parametru matavimus, prognozuoti dantų lanko formą. Pagal tokius tyrimo rezultatus kiekvienam žmogui individualiai parenkami tinkami breketai. Metodikos, leidžiančios panaudoti antropometrinius

matmenis gaminių projektavimui arba parinkimui, sukūrimas taip pat ergonomikos mokslo uždavinys.

Vienas pagrindinių dantų lanko geometrinių parametrų yra dantų lanko forma. Jos žinojimas suteikia galimybę gydytojui – ortodontui tiksliai prognozuoti dantų lanko ilgį ir įvertinti esamų dantų susigrūdimo lygį. Šio projekto pagrindinis tikslas – sukurti dantų lanko formos įvertinimo metodiką panaudojant dantų erdvinius kompiuterinius modelius.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti dantų lanko formos įvertinimo metodų analizę.
2. Parinkti tinkamas dantų pločių ir gumburų erdvinių koordinačių įvertinimo programines priemones, skirtas erdvinių kompiuterinių modelių analizei.
3. Ištirti dantų lanko formos aproksimavimo polinomų funkcijomis galimybes, parinkti tinkamus būtų kompiuterinių modelių tikslumą ir stabilumą įvertinančius parametrus.
4. Sukurti dantų lanko formos prognozės algoritmą, ištirti jo tikslumą bei stabilumą palyginant prognostines kreives ir dantų lanko formas po gydymo.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Dantys ir dantų lankas

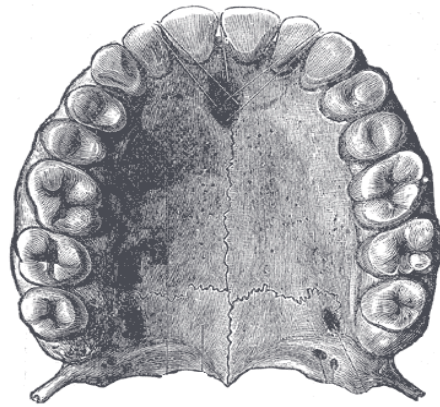
Dantų funkcija – kuo geriau susmulkinti maistą. Dantų gumburai, vagelės, duobelės, voleliai yra tokios formos, kuri leidžia atlikti kompleksą sudėtingų kramtymo judesių, išlaikant viršutinių ir apatinių dantų kontaktą. Abiejuose žandikauliuose išsidėstę dantys sudaro viršutinį ir apatinį dantų lankus. Viršutinis dantų lankas yra didesnis už apatinį. Jo dantys pasislinkę į lūpų pusę. Apatinio lanko dantys pakrypę į liežuvio pusę. Toks dantų išsidėstymas lemia normalų sukandimą – abiejų žandikaulių krūminiai dantys susiglaudžia kramtomaisiais paviršiais, o viršutinio žandikaulio priekiniai dantys užaina iš priekio ant apatinių. Dantų išsidėstymo pobūdį bei dantų ir smilkininių apatinio žandikaulio sąnarių anatominę formą lemia genetinis prisitaikymas prie maitinimosi įpročių. [2]

Lanko forma yra taisyklinga, kai sąkandis taisyklingas, viršutiniai dantys dengia apatinius, visi dantys kontaktuoja maksimaliai. Netaisyklingo sąkandžio atveju, dantys gali būti susigrūdę, susiformavusi netaisyklinga atskirų dantų grupių padėtis, netaisyklinga žandikaulių padėtis vienas kito arba kaukolės atžvilgiu. Kreivi dantys gali trukdyti kramtyti, valantis blogai išsivalo. Dantys gali pasikreipti, kramtant maistą galima jausti spaudimą dantenose [2]. Normalioje būsenoje dantų lanke, stebint dantis nuo priekinių link krūminių, gumburų aukštis ir atstumas tarp jų mažėja (ilties gumburas yra aukščiausias ir plačiausias) [3]. Nustatyta, kad artimųjų dantų kontaktų stiprumas priklauso nuo dantų tipo, padėties dantų lanke, kramtymo veiklos ir paros laiko[4].

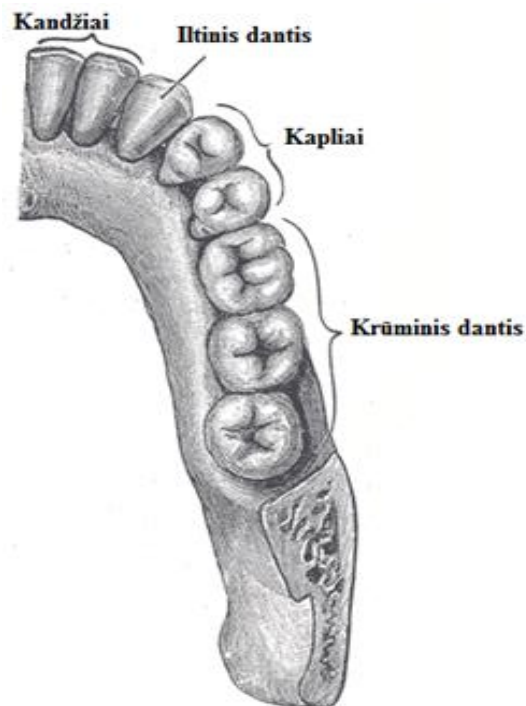
Netaisyklingo sąkandžio gydymas – juvelyriško tikslumo darbas. Ortodontų teigimu, netaisyklingą sąkandį įmanoma ištaisyti net senyvo amžiaus žmonėms. Gydymas trunka iki 2 metų.

Netaisyklingo sąkandžio korekcijai ortodontai dažniausiai naudoja specialius aparatus:

- Klasikinius, įtvirtinamus aparatus – breketus;
- Prie vidinės dantų pusės tvirtinamus breketus (dar vadinami „liežuviniiais breketais“);
- Išimamas permatomo plastiko kapas;
- Specialius nepastebimus aparatus.



1.1 pav. Taisyklingi nuolatiniai dantys viršutiniame dantų lanke [6]



1.2 pav. Nuolatiniai dantys dešinėje pusėje apatiniame dantų lanke [6]

1.2. Klasikinė dantų lanko geometrinių parametrų matavimo eiga

Klinikinėje praktikoje naudojama daug rankinio darbo reikalaujanti operacijų seka:

- 1) Ortodontas atlieka burnos apžiūrą;
- 2) Parenka paciento burnai tinkamo dydžio šaukštą (1.3 pav.).
- 3) Jeigu reikia į dantenų vageles įdedamas retrakcinis siūlas;
- 4) Paruošiama atspaudinė medžiaga sudedama į šaukštą. Šaukštas su atspaudine medžiaga prispaudžiamas prie dantų;
- 5) Nuimamas anspaudas ir įvertinamas ar nėra oro porų, suplyšimų;

6) Nuplautas ir dezinfekuojamas atspaudas nešamas dantų technikui, kad būtų išlieti gipsiniai modeliai (1.4 pav.).



1.3 pav. Iš atspaudinio šaukšto neišimtas silikoninis atspaudas [7]



1.4 pav. Viršutinio ir apatinio dantų lankų gipsiniai modeliai [8]

Ortodontas turėdamas dantų gipsinį modelį, atlieka matavimus ir skaičiavimus. Išmatuojami tokie geometriniai parametrai:

- Dantų pločiai,
- Dantų pločių sumos ir dantų lankų ilgio santykis (vietos analizė),
- Boltono indeksas,
- Ponto indeksas ir dantų lanko plotis,
- Dantų lanko gylio ir šoninių lanko dalių ilgio santykis,
- Pirmųjų pastoviųjų krūminių dantų santykis,
- Spee kreivės gylis,
- Little indeksas,
- Gomurio aukštis,
- Horizontalusis ir vertikalusis kandžių persidengimas,
- Dantų lanko simetriškumas,
- Korkhaus'o indeksas.

1.2.1. Dantų geometriniai matavimo būdai

Dantų lanko ilgis ant gipsinio modelio yra matuojamas lenkiant žalvarinę vielą per kontaktinius taškus pagal dantų papilos liniją. Tačiau šis matavimo metodas nepasiteisino, nes buvo gautos didelės paklaidos [21].

Dantų ir dantų lanko geometriniai matmenys įvertinami slankmačiu, o tai varginanti, netiksli procedūra. Kaip atliekami dantų matavimai slankmačiu parodyta 1.5 paveiksle.



1.5 pav. Matavimai atliekami slankmačiu [9]

Norėdamas nustatyti reikiamo gydymo etapus ir apimtį, ortodontas taip pat išsiaiškina žandikaulio ir žandikaulio sąnario būklę, išsamiai išnagrinėja paciento veido ir burnos struktūrą bei patikrina, ar kramtymo organai yra sveiki. Papildomai jis atlieka kelis bandymus, kad įvertintų, kaip juda paciento lūpos, liežuvis, žandikaulio sąnariai. Tai užtrunka nemažai laiko [9].

1.3. Breketų pritaikymas dantų lanko formai

Pagal išvaizdą breketai gali būti metaliniai (1.6 pav.) ir estetiniai (1.7 pav.) (keramikiniai, safyriniai ir t. t.). Metaliniai breketai yra dažniausiai naudojami. Jų yra įvairių rūšių, dydžių, su skirtingais vielos fiksacijos būdais ir t. t. [12].



1.6 pav. Metaliniai breketai [12]

Beligatūriniai breketai – tai breketai, kuriuose ortodontinė viela fiksuojama specialaus brekete esančio užrakto pagalba. Tokioje breketų sistemoje mažėja trintis tarp ortodontinės vielos ir breketo, todėl naudojama mažesnė jėga danties judesiui. Jėgos, veikiančios dantis, yra ypač mažos ir švelnios, todėl jokio diskomforto pacientai gydymo metu nejaučia. Ortodontinis gydymas gydant beligatūriais breketais turi eilę privalumų: gydymas trunka trumpiau nei gydant standartinėmis breketų sistemomis, rečiau tenka šalinti dantis, tiesinant dantų lanką. Pacientai, gydomi beligatūrine breketų sistema, pas gydytoją–ortodontą palaikomajam gydymui lankosi rečiau nei įprastai.



1.7 pav. Safyriniai breketai [12]

Pastaruoju metu vis daugiau pacientų pageidauja estetinių safyrinių breketų. Todėl buvo sukurti keramikiniai, plastikiniai bei safyriniai breketai. Šie breketai mažiau pastebimi, todėl itin populiarūs suaugusiųjų pacientų tarpe. Tačiau gydymas su skaidriais breketais trunka ilgiau.

Liežuviniai breketai (1.8 pav.) – tai breketai, kurie klijuojami ant liežuvinių dantų paviršių, todėl išoriškai jie visiškai nepastebimi, atrodo labai estetiškai. Vis dėlto ir šie breketai turi keletą trūkumų: nešiojant liežuvinius breketus, sudėtingiau kokybiškai išvalyti dantis, jie gali dirginti liežuvio gleivinę, kuri yra jautresnė nei lūpų ar skruostų gleivinė. Deja, ne visi klinikiniai atvejai gali būti gydomi liežuviniais breketais.

Dažniausiai parenkama breketų sistema tinkama sėkmingai ir produktyviai koreguoti esančius dantų lanko formas neatitikimus.

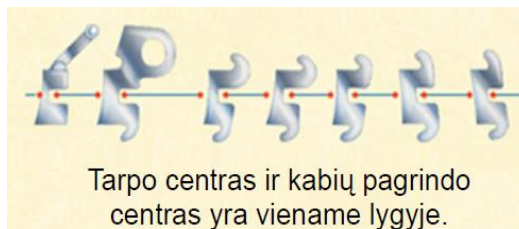


1.8 pav. Liežuviniai breketai [12]

1.3.1. Breketų tvirtinimas prie dantų

Idealus sukandimas priklauso nuo preciziškai išrikiuotų breketų tarpų, kurie išdėstyti išilgai lanko (vielos), nes erdvės santykis tarp breketų ir danties yra labai svarbus. Įvairiapusiškai prie dantų formos pritaikytas breketų pagrindas yra anatomiškai priderintas

prie danties karūnėlės priekinės bei sukandimo vidurinės dalies ir priklauso nuo danties tipo. Pagrindo išlinkimas yra toks pats arba labiau išlenktas nei danties paviršius ir priglunda prie danties karūnėlės taip, kad užtikrintų precizišką trimatę breketų tarpo bei jų pagrindo poziciją. Tai leidžia tinkamai įgyvendinti breketų paskirtį.



1.9 pav. Tarpo centras ir breketų pagrindo centras yra viename lygyje [11]

Individualus dantų tiesinimas, rikiavimas, sutvirtinimas ir spaudimas yra užprogramuotas breketuose. Jeigu ant kiekvieno danties teisingai pritvirtinsime breketus, galime pasiekti norimą gydymo rezultatą. Taisyklingas sąkandis bus gautas tada, kai breketai nukreips dantis tinkama linkme.

1.4. Erdvinių modelių taikymo galimybės ortodontijoje

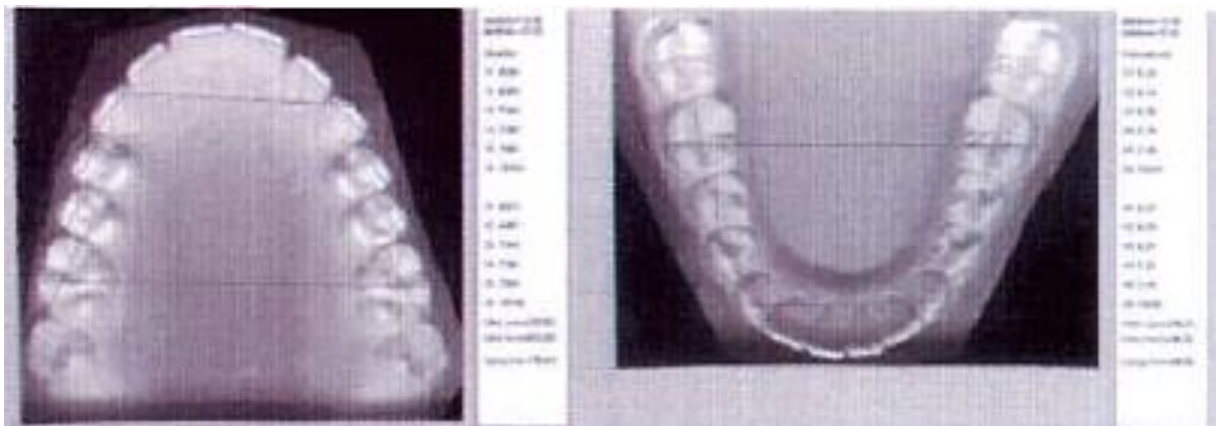
Ortodontas praktikas šiandien, kaip įprasta, naudoja dvimačius vaizdus, įskaitant galvos tyrimui naudojamus Rentgeno ir fotografinius vaizdus. Pastaruoju metu yra išvystyta keletas technologijų skirtų sukurti erdvinius dantų modelius.

Erdviniu skeneriu nuskanuotas gipsinio modelio skaitmeninis analogas gali būti išsaugomas kompiuterio diske arba akimirksniu nusiųstas į bet kurį pasaulio tašką konsultacijoms su kolegomis, gilesnei situacijų analizei, duomenų apsiketimui su mokslininkais, atliekančiais analogiškus mokslinius tyrimus. Erdvinis skaitmeninis dantų modelis kartu su panoramine Rentgeno nuotrauka, intraoraliniais ir ekstraoraliniais vaizdais, cefalometrinės analizės rezultatais ir kita informacija gali būti saugomi elektroninėje paciento kortelėje. Tai palengvina informacijos saugojimo, paieškos ir apdorojimo procedūras, suteikia platesnes galimybes gydytojui – ortodontui konsultuotis su kolegomis.

1.5. Egzistuojančių dantų lanko formos įvertinimo metodų analizė

Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad gydytojai – ortodontai nuolat ieško būdų, siekiant sumažinti rankinio darbo kiekį. Bandoma panaudoti įvairius informacijos apie dantų geometriją registravimo ir apdorojimo kompiuteriais metodus. Valensijos universiteto Ispanijoje mokslininkai pabandė prognozuoti neišdygusių iltinių ir kaplių meziodistalinius dantų dydžius, naudojant viršutinių centrinių priekinių dantų, viršutinių ir apatinių pirmų krūminių dantų pločius arba jų derinį kaip pagrindą kartu su specialia meziodistalinių dantų

pločių lentelė [19]. Tyrimui buvo parinkta 100 pacientų, apsilankančių pas ortodontą. Šiame darbe aptariami 30 mergaičių ir 70 berniukų, kurių amžiaus vidurkis buvo 14,8 metų (11,2-22,7 metų), tyrimo atvejai. Apatinių priekinių dantų plotis buvo pasiūlytas kaip geriausiai prognozuojantis neišdygusių iltinių ir kaplių meziodistaliniam dantų dydžiui apskaičiuoti. Šio tyrimo tikslas – sukurti naują, greitą ir tikslų kompiuterinį metodą, skirtą neišdygusių dantų meziodistaliniam dydžiui prognozuoti ir nustatyti, kuris atraminis dantis ar dantų derinys geriausiai gali prognozuoti iltinių dantų ir kaplių pločius. Tyrimo metu 100 Ispanijos paauglių, turinčių nuolatinius dantis, dantų gipsiniai modeliai buvo tiriami dvimate kompiuterine sistema (fotografuojami prie kompiuterio prijungta fotokamera). Rezultatai parodė, kad pasiūlytas skaitmeninis metodas buvo labai tikslus prognozuojant neišdygusių iltinių dantų ir kaplių dydį. Nuolatinio viršutinio centrinio kandžio ir apatinio pirmo krūminio danties dydžių derinys geriausiai prognozavo iltinių dantų ir kaplių pločius. Viršutinių dantų lankų dantų geometriniai matmenys buvo geriau prognozuojami nei apatinio dantų lanko dantų matmenys. Viršutiniai šoniniai kandžiai buvo sunkiausiai prognozuojami [19].



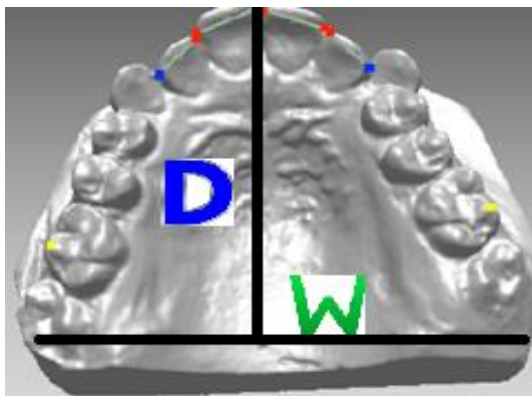
1.10 pav. Pavaizduoti meziodistalinių viršutinio ir apatinio dantų lanko dydžiai, skaitmeniniu metodu [19]

Pirmieji bandymai aproksimuoti dantų lanką matematinėmis funkcijomis buvo paremti elementariu geometrinių dantų lanko parametrų įvertinimu. Tam gerai tiko taip vadinama Beta funkcija, kuri yra pakankamai tiksli matematinė funkcija, naudojama apskaičiuoti daugelio pacientų dantų lanko formai. Panaudojus vidutinius dantų lankų pločius ir gylius, buvo apskaičiuotos atitinkamos viršutinio ir apatinio žandikaulio apibendrintos Beta kreivės. Taškų koordinatės apskaičiuojamos, pagal tokią lygtį:

$$y = 3,0314 \cdot D \cdot \left(\frac{x}{w} + \frac{1}{2}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{w}\right)^{0,8} ; \quad (1.1)$$

W – dantų lanko plotis;

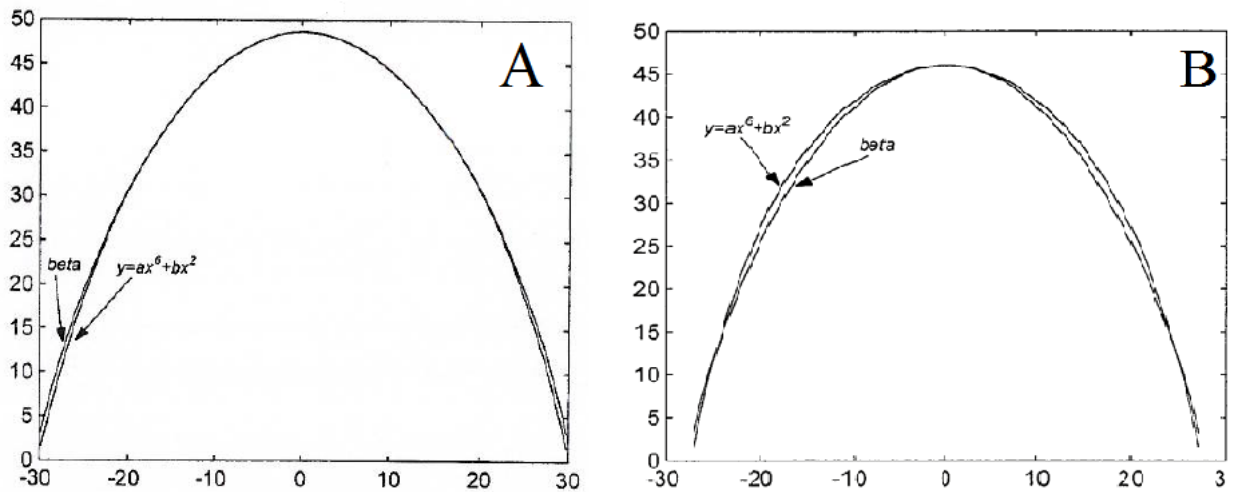
D – dantų lanko ilgis;



1.11 pav. Turint D, W , galime apsiskaičiuoti Beta funkciją

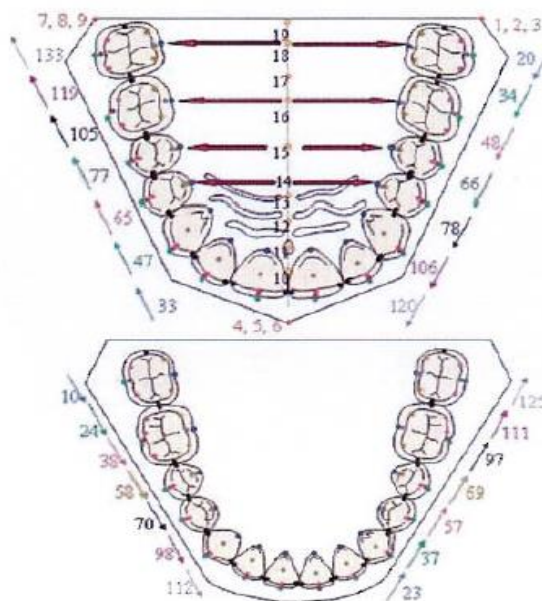
Beta funkcija yra empirinė kreivė nustatoma panaudojant tik du parametrus (dantų lanko ilgį ir plotį), ji nevertina atskirų dantų padėties dantų lanke, neturi asimetrijos (yra simetriška funkcija). Taigi, sunku įrodyti, kad Beta funkcija gerai aprašo visą dantų lanką. Todėl galimybė naudoti šį metodas klinikinėje praktikoje buvo eksperimentiškai patikrinta [20].

Viename iš atliktų tyrimų [21] buvo bandyta atrasti kreivės lygtį, kuri būtų panaši į apibendrintos Beta funkcijos kreivės formą ir kartu galėtų tiktį smailėjančioms arba kvadratinėms dantų lanko formoms aprašyti. Naudojant vidutinius dantų lanko ilgius ir pločius, buvo apskaičiuotos Beta funkcijos ir funkcijos $Y = AX^m + BX^n$ reikšmės prie tų pačių argumento reikšmių taip, kad gautos kreivės eitų pro centrinį kandžius, iltinius ir antrus krūminius dantis. Keičiant laipsnio rodiklius m ir n , gautos kreivės buvo lyginamos su apibendrinta Beta funkcija. Buvo nustatyta, kad daugianaris $Y = AX^6 + BX^2$ buvo artimiausias apibendrintai Beta funkcijai. Tyrimui buvo atrinkti 23 natūraliai lygių I klasės gipsinių modelių rinkiniai, dantų lanko ilgis ir plotis buvo matuojami elektroniniu slankmačiu iltinių ir antrojo krūminio dantų srityse. Tada kiekvieno dantų lanko žandinių kadamųjų kraštų koordinatės buvo nustatytos panaudojant kopijavimo aparatą, kuris nuskenavo apverstą dantų modelį kartu su 100 mm ilgio liniuote (masteliui įvertinti). Beta funkcijos reikšmėms ir analizuojamoms polinomo funkcijos reikšmėms palyginti apskaičiuotas koreliacijos koeficientas. Taip nustatyta, kad funkcija $Y = AX^6 + BX^2$ galėtų būti tikslus Beta funkcijos pakaitalas mažiau įprastoms žmogaus dantų lanko formoms prognozuoti [21].

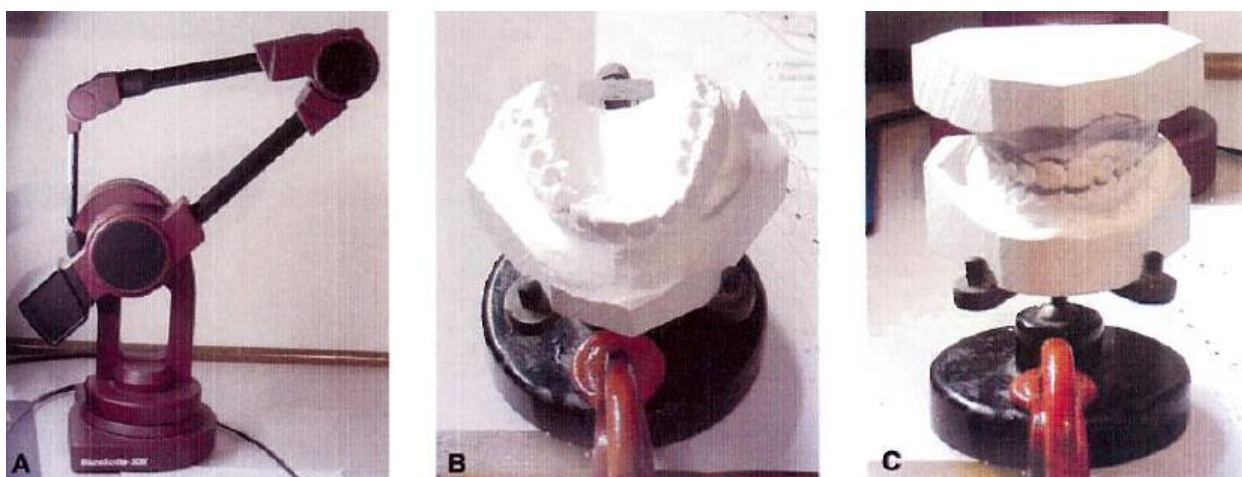


1.11 pav. A paveikslėlyje pavaizduota kaip idealiai sutampa Beta funkcijos ir polinomo funkcijos taškai, o B paveikslėlyje matomas nesutapimas [21]

Kitame iš straipsnių [22] buvo pristatytas naujas trimatės dantų gipsinių modelių analizės metodas, naudojant mechaninį 3-jų matmenų skaitmeninį koordinačių matuoklį MicroScribe 3DX ir TIGARO programinę įrangą. Kontaktiniu būdu nustatant taškų koordinates modelyje, gali būti atliekami reikalingi matavimai, įskaitant dantų matmenų, dantų lanko ilgio, pločio, perimetro, *Spee* kreivės gylio, netaisyklingo dantų perdengimo ir sukandimo bei skersinio (viršutinio – apatinio) dantų lanko neatitikimo įvertinimą. Sistemos paklaidą galima įvertinti palyginant atstumą tarp 2 taškų, nustatytų šia sistema ir skaitmeniniu slankmačiu. Penkiolika porų modelių buvo matuojami skaitmeniniu ir rankiniu būdu, ir buvo įvertinta paklaida lyginant abiejų metodų rezultatus ir tiriant kiekvieno metodų matavimo rezultatų dispersiją bei paklaidas. Sistemingų klaidų nebuvo surasta. Gauti rezultatai parodė, kad erdvinio modelio koordinačių įvertinimo metodas yra tikslus ir jis gali būti taikomas ir klinikinėje praktikoje, ir tyrimams [22].



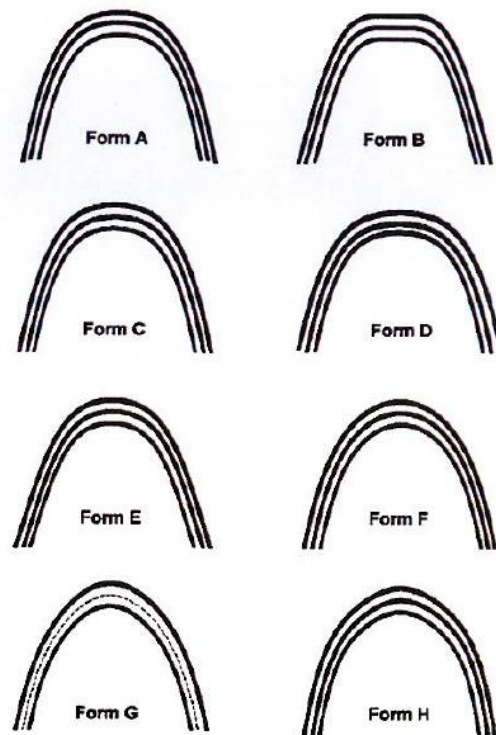
1.12 pav. Ant dantų gipsinio modelio turi būti sužymėti būdingi dantų taškai, kurių koordinatės vėliau buvo nustatytos [22]



1.13 pav. Paveikslėlyje A – MicroScribe 3DX koordinatinė matavimo sistema; B – viršutinio žandikaulio dantų modelis ruošiamas skenavimui; C – viršutinio ir apatinio žandikaulio gipsiniai modeliai paruošti skenavimui [22]

Kadangi yra svarbu išsaugoti kaip galima daugiau dantų ortodontinio gydymo metu, visos galimos dantų lanko formos turi būti įvertintos. Buvo pasiūlytas matematinis metodas [23] įvertinti 63-jų Brazilijos paauglių, turinčių nuolatinius dantis su normaliu sukandimu, apatinių dantų modelių dantų lanko formai aprašyti panaudojant daugianarę funkciją. Prie kiekvieno danties buvo priklijuoti rutuliukai, skirti imituoti ortodontiškai svarbių danties taškų padėtis. Matuojant atstumus tarp rutuliuko centro bei x ir y ašių, nustatomos atskirų taškų koordinatės plokštumoje. Dantų gipsiniai modeliai buvo nufotografuoti bei gauti vaizdai buvo analizuojami kompiuterine piešimui skirta programa. Gautos taškų koordinatės panaudotos šešto laipsnio daugianario koeficientų apskaičiavimui ir šios funkcijos grafinio

vaizdo gavimui. Visas gautas kreives suskirsčius į 8 grupes pagal priekinės dantų lanko kreivės formas, jos buvo pavadintos formomis nuo A iki H. Kiekviena grupė buvo suskirstyta į 3 pogrupius: mažo, vidutinio ir didelio dydžio. Rezultatai: A forma buvo dažniausiai pastebėta (22 %), tačiau G forma buvo pastebėta tik 2 % iš visų stebėtų atvejų. A, B, C, D, E, F formas turėjo daugiau vidutinio dydžio modeliai, o G ir H formą turėjo daugiau mažo dydžio modeliai. Vidutinė dantų lanko kreivė buvo apskaičiuota, tačiau ši forma sutapo su C forma, kuri turėjo 10 % atvejų. Buvo padaryta išvada, kad apatinio žandikaulio dantų lanko formą apibūdina 23 skirtingos kreivės ir normali dantų lanko forma negali būti aprašyta viena bendra, visiems būdinga lanko forma [23].



1.14 pav. Grafiškai pavaizduoti mažo, vidutinio ir didelio dydžio dantų lanko formas [23]

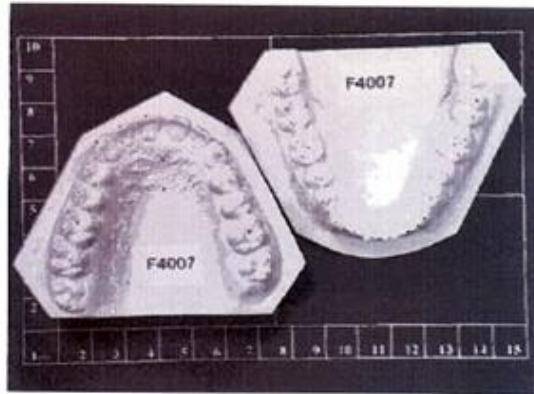
Dar viename iš straipsnių [24] buvo pateikta išsami dantų lanko formos, esant normaliam sukandimui, matematinė analizė. Dantų gumburų koordinatėms nustatyti modeliai buvo fotografuojami (1.15 pav.) juos patalpinus ant padėklo su koordinačių ašimis (1.16 pav.). Tokiu būdu kartu buvo įvertinamas ir vaizdo mastelis. Gauti fotografiniai vaizdai panaudoti atskirų dantų gumburų dvimačių koordinačių masyvo sudarymui.

Buvo tirti 40 žmonių, turinčių normalų sukandimą, viršutinių ir apatinių dantų gipso modeliai. Visa tyrimo imtis buvo padalinta į lygias vyrų ir moterų, kurių amžiaus grupės – nuo 18 iki 25 metų, dantų gipso modelių grupes. Buvo atlikti tyrimai kaip gerai aprašo turimų pacientų dantų lanko formą keturios populiariausios funkcijos: Beta funkcija, natūralus

kubinis splainas, daugianarė funkcija ir Hermite kubinis splainas. Nustatyta, kad kuomet siekiama apibūdinti bendrą dantų lanko kreivumą, geriau tinka daugianarė funkcija (ketvirtos eilės). O kai reikia atsekti lanko nelygumus, pavyzdžiui, įvertinti įvykusių gydymo metu pakitimus, labiau tinka Hermite kubinis splainas. Todėl siūloma, dėl savo pranašumo pateikti natūraliai lygesnę kreivę - ketvirtos eilės daugianario funkciją, kuri gali būti naudojama kaip prognozuojama lanko forma, siekiant pagaminti individualias dantų lanko vielas (breketus) ar parengiant ortodontinio gydymo planą [24].



1.15 pav. Vaizdo fiksavimo sistema: skaitmeninis fotoaparatas montuojamas tiesiai virš modelių, esančių ant plokščios platformos [24]

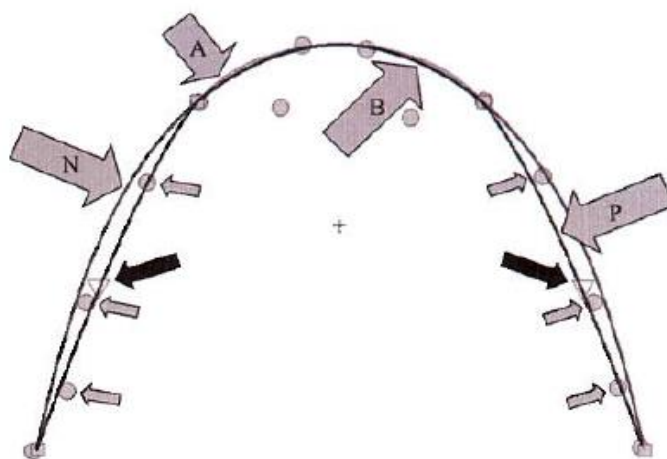


1.16 pav. Kiekvieno modelio skaitmeninis vaizdas pateikiamas 10 x 15 cm dydžiu [24]

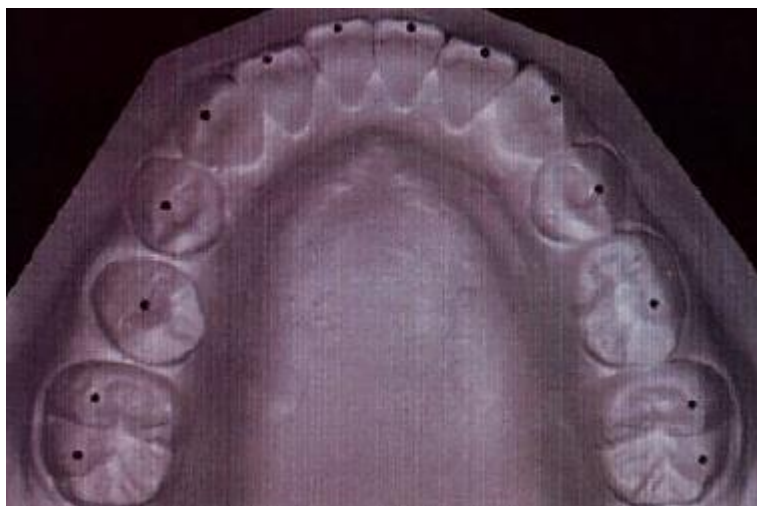
Atlikus literatūros analizę pastebėta, kad diagnostiniai matavimai tradiciškai atliekami panaudojant dantų gipso modelius. Šiuo metu plačiai naudojami 3 matmenų skaitmeniniai dantų modeliai. Todėl kai kurių tyrimų tikslas – palyginti erdvinius matavimus, atliktus naudojant skaitmeninius modelius, su tradiciniais dantų gipso modelių tyrimo rezultatais [25]. Siūloma tikslumo tyrimo metodika yra paremta 25 pacientų, turinčių nuolatinę I klasės perpildytą dantų lanką, atspaudų rinkiniai, sudaryti iš gipso modelio ir erdvinio virtualaus modelio. Buvo lyginami dantų pločių matmenys ir dantų lanko ilgiai, įvertinti abiejų modelių tipams. Gipsinių modelių dantų pločiai buvo išmatuoti skaitmeniniu slankmačiu, ir lanko ilgis buvo matuojamas žalvarine viela ir milimetrine liniuote. Virtualūs erdviniai modeliai buvo

tiriami naudojant AutoCad programinę įrangą. Atlikus atskirų dantų pločių matavimus apskaičiuota modelio dantų pločių suma. Tokiu būdu, turint šios sumos dydį ir dantų lanko ilgį, atliekama vietos analizė (įvertinamas dantų susigrūdimo lygis). Visus matavimus atliko 2 eksperimentuotojai. Gautos reikšmės buvo palygintos naudojant statistinės analizės metodus. Nustatyta, kad skaitmeninius modelius lyginant su tradiciniais gipso dantų tyrimo modeliais, gaunamas nedidelis (0,4 mm), tačiau statistiškai reikšmingas skirtumas viršutinio žandikaulio modelių tyrimo atveju. Apatinio žandikaulio modelių matmenys reikšmingai nesiskyrė. Padaryta išvada, kad net tokios standartinės programinės įrangos tikslumas, atliekant skaitmeninę erdviųjų kompiuterinių modelių analizę, yra kliniškai priimtinas, palyginti su tradiciniais gipso modelių tyrimo metodais [25].

Dar viename straipsnyje [26], kurio tyrimo tikslas buvo išnagrinėti daugianarės funkcijos pritaikomumą, apjungiant ją su paraboline arba hiperboline kosinuso funkcija. Buvo tirti 30 apatinio žandikaulio gipsiniai modeliai, kurie buvo nuskanuoti ir perkelti į skaitmeninį formatą (14 berniukų, 16 mergaičių). Naudojant mažiausių kvadratų metodą, kiekvienam modeliui buvo nustatyta 14 dantų gumburų koordinačių, tam, kad apskaičiuoti priekinių dantų lanką aproksimuojančią hiperbolinę kosinuso funkciją (N,P, 1.17 paveikslėlyje) arba parabolę (A,B, 1.17 paveikslėlyje). Tarp dantų gumburų viršūnės taškų, pradedant iltiniu dantimi ir baigiant paskutiniu krūminiu dantimi yra išvedama regresijos kreivė. Visos funkcijos buvo sutapatinamos naudojant apskaičiuotą krūminių dantų srities geometrinį centrą. Kad būtų galima įvertinti bei palyginti su kitais tyrimais, buvo apskaičiuoti Persono koreliacijos koeficientai, liekanos, vidutinė kvadratinė atstumo tarp atskirų taškų (nuo 3 danties iki 7 danties) matavimo paklaida. Buvo nustatyti, kad gaunami dideli koreliacijos ryšiai tarp dantų gumburų viršūnių koordinačių ir gautų kreivių. Nustatyta, kad šis metodas yra tinkamas aprašant apatinį žandikaulį [26].



1.17 pav. Dantų lanko formos aprašymas segmentais [26]



1.18 pav. Tyrime naudojami taškai [26]

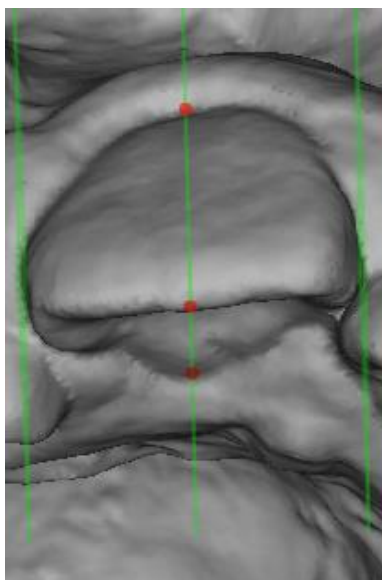
Pasaulyje naudojama daug metodų dantų lanko formai nustatyti, tačiau visi metodai paremti Beta funkcija. Dauguma atveju Beta funkcija tinkamiausia nustatyti viršutinio žandikaulio dantų lanko formai. Apatinio žandikaulio dantų lanko formą apibūdina 23 skirtingos kreives, todėl normali dantų lanko forma negali būti aprašoma viena bendra visiems būdinga lanko forma.

2. METODINĖ DALIS

2.1. Dantų gumburų koordinacių aptikimas

Odontologas turėdamas 3D dantų gipsino modelio skaitmeninį analogą, kompiuterinės pelės paspaudimu buvo sudedami ant kiekvieno danties po 3 taškus. Tam, kad aptiktų dantų gumburų koordinatas naudojama programa Dental3D. Joje stebint dantų 3D modelį, sužymimi taškai:

- vidinėje pusėje šalia papilos,
- ant danties viršūnėlės (centre),
- išorinėje pusėje šalia papilos.



2.1 pav. Su programa Dental3D sužymėti gipsinio modelio taškai

Gumburų koordinacių duomenys išsaugomi specialioje json formato duomenų byloje. Tam, kad gauti MATLAB programai suprantamą duomenų bylą, naudojant programėlę d3dtotxt.txt sukuriama ASCII formato tekstinė duomenų byla, kurioje vienoje eilutėje išsaugomos atskiro danties gumburo koordinatės (x , y , z). Remiantis šiais duomenimis yra prognozuojama dantų lanko forma tolimesnio tyrimo metu.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\vaiva>cd desktop
C:\Users\vaiva\Desktop>cd Ciapaites_duomenys
The system cannot find the path specified.
C:\Users\vaiva\Desktop>cd Ciapaites duomenys
C:\Users\vaiva\Desktop\Ciapaites duomenys>dir
Volume in drive C has no label.
Volume Serial Number is 480B-64DB

Directory of C:\Users\vaiva\Desktop\Ciapaites duomenys

10/07/2014 06:27 PM <DIR>      .
10/07/2014 06:27 PM <DIR>      ..
10/02/2014 02:59 PM <DIR>      Ciapaites
10/06/2014 04:20 PM          57,783 Ciapaites_po_suzymeti.json
10/06/2014 04:37 PM          57,786 Ciapaites_pries.suzymeti.json
10/06/2014 04:49 PM          57,782 Ciapaites_vid.suzymeti.json
10/06/2014 05:03 PM          57,767 CiapaitesU_po.suzymeti.json
10/06/2014 05:13 PM          57,698 CiapaitesU_pries.suzymeti.json
10/06/2014 05:27 PM          57,782 CiapaitesU_vid.suzymeti.json
10/02/2014 04:35 PM          230,400 d3dtotxt.exe
10/07/2014 02:28 PM <DIR>      Lankai
10/06/2014 05:28 PM <DIR>      matnienys
10/07/2014 06:27 PM          0 out.txt
           8 File(s)          576,838 bytes
           5 Dir(s)        21,806,063,616 bytes free

C:\Users\vaiva\Desktop\Ciapaites duomenys>d3dtotxt
Usage: d3dtotxt [options] input
Options:
  --help                Display this information
  -v | --version |      Display version information
  -o | --output-file | arg Save the output to the specified file

C:\Users\vaiva\Desktop\Ciapaites duomenys>d3dtotxt -o out.txt Ciapaites_po_suzymeti.json
C:\Users\vaiva\Desktop\Ciapaites duomenys>_

```

2.2 pav. Command Prompt programos langas

Gauta dantų gumburų koordinacių lentelė parodyta 2.3 paveiksle:

```

File Edit Format View Help
-25.1547 4.9671 -18.2388
-25.6406 9.53583 -18.6268
-21.795 -4.68472 -17.0859
-22.9638 -0.633789 -17.6409
-19.8328 -10.0901 -16.507
-16.3663 -15.1326 -16.3484
-12.168 -21.2195 -15.0284
-6.57535 -26.0434 -14.0898
0.626177 -28.1675 -14.3618
8.61722 -28.0975 -14.3599
14.9061 -25.357 -14.4055
20.6328 -19.6525 -14.818
23.8132 -13.0795 -15.1613
26.0361 -7.03923 -15.9817
27.2579 -0.9888 -16.3866
27.8926 3.67532 -16.9329
29.4361 9.44803 -17.4287
28.924 14.1833 -18.2045

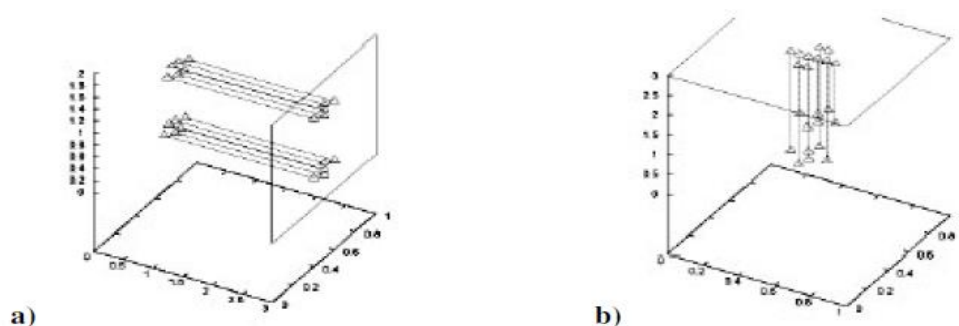
```

2.3 pav. Gauti paciento atskirų dantų gumburų trijų (x, y, z) koordinacių duomenys

2.2. Projektijos metodai

Metodai, kurie leidžia pavaizduoti daugiamacių duomenis mažesnės dimensijos erdvėje vadinami *projektijos metodais* (dimensional reduction techniques). Šie metodai gali būti taikomi ir kaip dimensijos mažinimo metodai. Jų tikslas – pateikti daugiamacių duomenis mažesnės dimensijos erdvėje taip, kad būtų kiek galima tiksliau išsaugota analizuojamą duomenų struktūra. Projektijos metodai gali būti naudojami ir daugiamaciams duomenims vizualizuoti, kai pasirinkta pakankamai maža projektijos dimensija.

Analizuojant n -mačius taškus norima pamatyti jų išsidėstymą n -matėje erdvėje. Tačiau, kai $n > 3$, tiesiogiai pamatyti šiuos taškus neįmanoma. Tačiau yra galimybė projektuoti juos į dvimatę erdvę (Brunsdon, 1998). Paprastumo dėlei pateiktas pavyzdys, kaip trimačiai taškai projektuojami į plokštumą (24 pav.). Linijos sujungia taškus su jų projekcijomis.



24 pav. Taškų projekcijų pavyzdžiai

Turimas dantų gumburų koordinacių masyvas yra trimatis. Formuoti ir analizuoti erdvines kreives yra pakankamai komplikuota. Be to, ortodontinio gydymo metu net ir nėra tikslinga turėti erdvinę dantų lanko formą, nes gydytojai–ortodontai yra įpratę analizuoti plokštumoje esančias kreives. Todėl visus erdvėje esančius taškus būtina suprojektuoti į vieną bendrą plokštumą. Tam pasirinkta ortodontinėje praktikoje plačiau naudojama okliuzinė plokštuma.

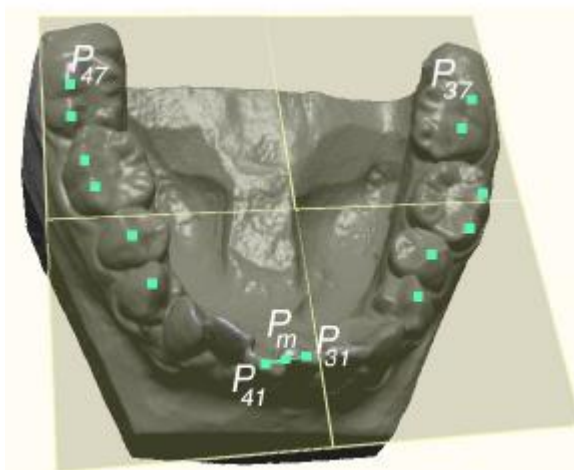
Okliuzinė plokštuma vadinama įsivaizduojama plokštuma, liečianti priekinių dantų kandamuosius kraštus ir šoninių dantų kramtomuosius paviršius. Ji gali būti vertinama kaip Spee ir Wilson kreivių išraiška. Viršutinio dantų lanko okliuzinė plokštuma yra išgaubta, apatinio – įgaubta, ir išgaubtumas tiksliai atitinka įgaubtumą. Tačiau praktikoje plačiai naudojama plokščia figūra okliuzinei plokštumai apibūdinti.

2.3. Okliuzinės plokštumos parametrų apskaičiavimas

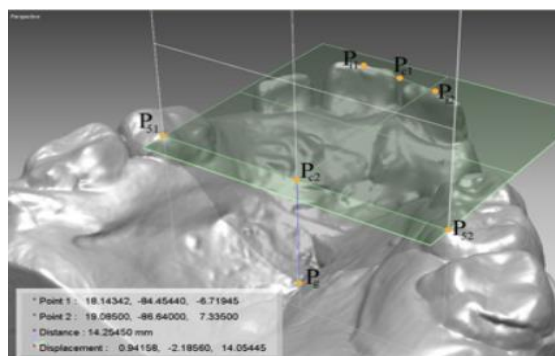
Panaudojant turimas taškų koordinates x , y , z , apskaičiuojama okliuzinės plokštumos padėtis erdvėje.

Plokštuma išvedama per tris taškus:

- vidurio tašką tarp priekinių kandžių $P_m(x_m, y_m, z_m)$
- antrųjų krūminių dantų, galinių žandinių gumburų viršūnes P_{47} ir P_{37} .



2.5 pav. Fiksuojamos taškų, per kuriuos išvedama okliuzinė plokštuma



2.6 pav. Okliuzinės plokštumos erdvinis vaizdas

Pradžioje, apskaičiuojamos taško P_m koordinatės x_m, y_m ir z_m , kurios yra atkarpos, einančios per taškus $P_{31}(x_{31}, y_{31}, z_{31})$ ir $P_{41}(x_{41}, y_{41}, z_{41})$ vidurio taškas. 3D erdvėje šio taško koordinatės buvo apskaičiuojamos pagal formulę:

$$\begin{cases} x_m = \frac{x_{31} + x_{41}}{2} \\ y_m = \frac{y_{31} + y_{41}}{2} ; \\ z_m = \frac{z_{31} + z_{41}}{2} \end{cases} \quad (2.1)$$

Sąkandžio plokštuma, einanti per taškus $P_m(x_m, y_m, z_m)$, $P_{37}(x_{37}, y_{37}, z_{37})$ ir $P_{47}(x_{47}, y_{47}, z_{47})$ buvo apibrėžta kaip:

$$A \cdot x + B \cdot y + C \cdot z + D = 0; \quad (2.2)$$

Plokštumos lygties koeficientai apskaičiuojami panaudojant trijų taškų koordinates:

$$\begin{cases} A = \begin{vmatrix} y_{37} - y_m & z_{37} - z_m \\ y_{47} - y_m & z_{47} - z_m \end{vmatrix}, \\ B = \begin{vmatrix} x_{37} - x_m & z_{37} - z_m \\ x_{47} - x_m & z_{47} - z_m \end{vmatrix}, \\ C = \begin{vmatrix} x_{37} - x_m & y_{37} - y_m \\ x_{47} - x_m & y_{47} - y_m \end{vmatrix}, \\ D = - \begin{vmatrix} x_m & y_m & z_m \\ x_{37} & y_{37} & z_{37} \\ x_{47} & y_{47} & z_{47} \end{vmatrix} \end{cases} \quad (2.3)$$

Visų kitų masyvo taškų $P_n(x_n, y_n, z_n)$ projekcijų plokštumoje koordinatės apskaičiuojamos pagal šią formulę:

$$d_n(x, y) = \frac{A \cdot X_n + B \cdot y_n + C \cdot Z_n + D}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}; \quad (2.4)$$

Gautą taškų masyvą $d(x, y)$ panaudojam tolimesniuose skaičiavimuose danties lanko formos prognozavimui.

Apskaičiuojamos Beta funkcijos reikšmės pagal formulę (1.1), tam kad jos reikšmės vėliau palygintumėm su kitų funkcijų reikšmėmis.

$$W = \sqrt{(x_{18} - x_1)^2 + (y_{18} - y_1)^2}; \quad (2.5)$$

$$D = \frac{(y_{18} - y_1) \cdot x_m - (x_{18} - x_1) \cdot y_m + x_{18} \cdot y_1 - y_{18} \cdot x_1}{\sqrt{(x_{18} - x_1)^2 + (y_{18} - y_1)^2}}; \quad (2.6)$$

2.4. Polinominė regresija

Dažnai ergonomikos tyrimuose tenka nustatyti tarpusavio ryšį tarp dviejų kintamųjų, kurių vienas Y yra pasekmės apibūdinantis kintamasis, o X – priežastis apibūdinantis kintamieji. Kiekvieną funkcinio ryšio įėjimo kintamojo reikšmę atitinka griežtai apibrėžta, fiksuota išėjimo kintamojo reikšmė. Funkcinė priklausomybė užrašoma taip:

$$Y = f(X). \quad (2.7)$$

Egzistuojant koreliacijos ryšiui tarp abiejų kintamųjų, įėjimo kintamojo kitimas veikia tik išėjimo kintamojo vidutinės reikšmės. Net kai ir yra šis ryšys, esant tai pačiai įėjimo kintamojo reikšmei, išėjimo kintamojo reikšmės gali būti skirtingos. Taip yra todėl, kad išėjimo kintamojo dydį, be įėjimo kintamojo, sąlygoja daugybė kitų veiksnių, kurių įtakos negalima išvengti (kartais jie gali būti nežinomi). Tad koreliacijos ryšys ryškėja tik per statistinius stebėjimus ir formaliai jis užrašomas lygtimi:

$$Y = f(X) + \varepsilon. \quad (2.8)$$

čia ε – atsitiktinė dedamoji, įvertinanti ir X , ir Y atsitiktinį pobūdį. Jei $\varepsilon=0$, tai X ir Y sieja funkcinis ryšys. Kai tarp kintamųjų X ir Y yra koreliacijos ryšys, funkcija $Y=f(X)$ vadinama regresijos lygtimi (modeliu), o jos koeficientai – regresijos koeficientais. Praktikoje yra naudojami įvairūs regresiniai modeliai, tačiau plačiausiai taikymo galimybes turi polinomo regresiniai modeliai, kurie gerai tinka tiek tiksliai esamų duomenų masyvų apibūdinimui, tiek prognozei.

Turimas plokštumos taškų, kurių kiekvienas apibūdinamas koordinatėmis (x_i, y_i) , masyvas, gali būti aprašytas polinomo regresiniu modeliu, kurio matematinė išraiška yra tokia:

$$y_i = a_0 + a_1 \cdot x_i + a_2 \cdot x_i^2 + \dots + a_m \cdot x_i^m + \varepsilon_i; \quad (2.9)$$

čia $i=1,2,\dots,n$ – modeliu aprašomų duomenų atskaitų numeriai, a_0, a_1, \dots, a_m – regresinio modelio koeficientai, m – regresinio modelio eilė.

Žinant regresinio modelio koeficientus, panaudojant šią lygtį, kiekvienai naujai priklausomo kintamojo i reikšmei x_i apskaičiuojama funkcijos y_i reikšmė. Jei turimas n dydžio taškų koordinatinių masyvas, regresinio modelis aprašomas lygčių sistema, kurios matricinė forma yra:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^m \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \dots & x_2^m \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}. \quad (2.10)$$

Kiekviena šio lygties eilutė aprašo ryšį tarp vienos x_i ir vienos y_i reikšmių, panaudojant žinomus regresinio modelio parametrus a_i . Kaip matome, modelio išėjimo parametrai y , regresinio modelio koeficientai ir paklaidos reikšmės yra duomenų vektoriai, o nepriklausomi kintamieji aprašomi matrica X . Tokiu būdu šią lygtį galima perrašyti vektorinėje formoje:

$$\vec{y} = X \cdot \vec{a} + \vec{\varepsilon}. \quad (2.11)$$

Tada, sprendžiant šią lygtį galima apskaičiuoti polinomo regresinio modelio koeficientų reikšmių įverčius:

$$\hat{\vec{a}} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot \vec{y}. \quad (2.12)$$

Ši lygtis turi unikalų mažiausių kvadratų sprendinį, kuriam esant paklaidos vektoriaus reikšmės bus minimalios. Regresijos modelių koeficientų įvertinimas, paremtas mažiausių kvadratų metodu, siekia minimizuoti vidutinę paklaidą:

$$\sigma_\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \rightarrow \min. \quad (2.13)$$

čia \hat{y} – atitinkama regresinio modelio išėjimo reikšmė.

Šios liekamosios paklaidos dispersijos minimizavimas leidžia geriausiai parinkti nežinomuosius regresijos lygties koeficientus. Akivaizdu, kad tokią lygtį galima išspręsti tik tenkinant sąlygą $m < n$. Egzistuoja visa eilė skirtingų metodų šio uždavinio sprendimui ir daug skirtingų programinių priemonių, leidžiančių apskaičiuoti regresinio modelio koeficientus ir įvertinti paklaidas. Viena tokių programinių realizacijų yra programų paketo *MATLAB* įrankis *cftool*, kuris ir naudojamas šiame darbe.

2.5. Modelių analizė

Gauto modelio tikslumas įvertinamas **koreliacijos santykiu**:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (2.14)$$

čia \hat{y}_i – išėjimo kintamojo reikšmė, apskaičiuota pagal regresijos lygtį.

Akivaizdu, kad šis koeficientas įgyja reikšmes iš intervalo $[0;1]$. Kuo koeficiento reikšmė artimesnė vienetui, tuo ryšys stipresnis. Kuo regresijos lygtis geriau aprašys stebėjimo duomenis, tuo skaitiklio narys bus mažesnis ir koeficientas didesnis.

Ir tiesinės, ir netiesinės koreliacijos atveju apskaičiuojamas **determinacijos koeficientas**:

$$D = r^2 \cdot 100\% = R^2 \cdot 100\% . \quad (2.15)$$

Jis rodo, kokią viso išėjimo kintamojo kitimo dalį nulemia įėjimo kintamojo kitimas, o $(100-D)$ – likę neįvertinti veiksniai.

Regresiniuose modeliuose gali būti skaičiuojamos trys dispersijos:

- **liekamosios paklaidos** σ_ε^2 ;
- **regresinės lygties** $\sigma_{\hat{y}}^2$;
- **įvertinimo** σ_y^2 .

Liekamosios paklaidos dispersija parodo, kiek nukrypsta faktiškai stebėjimo duomenys nuo apskaičiuotųjų pagal regresijos lygtį:

$$\sigma_\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2 . \quad (2.16)$$

Kuo šios dispersijos reikšmė didesnė, tuo modelyje yra daugiau veikiančių y neįvertintų veiksnių.

Regresijos lygties dispersija, parodo nukrypimą nuo vidurkio:

$$\sigma_{\hat{y}}^2 = \frac{1}{n} \sum_i (\hat{y}_i - \bar{y})^2 . \quad (2.17)$$

Ir įvertinimo dispersija įvertina suminių dispersijų poveikį:

$$\sigma_y^2 = \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_{\hat{y}}^2 . \quad (2.18)$$

Kadangi ryšio glaudumo rodikliai įvertinami pagal statistinius duomenis, visuomet būtina patikrinti šių rodiklių reikšmingumą.

Koreliacijos koeficiento reikšmingumas tikrinamas naudojant Stjudento kriterijų. Laikoma, kad koeficientas yra reikšminis, jei galioja ši nelygybė:

$$\frac{|r|}{\sigma_r} > t_{\alpha; n-m-1}; \quad (2.19)$$

čia $t_{\alpha; n-m-1}$ – Stjudento kriterijaus (t) lentelinė reikšmė, esant nurodytajam patikimumui α ir $n-m-1$ laisvės laipsniams; m – regresijos lygtyje įvertinamų koeficientų skaičius.

Koreliacijos koeficiento vidutinis kvadratinis nukrypimas, esant didelei stebėjimo duomenų aibei ($n > 25$), nustatomas taip:

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-1}}. \quad (2.20)$$

Esant mažai aibei:

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}}. \quad (2.21)$$

2.6. Fišerio kriterijaus panaudojamas tikrinant dviejų imčių dispersijų lygybę

Aukščiau aptarti modelių kokybės statistiniai parametrai ne visada gerai tinka modelio eilei parinkti, nes dispersijos parametrų pokytis gali būti ne reikšmingas. Todėl reikalingas rodiklis, kuris įvertintų tiek liekamąsias paklaidas tiek didinamos modelio eilės įtaką. Tarkime, kad mes jau suradome regresijos modelio koeficientus ir reikia patikrinti, ar pakankamai tiksliai gautoji lygtis aprašo eksperimentinius duomenis. Kitaip tariant, reikia tikrinti regresijos lygties adekvatumą, kuriam tikrinti yra naudojamas F– kriterijus (Fišerio kriterijus).

Norint nustatyti, ar yra esminių skirtumų tarp palyginamųjų variantų, sprendžiama pagal santykinį dydį – Fišerio kriterijų (kriterijaus pavadinimą pasiūlė Dž. U. Snedekoras matematiko–biologo R. A. Fišerio garbei, kaip matematinių–statistinių metodų taikymo pradininkui žemės ūkyje ir žymimas – F).

Fišerio kriterijus apskaičiuojamas:

$$\frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m}{m-1} > F_{\alpha; m-1; n-m}; \quad (2.22)$$

čia $F_{\alpha; m-1; n-m}$ – Fišerio kriterijaus (F) teorinė reikšmė, kai nurodytas patikimumas ir yra du laisvės laipsniai: $k_1=(m-1)$ ir $k_2=(n-m)$.

Teorinis Fišerio kriterijaus F_{teor} dydis surandamas statistinių rodiklių lentelėse pagal variantų (k_1) ir liekanos (k_2) laisvės laipsnių skaičių. Kuo Fišerio kriterijaus reikšmė yra

didesnė už teorinį kriterijaus dydį, tuo gautas modelis geriau aprašo eksperimentinius duomenis.

2.7. RESET testas

Papildomai būtina įvertinti modelio stabilumą ir tikslumą. Tam naudotinas Ramsey RESET testas, kuris yra bendras modelio netikslumų testas. Šio testo esmė yra ta, kad į sudarytą regresiją yra papildomai įtraukiamos papildomos reikšmės \hat{Y}_i , kurios įvertinamos pagal jau sudarytą modelį. Kokia forma į modelį bus įtraukiami \hat{Y}_i priklauso nuo to, koks ryšys yra tarp modelio paklaidų. Jei papildomų regresorių įtraukimas į lygtį reikšmingai padidina koreliacijos santykio dydį R^2 , galima teigti, kad regresijos modelis buvo sudarytas neteisingai.

Tarkime, kad teisinga regresija yra:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \varepsilon_i; \quad (2.23)$$

Tačiau sudaryta regresija yra:

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1i} + \alpha_2 X_{2i} + \alpha_3 X_{3i} + u_i; \quad (2.24)$$

Sudarytas modelis gali būti neteisingas dėl neįtraukto reikšmingo kintamojo X_4 ar galimų netiesinių kintamųjų X_2, X_3 priklausomybių. Tarkime, kad pagal matomą netiesinį ryšį tarp $\hat{\varepsilon}_i$ ir \hat{Y}_i nusprendžiama į modelį įtraukti \hat{Y}_i^2 ir \hat{Y}_i^3 .

Apskaičiuojamos sudarytos regresijos priklausomo kintamojo reikšmės:

$$\hat{Y}_i = \gamma_0 + \gamma_1 X_{1i} + \gamma_2 X_{2i} + \gamma_3 X_{3i}; \quad (2.25)$$

Sudaroma nauja regresija:

$$Y_i = a_0 + a_1 X_{1i} + a_2 X_{2i} + a_3 X_{3i} + \delta_1 \hat{Y}_i^2 + \delta_2 \hat{Y}_i^3 + e_i; \quad (2.26)$$

Tuomet skaičiuojamos pradinės ir išplėstinės regresijų koreliacijos santykio R^2 reikšmės. F testo reikšmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$F = \frac{(R_{išpl}^2 - R_{prad}^2)/naujai\ įtrauktų\ regresorių\ skaičius}{(1 - R^2)/n - parametų\ skaičius\ išplėstiniame\ modelyje} \quad (2.27)$$

$$H_0: R_{prad}^2 = R_{išpl}^2$$

$$H_1: R_{prad}^2 \neq R_{išpl}^2$$

Jei apskaičiuota F reikšmė yra didesnė už kritinę F statistikos reikšmę, tuomet priimama hipotezė H_0 , kad pradinio ir išplėstinio modelio determinacijos koeficientai nesiskiria t. y. sudarant pradinį modelį nebuvo padaryta modelio specifikacijos klaida. Priešingu atveju yra priimama alternatyvi hipotezė, kad sudarytas modelis yra neteisingas.

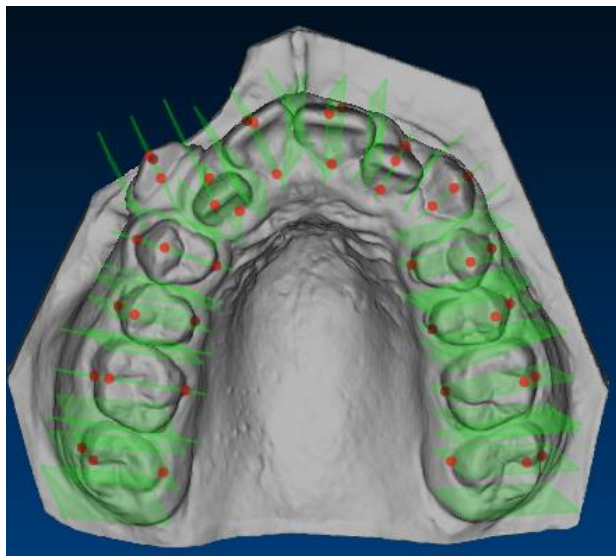
3. TYRIMAS

Tyrimas buvo atliekamas su septynių pacientų dantų gipsiniais modeliais. Turimi pacientų viršutinių ir apatinių žandikaulių gipsinius modelius, kurie buvo nuskanuoti, prieš ir po gydymo. Tyrimą pradėdame atsidarę programą Dental3D. Spaudžiame *File*, pasirinkti *Import*, bei iš katalogo pasirenkame virtualų dantų modelį, kuris yra išsaugotas *ply* byloje.

Įsikėlus virtualų dantų modelį, į programą, reikia kiekvieną dantį sužymėti teisingai, pradėdant nuo vieno iš centrinių dantų. Ant kiekvieno danties, spaudžiant dešiniu pelės klavišu, sudedami trys taškai:

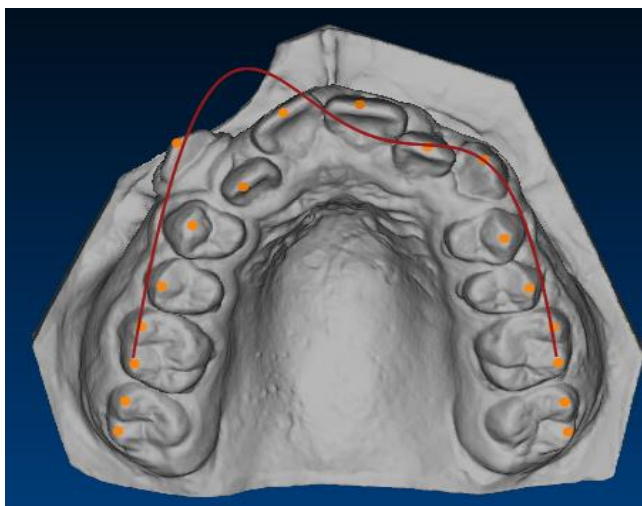
- vidinėje pusėje šalia papilos,
- ant danties viršūnėlės (centre),
- išorinėje pusėje šalia papilos.

Sužymėjus šiuos taškus atsiranda trys žalios spalvos plokštumos kurias, kompiuterinės pelės paspaudimu patraukiame prie danties krašto, taip gaudami teisingus danties plotį. Sužymėjus visus dantis gauname, visų dantų pločių masyvą.



3.1 pav. Su programa Dental3D sužymėti dantis

Sekantis žingsnis, programoje kairėje pusėje spaudžiu *Measurement, Space, 4 th order polynomial*, taip gauname kreivę nubrėžta per visų dantų viršūnių taškus.



3.2 pav. Su programa Dental3D gauta kreivė

Visų panaudotų gumburų koordinatės išsaugome *json* formos byloje (spaudžiant: *File, Export points...*). Norint gauti MATLAB programai suprantamą duomenų bylą, reikia naudoti programėlę *d3dtotxt.txt*, kuri yra sukuriama ASCII formato tekstinę duomenų bylą. Jos vienoje eilutėje išsaugomos atskiro danties gumburo koordinatės (x, y, z). Šie duomenys yra naudojami tolimesniam tyrimui, prognozuojant dantų lanko formą.

```

utPoA - Notepad
File Edit Format View Help
21.6068 15.0916 -5.49725
22.0241 16.692 -9.24341
26.8234 12.2316 4.63806
26.253 13.1405 -0.141357
26.962 11.5463 10.9142
26.8787 10.0685 18.7806
25.2276 9.7688 25.8947
22.665 8.38159 31.1484
18.3227 6.79822 35.0418
13.3798 7.02124 36.5168
8.13904 6.68805 36.3799
2.58206 8.13416 33.7809
-3.48312 8.49579 29.1088
-7.95482 9.38538 23.9442
-12.2478 10.6412 18.0898
-14.35 11.7939 15.1461
-18.4727 13.9058 9.0907
-21.0394 14.7505 6.20264

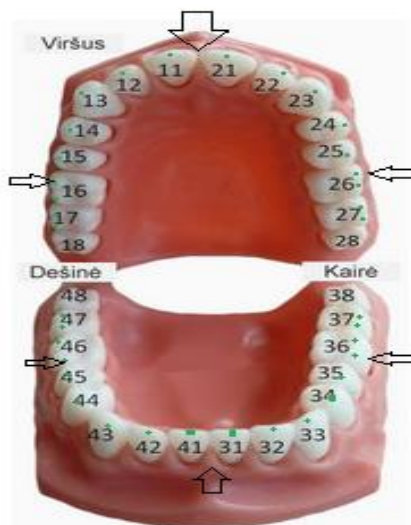
```

3.3 pav. Gauti paciento atskirų dantų gumburo trijų (x, y, z) koordinatė duomenys

Buvo parašyta programa paketo MATLAB aplinkoje. Nuskaityta *txt* byla, kurioje iš taškų masyvo atitinkama eilutė atitinka tam tikro danties gumburo koordinatės:

- Pirmo krūminio danties priekinio žandinių gumburų koordinatės atitinka 4 eilutę (16 danties, 3.4 pav.) bei 17 eilutė atitinka 26 danties pirmą žandinį gumburą.

- Priekinių dantų gumburų koordinatės atitinka 9 ir 10 eilutes (11-21 dantis, 3.4pav.). Analogiškai skaičiuojamas tokiu pat principu ir apatinis žandikaulis.



3.4 pav. Taškai per kuriuos išvedama plokštuma

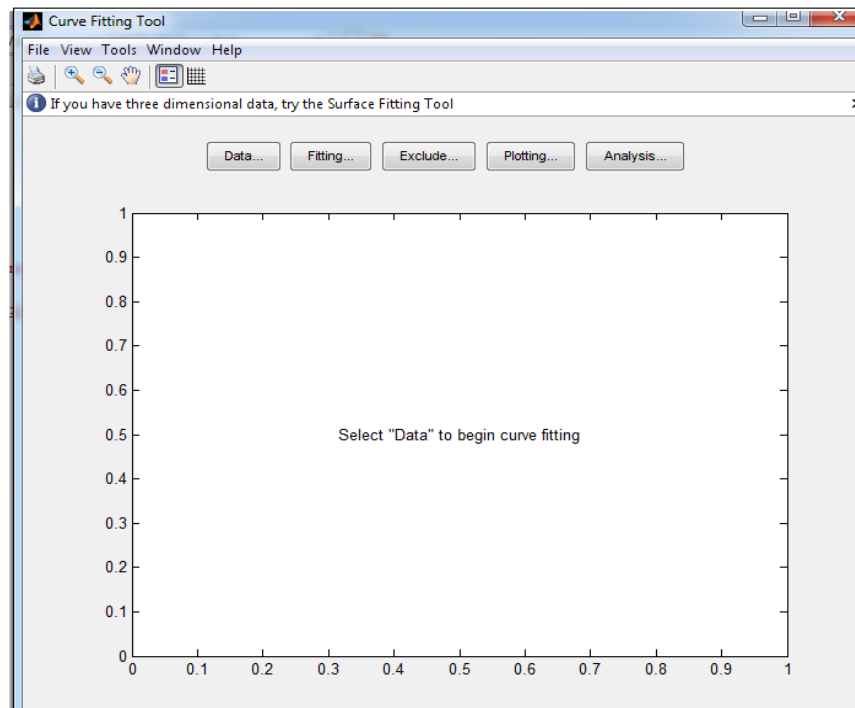
Okliuzinės plokštumos lygties koeficientai apskaičiuojami naudojant (2.3) formulę. Juos panaudojant gumburų projekcijos į šią plokštumą apskaičiuojant naudojant (2.4) formulę. Plokštumos taškų, kur kiekvienas apibūdinamas koordinatėmis (x_i, y_i) masyvas, aprašomas polinomo regresijos modeliu (2.9). Apskaičiuojamos Beta kreivės taškų koordinatės, pagal formulę (1.1). Beta kreivės Fišerio kriterijus skaičiuojame pagal (2.22) formulę. Visiems išvardintiems skaičiavimams atlikti buvo parašyta programa (kreivė.m) MATLAB paketo aplinkai. Programos kodas prisegtas 1 priede. Paleidus šią programą buvo nuskaitomi gumburų koordinatės masyvai ir surandamos šių taškų projekcijos okliuzinėje plokštumoje. Papildomai apskaičiuojama dantų lanko ilgis ir plotis, kai turim šiuos dydžius galime tiksliai apskaičiuoti Beta kreivę. Turimas dantų gumburų projekcijas okliuzinėje plokštumoje masyvas (x, y) įkeliamas į specialaus įrankio *cftool* aplinką.

3.1. Duomenų apdorojimas cftool įrankiu

Cftool programavimo terpė – tai programuotojo darbo įrankis.

Cftool leidžia:

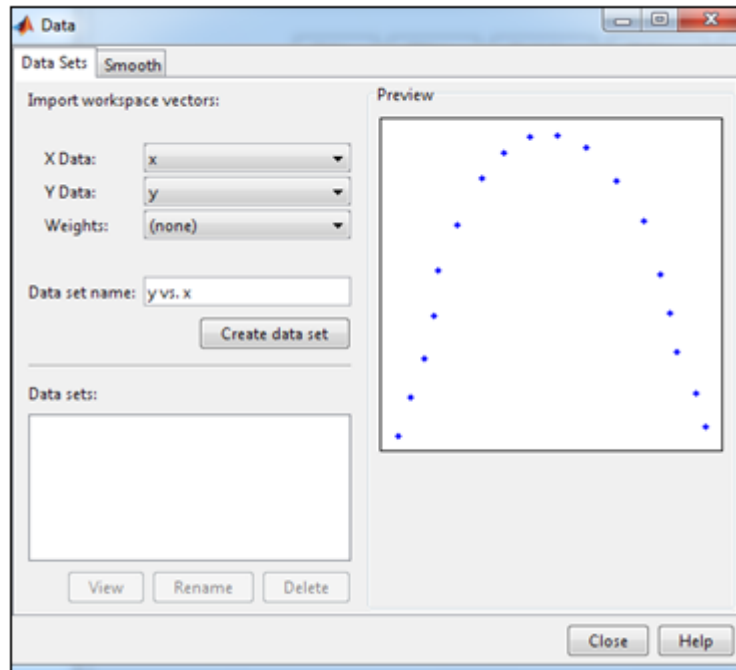
- Vizualiai ištirti vieną ar daugiau duomenų rinkinių.
- Grafiškai įvertinti atitikimo savybes.
 - Įkelti, peržiūrėti duomenis;
 - Lyginti gautų duomenų rinkinius;
 - Naudojant *Fitting* komandą, apskaičiuojama aproksimuojanti kreivė



3.5 pav. Cftool komandos langas

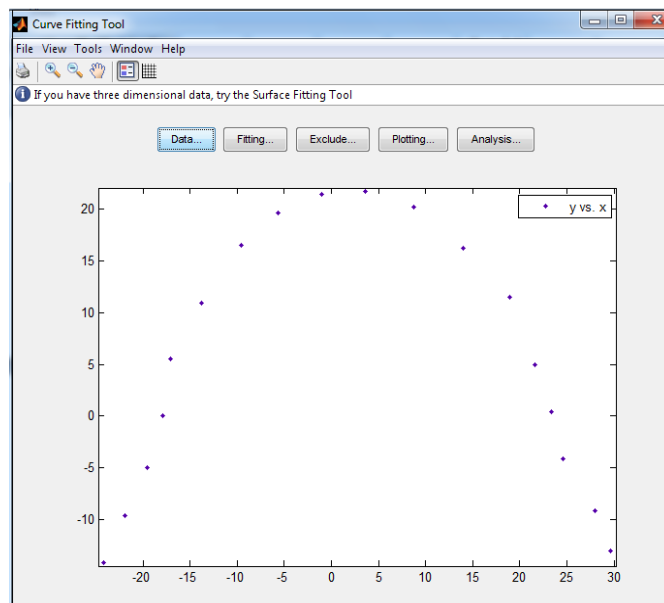
Pasirenkam atitinkamus kintamuosius iš x ir y duomenų sąrašo. Kuomet duomenys yra rodomi peržiūros lange, spaudžiame *Create data set*. Kad būtų baigtas duomenų įkėlimo procesas, spaudžiamas *Close* mygtukas. Ši duomenų rinkinių sritis leidžia:

- Įkelti prognozuojamus (x) ir (y) duomenis.
- Nurodyti duomenų rinkinio pavadinimą.



3.6 pav. Įsikėlus x ir y duomenis į cftool komandą

Įkelti x , y taškai į cftool langą:



3.7 pav. Įkelti x , y taškai

Toliau reikalingas *Fitting* redaktorius, kuriame yra duomenų lentelė. *Curve Fitting Tool* lange spustelėję ant mygtuko *Fitting*.

Gautos funkcijos parametrai ir modelio kokybės rodikliai pateikti rezultatų lauke 3.8 paveiksliuke.

Spustelima *New fit, Type of fit*, pasirenkama *Polynomial*, bei atrenkame tiksliausią aprašytą polinomo eilę (remdamiesi Fišerio kriterijumi). Kuo Fišerio kriterijaus reikšmė yra didesnė už teorinį kriterijaus dydį, tuo gautas modelis geriau aprašo eksperimentinius duomenis.

Vienam geriausiam modeliui patikrinti, papildomai buvo įvertintas jo stabilumas ir tikslumas. Tam buvo panaudotas Ramsey RESET testas. Atsitiktinai sugeneruojami papildomi du taškai duomenų masyvo (x, y) intervalo kraštuose (viena reikšmė yra mažesnė už x_{\min} , o kita didesnė už x_{\max}) bei trečia reikšmė yra apskaičiuoto taško P_m koordinatės. Apskaičiuojami yp – reikšmės prie naujai įtrauktų argumento reikšmių, naudojant sudarytą regresinę lygtį. Tokiu būdu suformuojamas naujas taškų masyvas (xp, yp) , kuris yra panaudojamas naujai regresinei analizei. Apskaičiavę F , jos reikšmę gavome didesnę už kritinę F statistikos reikšmę. Pasitvirtino hipotezė, jog pradinio ir išplėstinio modelio determinacijos koeficientai nesiskiria t. y. sudarant pradinį modelį nebuvo padaryta modelio specifikacijos klaida.

Eilė →

Fit Editor

New fit Copy fit

Fit name: fit 1

Data set: y vs. x Exclusion rule: (none)

Type of fit: Polynomial Center and scale X data

Polynomial

- linear polynomial
- quadratic polynomial
- cubic polynomial
- 4th degree polynomial**
- 5th degree polynomial
- 6th degree polynomial

Fit options... Immediate apply Cancel Apply

Results

Linear model Poly4:

$$f(x) = p1*x^4 + p2*x^3 + p3*x^2 + p4*x + p5$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

p1 =	1.494e-005	(-1.974e-005, 4.962e-005)
p2 =	-0.0002738	(-0.0009865, 0.0004389)
p3 =	-0.0152	(-0.03427, 0.003865)
p4 =	0.1736	(-0.07622, 0.4235)
p5 =	-6.808	(-9.344, -4.272)

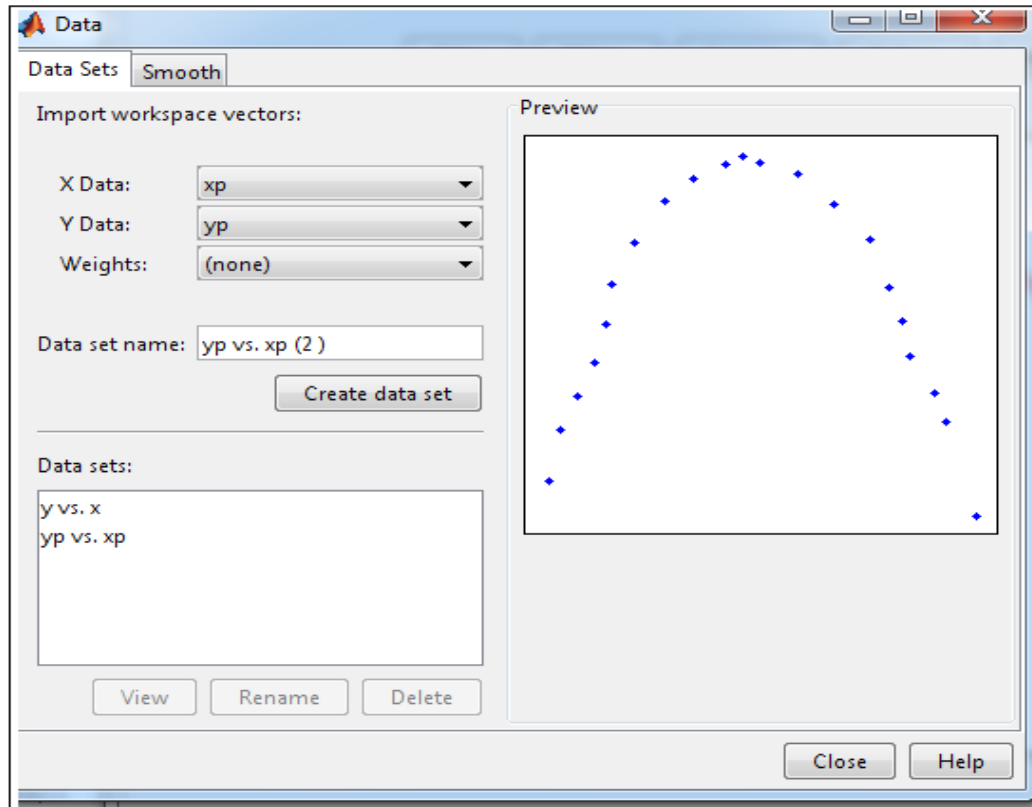
Table of Fits

Fit name	Data set	Equation name	SSE	R...
fit 1	y vs. x	Poly4	55.7146641105404	0.4...

Delete fit Save to workspace... Table options...

3.8 pav. Pasirenkama polinomo eilė

Į sudarytą regresiją buvo įtrauktos papildomos reikšmės, kurios įvertintos pagal sudarytą modelį. Papildomų regresorių įtraukimas į lygtį nereikšmingai padidino koreliacijos santykio dydį R^2 , todėl galima teigti, kad regresijos modelis buvo sudarytas teisingai.



3.9 pav. x_p ir y_p su papildomais taškais

Dantų lanko formos prognozės rezultatai

Atlikus tyrimą su 7 pacientų 28 gipsiniais modeliais nustatyta, kad Fišerio kriterijaus dydis yra didžiausias kai naudojamas 4 eilės regresinis modelis apatinio žandikaulio dantų lanko formai aproksimuoti. Viršutinio žandikaulio atveju prieš gydymą geriau tinka žemesnės eilės polinomas (geriau aprašo bendrą dantų lanko formą). Todėl apatinio žandikaulio dantų lanko forma teisingai aprašomas polinomo funkcija net 86 % atvejų. Daugumoje atvejų viršutinio žandikaulio dantų lanko forma aprašoma 3 arba 4 eilės regresine lygtimi. Tik vienu atveju po gydymo gauta aukštesnės eilės polinomo lygtis. 3 eilės polinomo kreivė nežymiai skiriasi nuo 4 eilės polinomo kreivės, todėl bet kurio iš šių polinomų pasirinkimas nėra klaida. Todėl galima teigti, kad abiejų žandikaulių dantų lanko formai aprašyti tikslinga panaudoti 4 eilės polinomą, o viršutinio žandikaulio atveju reikalinga detalesnė dantų geometrijos analizė.

3.1 lent. Dantų lanko formos prognozės rezultatai

Paciento Nr.:	Žandikaulis:	Dantų lanko forma aprosimuojančio polinomo eilė prieš gydymą	Dantų lanko forma aprosimuojančio polinomo eilė po gydymo
1	Viršutinis	3	4
	Apatinis	3	3

2	Viršutinis	4	3
	Apatinis	4	3

3	Viršutinis	4	4
	Apatinis	4	4

4	Viršutinis	4	4
	Apatinis	4	4

5	Viršutinis	4	6
	Apatinis	4	4

6	Viršutinis	3	4
	Apatinis	4	4

7	Viršutinis	4	4
	Apatinis	4	4

IŠVADOS

1. Atlikus dantų lanko formos įvertinimo metodų analizę, galime teigti, kad siūlomas metodas gerai tinka apatiniam žandikauliui aprašyti. Dauguma atveju viršutinio ir apatinio žandikaulio dantų lanko formai apibūdinti gerai tinka 4 eilės polinomo funkcija.
2. Parinkta tinkama dantų pločių ir gumburų erdvinių koordinačių įvertinimo programinė įranga (Dental3D), kuri skirta erdvinių kompiuterinių modelių analizei.
3. Ištyrus dantų lanko formos aproksimavimo polinomų funkcijomis galimybes, parinkti tinkami gautų kompiuterinių modelių tikslumą ir stabilumą įvertinantys parametrai.
4. Sukurtas dantų lanko formos prognozės algoritmas, ištirti jo tikslumą bei stabilumą palyginant prognostines kreives ir dantų lanko formas po gydymo.
5. Palyginus dantų lanko prognozes, tai 86 % atveju apatinio žandikaulio buvo tiksliai prognozuojant polinomo funkcija.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Hassan Noroozi, DDS, MSc; Tahereh Hosseinzadeh Nik, DDS, MSc; Reza Saeeda, BS, MS. The Dental Arch Form Revisited. *Angle Orthodontist*, Vol 71, no 5, 2001
2. Dantų lankas [prieiga per internetą] http://en.wikipedia.org/wiki/Dental_arch žiūrėta 2014-11-28
3. Netaisyklingas sąkandis [prieiga per internetą] http://lt.wikipedia.org/wiki/Netaisyklingas_sąkandis žiūrėta 2014-11-28
4. Dorfer CE, Bethlenfalvy ER, Staehle HJ, Pioch T. Factors influencing proximal dental contact strengths. *Eur J Oral Sci* 2000; 108:368–377
5. Dantų lanko forma [prieiga per internetą] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gray996.png> žiūrėta 2014-11-28
6. Dantų antspaudas [prieiga per internetą] http://lt.wikipedia.org/wiki/Dantų_antspaudas žiūrėta 2014-12-05
7. Dantų tiesinimas breketais [prieiga per internetą] http://www.vivadens.eu/lt/kursai_estet-plomb_aidai/ žiūrėta 2014-12-05
8. Matavimai slankmačiu [prieiga per internetą] <http://lt.wikipedia.org/wiki/Slankmatis>
9. Breketai [prieiga per internetą] <http://www.pilene.lt/lt/ortodontija-breketai> žiūrėta 2015-04-26
10. Breketų rūšys [prieiga per internetą] <http://tobulasypsena.lt/kokias-problemas-pades-isspresti-breketai/> žiūrėta 2015-04-06
11. Gydimas breketų sistema [prieiga per internetą] <http://www.beladenta.lt/Ortodontija?gclid=CKHSorSmyb4CFXLJtAodT0oAMQ> žiūrėta 2015-06-07
12. Triviño T., Siqueira D. F., Scanavini M. A. A new concept of mandibular dental arch forms with normal occlusion // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 2008. – Vol. 133. – P. 10.e15–10.e22.
13. Braun S., Hnat W. P., Fender D. E., Legan H. L. The form of the human dental arch // *Angle Orthodontist*. – 1998. – Vol. 68. – P. 29–36.
14. Adaškevičius R., Vasiliauskas A. 3D multicamera dental cast scanning system // *Electronics and Electrical Engineering*. – ISSN 1392-1215. – Kaunas. – 2008. – No. 2(82). – P. 49–52.
15. Amenta N., Choi S., Dey T., Leekha N. A simple algorithm for homeomorphic surface reconstruction // *ACM Symposium on Computational Geometry*. – 2000. – P. 213–222.
16. Jost T., Huegli H. A multi-resolution ICP with heuristic closest point search for fast and robust 3D registration of range images // *IEEE International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling, Banff*. – 2003. – P. 427–433.
17. Seba AlHarbi; Eman A. Alkofide; Abdulaziz AlMadi. // *Mathematical Analyses of Dental Arch Curvature in Normal Occlusion* // *Angle Orthodontist*, Vol 78, No 2, 2008.
18. Michael F. Leifert, Melvyn M. Leifert, Stella S. Eistratiadis, and Thomas J. Cangialosi. // *Comparison of space analysis evaluations with digital model and plaster dental casts* // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, July 2009.

19. Vanessa Paredes; Jose Luis Gandia; Rose Cibrian//A New,Accurate and Fast Digital Method to Predict Unerupted Tooth Size//. Angle Ortodontist,Vol 76,No 1, 2006.
20. Hassan Noroozi,DDS,MSc; Tahereh Hosseinzadeh Nik,DDS,MSc,Reza Saeeda,BS,MS //The Dental Arch Form Revisited//. Angle Ortodontist,Vol 71,No 5, 2001.Haruaki Hayasaki, Renato Parsekian Martins,Luiz Gonzaga Gandini Jr,Issei Saitoh, and Kazuaki Nonaka.//A new way of analyzing occlusion 3 dimensionally//.American Journal of Ortodontics and Dentofacial Orthopedics,July 2005.
21. Tarcila Trivino,Danilo Furquim Siqueira, and Marco Antonio Scanavini. //A new concept of mandibular dental arch forms with normal occlusion//.American Journal of orthodontics and Dentofacial Orthopedics.January 2008.
22. Seba AlHarbi, Eman A.Alkofide; Abdulaziz AlMadi// Mathematical Analyses of Dental Arch Curvature in Normal Occlusion//Angle Orthodontist,Vol 78,No2,2008
23. Michael F.Leifert, Melvyn M.Leifert, Stella S. Efstratiadis, and Thomas J.Cangialosi//Comparison of space analysis evaluations with Digital models and plaster dental casts//Dentofacial Orthop 2009;136:16.e1-16.e4.
24. Hans Wellens.//Applicability of mathematical curve-fitting procedures to late mixed dentition patients with crowding:A clinical-experimantal evaluation//.American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.February 2007.
25. Adaškevičius R., Vasiliauskas A. 3D multicamera dental cast scanning system // Electronics and Electrical Engineering. – ISSN 1392-1215. – Kaunas. – 2008. – No. 2(82). – P. 49–52.
26. Braun S., Hnat W. P., Fender D. E., Legan H. L. The form of the human dental arch // Angle Orthodontist. – 1998. –Vol. 68. – P. 29–36.
27. Haruaki Hayasaki, Renato Parsekian Martins,Luiz Gonzaga Gandini Jr,Issei Saitoh, and Kazuaki Nonaka.//A new way of analyzing occlusion 3 dimensionally//.American Journal of Ortodontics and Dentofacial Orthopedics,July 2005.
28. Plokštumos lygtis [prieiga per internetą]http://www.mif.vu.lt/~edma/ag_12.pdf
žiūrėta 2015-04-28
29. Tolyginis tiesaeigis judėjimas [prieiga per internetą]
http://lt.wikipedia.org/wiki/Tolyginis_tiesaeigis_jud%C4%97jimas žiūrėta 2015-04-29
30. 3D modelių skanavimas [prieiga per internetą] <http://www.elinvision.lt/lt/43-paslaugos/61-dantu-modeliai> žiūrėta 2015-04-30

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Matlab programos kodas

```
clear all
load utPoA.txt
d=double(utPoA);
t1=d(4,:);
t2=d(9,:);
t3=d(10,:);
t4=d(15,:);
tm=(t2+t3)/2;
A=det([t1(2)-tm(2) t1(3)-tm(3); t4(2)-tm(2) t4(3)-tm(3)]);
B=det([t1(1)-tm(1) t1(3)-tm(3); t4(1)-tm(1) t4(3)-tm(3)]);
C=det([t1(1)-tm(1) t1(2)-tm(2); t4(1)-tm(1) t4(2)-tm(2)]);
D=-det([tm(1) tm(2) tm(3); t1(1) t1(2) t1(3); t4(1) t4(2) t4(3)]);
for i=1:18
d0(i,1)=d(i,1)-A*(A*d(i,1)+B*d(i,2)+C*d(i,3)+D)/(A^2+B^2+C^2);
d0(i,2)=d(i,2)-B*(A*d(i,1)+B*d(i,2)+C*d(i,3)+D)/(A^2+B^2+C^2);
d0(i,3)=d(i,3)-C*(A*d(i,1)+B*d(i,2)+C*d(i,3)+D)/(A^2+B^2+C^2);
end
x=d0(:,1);
y=d0(:,2);
xm=(x(9)+x(10))/2;
ym=(y(9)+y(10))/2;
W=sqrt((x(18)-x(1))^2+(y(18)-y(1))^2);
D=abs((y(18)-y(1))*xm-(x(18)-x(2))*ym+x(18)*y(1)-y(18)*x(1))/sqrt((x(18)-x(1))^2+(y(18)-y(1))^2);
xmin=((x(9)+x(10))/2)-W/2;
xmax=((x(9)+x(10))/2)+W/2;
%Beta kreive
xposl=(xmax+xmin)/2-(x(9)+x(10))/2;
xb=(x-xposl);
[v,z]=size(xb);
for i=1:v
    Beta(i)=3.0314*D*((xb(i)/W)+0.5)^0.8*((0.5-(xb(i)/W))^0.8);
end
Beta=real(Beta);
maxB=max(Beta);
yposl=maxB-(y(9)+y(10))/2;
Beta=Beta-yposl;
Ss=0;
Sss=0;
Sv=0;
for i=1:v
    Ss=Ss+(y(i)-Beta(i))^2;
    Sss=Sss+(Beta(i)-mean(y))^2;
    Sv=Sv+(y(i)-mean(y))^2;
end
R=(1-Ss/Sv);
n=18;
m=2;
FisherBeta=(R/(1-R))*((n-m)/(m-1))
Fisher2=(n-m-1)*Sss/(m*Ss);
m=10;
cftool

R1=goodness1.rsquare;
Fisher11=(R1/(1-R1))*((n-m)/(m-1))
%modelio papildymas
xp(1:20)=0;
xp(1)=x(1)-4;
```



```
xp(2:10)=x(1:9);
xp(11)=xm;
xp(12:20)=x(10:18);
xp(21)=x(18)+4;
    y2=fittedmodell1(xp);
yp(1:20)=0;
yp(1)=y2(1);
yp(2:10)=y(1:9);
yp(11)=y2(11);
yp(12:20)=y(10:18);
yp(21)=y2(21);

%pasirinkti xp ir yp cftool

R2=goodness2.rsquare;
F=(R2-R1)/3/((1-R1)/m)
```