

3D LĀZERSKENERU OPTISKĀS SISTĒMAS

OPTICAL SYSTEMS OF 3D LASER SCANNER.

Elīna Rutkovska M.sc.ing.

Rīga Technical university Department of Geomatics

Address: Azenes iela 16, LV 1048, Latvia

Phone: +371 7089263, Fax: +371 7089263

Atslēgas vārdi: 3D lāzerskenēris, Manžēna spogulis, lēcas, filtri, diodes.

Ievads

Mūsdienu straujās būvniecības ietvaros ir nepieciešamība nodrošināt precīzus ģeodēziskus mērījumus visa procesa laikā. 3D lāzerskenēru sistēmas uz šo brīdi ir precīzākie instrumenti šajā nozarē. Pasaules mērogā 3D lāzerskenēšanas tehnoloģija tiek pielietota gan ēku inventarizācijā, rūpnīcu un industriālo objektu tehnoloģiskās infrastruktūras dokumentēšanā, projektēšanā, tuneļu būvniecībā, tiltu būvniecībā, dzelzceļa un ostu pārraudzībā, kultūrvēsturisko objektu dokumentēšanā, kriminoloģijā un citās nozarēs. To plašais piedāvājuma klāsts un sasniedzamā precizitāte ir augstu mērījumu līmenī.

3D lāzerskenēris

Lāzerskenēris ir iekārta, kas analizē reālās pasaules objektus un vidi, iegūstot datus par to ģeometriskajiem apveidiem, tekstūru un krāsām. Lāzerskenēris izstaro lāzerstaru uz objektu un mēra distanci no lāzerskenēra līdz objektam, izmērot atgriešanās laiku no izstarotā līdz atstarotajam staram. Mērījumu rezultāts ir punktu kopa, kura var tikt attēlota un apstrādāta datorā ar atbilstošu programmnodrošinājumu – CAD (Computer Aided Design) elementiem. Dati tiek izmantoti, konstruējot trīs dimensiju modeli. [1]

Galvenais lāzerskenēra mērķis ir iegūt punktu kopu par objekta ģeometriju.

Lāzerskenēra sistēma sastāv no šādiem komponentiem:

- Skenera
- Objektprogrammas; uzdevuma; mērķa
- Barošanās bloka
- Laptop datora [11]

Lāzerskenēra priekšrocības salīdzinot ar fotogrammetriju ir šādas:

- Kvalitatīvāki rezultāti
- Augstāka izšķirtspēja
- Pārvalda iegūtos 3D punktus (x, y, z, un RGB (red-green-blue) krāsās)
- Dod milzīgu punktu kopu uz skanētās virsmas
- Izcila tehnika aprakstot neregulāras virsmas (reljefu, skulptūras)
- Rezultāti (telpiskās koordinātas) ir pieejami ļoti īsā laikā. [1]

Tradicionālās fotogrammetrijas metodes, veidojot 3D modeļus, tiek pielietotas jau ilgu laiku. Bet attīstoties digitālajām fotogrammetrijas sistēmām, karšu produkciju ir iespējams vadīt ar CAD platformām. Ievietojot modeļus CAD sistēmās ir iespēja ērti un vienkārši iegūt informāciju par modeli, kā arī vieglāk to iespējams rediģēt. Terestriskās lāzerskenēšanas sistēmas nodrošina objektu modelēšanu bez mērogošanas un kompleksētības. Sistēma skenējot noteiktu objektu sevī savāc milzum daudz punktus, tādējādi veidojot punktu kopas, atkarībā no tā cik sesijas ir bijušas viena objekta skenēšanas laikā. Šie punktu mākoņi satur sevī miljoniem objekta punktus ar noteiktām koordinātām (x,y,z). Šos datus ar noteiktām programmatūrām ir iespējams vizualizēt, analizēt, atlasīt, kā arī veidot galaproduktus – kartes, modeļus 3D vidē vai rasējumus 2D vidē. Mūsdienās ir izdevīgi apvienot šos abus darbības virzienus, jo tad tiek iegūti kvalitatīvāki rezultāti. Tipiskākais rezultāts ir ortofoto attēli.

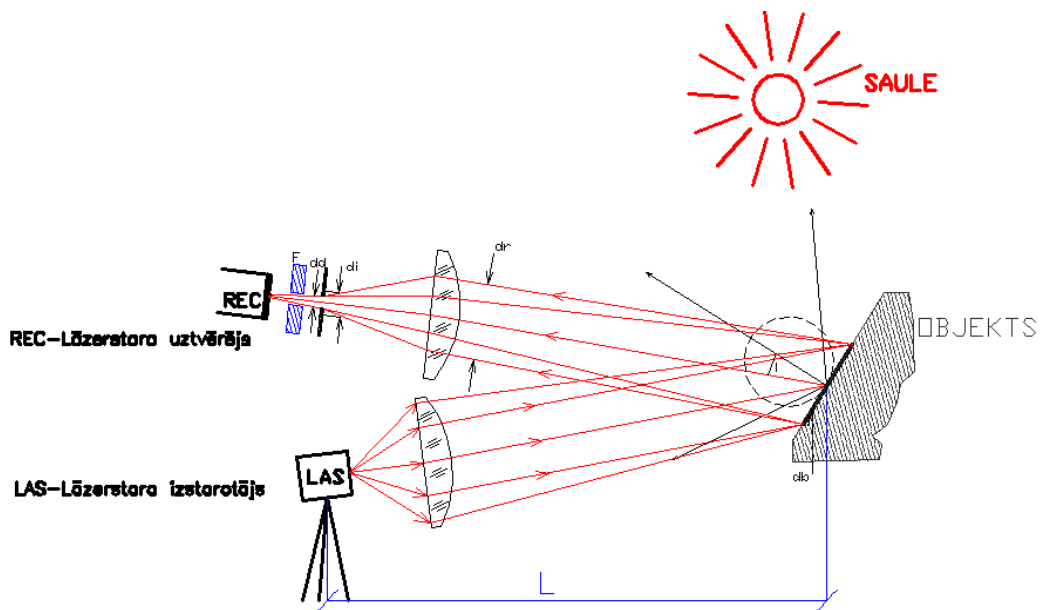
Iedalījums

Attiecībā pret skenēšanas attālumiem un pielietojuma, tiek izdalīti trīs veidu lāzerskeneri:

- Aviācijas lāzerskeneri – LiDAR (Light Detection and Ranging system) sistēmas, dažādu karšu izgatavošanā (ortofoto), kadastrālajā reģistrā. Skenēšanas attālums virs 250m.
- Terestriskās fotogrammetrijas lāzerskeneri – TLSS (Terrestrial Laser Scanning System) tiek izmantotas ūdenstvertņu mērīšanā, arhitektūrā, deformāciju mērījumos, naftas bunkuru uzmērīšanā, būvniecības pārraudzībā, kultūrvēsturisko objektu dokumentēšanā. Skenēšanas attālums līdz 250m.
- Optiski – mehāniskie lāzerskeneri - medicīnā, kriminālās izmeklēšanas un drošības tehnoloģiju procesos. Skenēšanas attālums līdz 25m.

Darbības principi

Lāzers izstaro impulsu ar enerģiju E_{las} . Kolimators uz mērāmās virsmas attālumā L apgaismo laukumu ar diametru d_b . Virsma ir matēta. Tiek atstarota gaisma pēc Lamberta likuma (Gaismas enerģija, ko noteiktā virzienā izstaro vai izkliedē kāda ķermeņa virsmas elements, ir proporcionāls leņķa kosinusam, ko veido novērošanas virziens un normāles virziens. Tas nozīmē, ka ķermeņa virsmas spožums nav atkarīgs no novērošanas virziena. Likums ir spēkā tikai absolūti melnam ķermenim. Tuvinātu likumam pakļaujas gaismas izkliede no matētas virsmas vai ideāli izkliedējošas vides. To formulēja J.H.Lamberts 1760gadā).



1.att. Lāzersistēmas darbības principu shēma [2]

Enerģija telpas leņķī τ ir aprēķināma pēc formulas:

$$E_r = E_{las} * c_{kol} * k * \frac{\tau}{\pi} * \cos i \quad (1)$$

$$\tau = \frac{\pi^2}{4L^2} \quad (2)$$

Uztvērēja enerģiju aprēķina:

$$E_r = E_{las} * c_{kol} * c_{opt} * k * \frac{d_r^2 * \cos i}{4L^2} \quad (3)$$

Uztvērējā REC veidojas fotostrāva, ko aprēķina:

$$I_{rec} = E_r * q * c_{fi} * \left(\frac{d_d}{d_i}\right)^2 \quad (4)$$

ja $d_d \geq d_i$, tad $\frac{d_d}{d_i} = 1$

kur,

E_r – enerģija telpas leņķī τ

k – virsmas atstarošanās koeficients

E_r – uztvērēja enerģija

q – kvantu efektivitāte

c_{kol} – kolimatora caurlaidība

c_{opt} – uztvērēja optikas caurlaidība

c_{fi} – šaurjoslas filtra caurlaidība

d_d – diafragmas diametrs

d_i – apgaismotā laukuma attēla diametrs

I_{rec} – uztvērēja fotostrāva

L – attālums no lāzerskenera līdz skenējamajam objektam

τ – telpas leņķis

E_{las} – izstarotā lāzerenerģija

Filtrs laiž cauri gaismu ar lāzera viļņa garumu. Lai L būtu maksimāli liels, tad arī I_{rec} ir jābūt lielākam. d_d ir jābūt minimālam, lai tiktu samazināta Saules ietekme. [2]

Pēc darbības principa lāzerskenerus iedala:

- Kontakta - pie kontakta skeneriem pieder optiski mehāniskās ierīces (CMM-coordinate measuring machine), kurām ir „aptaustošais sensors”, kas koordinātas iegūst tieši pieskaroties objekta virsmai. Iegūtās koordinātas tiek apstrādātas un iegūtie dati, tad var tik realizēti, veidojot 3D modeļus;
- Bezkontakta - Šādu skeneru darbības princips ir balstīts uz lāzestara izmantošanu, kad lāzestars tiek izmantots kā „taustošais” elements. Papildus daudzi bezkontakta skeneri ir papildināti ar specializētu fotokameru, kas darbojas sinhronizēti kopā ar skenējošo ierīci. [1]

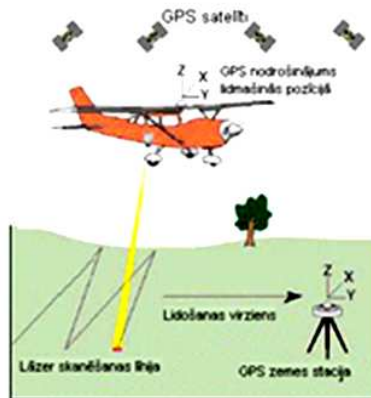
Mūsdienās 3D lāzerskeneru pamatā ir fāžu maiņas vai impulsu atgriešanās laika mērījumi:

- Fāžu maiņas tehnoloģija darbojas tā, ka tiek izsūtīts lāzestars ar sīnusodiālu vilni caur rotējoša spoguļa centru, kas tiek novirzīts uz objektu. Pēc atstarošanās no objekta, fāžu maiņā tiek izmērīts attālums līdz objektam. Lietojot kodētājus tiek izmērīta spoguļa rotācija un horizontālā rotācija lāzerskenerī, tādējādi nosakot katra punkta 3D koordinātas. Fāžu maiņas metode tiek pielietota biežāk, jo tā ir daudz precīzāka, tā pieļauj lāzestara sašaurināšanu, tomēr mērīšanas attāluma diapazons šai metodei ir ierobežots - līdz 3m optimālai lietošanai.
- Impulsu atgriešanās laika mērījumu tehnoloģija balstās uz raidītā impulsa atgriešanās laika aprēķināšanu (skeneris – objekts – skeneris). Šādiem skeneriem attālumu mērījumi var būt ievērojami lielāki, virs 30m. Šī tehnoloģija ir līdzīga kā totālstacijās. Atšķirība ir laika ziņā un datu iegūšanas precizitātē. Ar totālstaciju var aptuveni iegūt 4 attāluma mērījumus sekundē, bet ar 3D lāzerskeneri ap 5000 mērījumiem katru sekundi. [8]

Lietojot impulsu mērīšanas metodi, signāls var būt no 10 līdz 100 reizēm spēcīgāks, kā fāžu gadījumā (tipiski tas ir 5kHz līdz 50kHz vai pat 500kHz). [7]

Aviācijas lāzerskeneru darbības principi

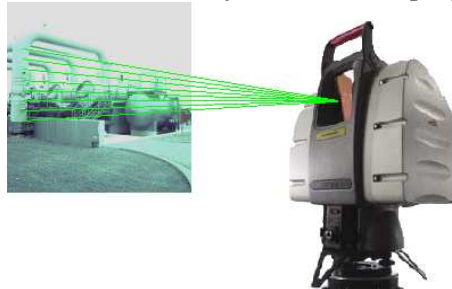
Lāzerskenēšanas principi ir bāzēti uz laika aprēķiniem starp izstaroto un atgriezto lāzestaru, iegūstot x , y , z koordinātas un atgrieztā stara intensitāti. LiDAR darbība ir līdzīga radaru sistēmām, izņemot to, ka šaurais lāzestars tiek izsūtīts pat labāk kā radio viļņi. Mērīšanas uztvērējs izskaitļo laika intervālu starp stara izdošanu un saņemšanu (ΔT). Stara lidošanas ātrums (C) ir aptuveni 0,3m/ns. Pēc šiem dotajiem lielumiem var aprēķināt distances amplitūdu – $(Cx\Delta T)/2$. [7]



2.att.Aviācijas lāzerskenēšanas datu iegūšana [1]

Terrestrisko lāzerskeneru darbības principi

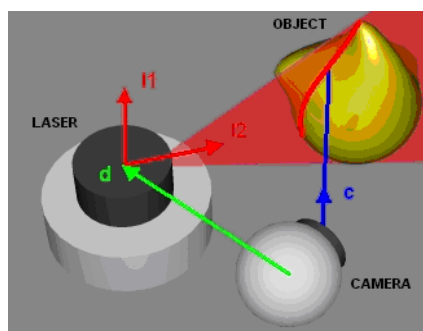
Lāzerskeneru tirgus terrestriskajā izmantošanā ļoti veiksmīgi attīstījies pēdējos gados un izmantojot to mērniecības jomā, tas dod lielu ieguldījumu ražošanā. Tiešs šo sistēmu salīdzinājums ir sarežģīts tehnisko specifikāciju un darbības principu dēļ. Tomēr var teikt, ka 3D lāzerskeneris ir jaudīga mērījuma tehnoloģija, nosakot objekta punktu 3D koordinātas ar ātrums līdz pat 5,000 punktiem sekundē. [4] Lāzerskenēšanas principi, kas tiek pielietoti šajās sistēmās ir bāzēti uz vienu un to pašu: programnodrošinājumu, kas darbojas ar PC (personal computer - personāldators) un tas kontrolē procesu ar skenera karti. Šī karte konvertē vektora datus uz „kustīgo” informāciju, kas nāk no skenēšanas bloka. Šis skenēšanas bloks sastāv no diviem spoguļiem, kas novirza lāzerstaru uz vienu līmeni (X un Y koordinātām). Trešā dimensija tiek realizēta ar specifisku optiku, kas lāzera fokālu punktu pārvieto dziļuma virzienā (Z koordināta). Trešā dimensija ir nepieciešama priekš speciālas izmantošanas – 3D modeļa veidošanai. [16]



3.att. Metode, kā tiek iegūti terrestriskās lāzerskenēšanas dati [15]

Optiski - mehānisko lāzerskeneru darbības principi

3D-modelēšanu var uzskatīt kā pašu populārāko un pieprasītāko datorgrafikas mākslu. Tomēr daudzi speciālisti to uzskata arī kā vienu no pašām sarežģītākajām, un līdzās programmēšanai, vēl arī rūpīgāko no zinātnēm. Šīs ierīces ļauj ne tikai vienkāršot 3D-modeļa radīšanas procesu, bet arī pacelt viņu līdz reālisma līmenim. Šādi lāzerskeneri ir domāti nelielu objektu, priekšmetu skenēšanai, lai pēc tam no iegūtajiem datiem varētu izgatavot 3D modeļus, kas paredzēti tādās sfērās, kā animācija, medicīna, sīku detaļu izpēte u.c.



4.attēls. Darbības principi [12]

Pamatdarbības balstās uz līniju lāzera moduli, PC kameru un motora kontroles sistēmu. Lāzers ir novietots virspusē motora griešanās asij. Kamera novietota noteiktā definētā attālumā. Objekts atrodas gan lāzera, gan kameras redzes laukā.

Lāzerskeneru pamatkomponenti

Lāzers - LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ir optiska iekārta, kas emitē fotonu koherentā starā. Lāzera gaisma ir tipiski tuva monohromatiskais gaismai, tas nozīmē, ka satur vienu vienīgu viļņa garumu vai krāsu, un tiek emitēta šaura stara veidā. Tā kā lāzera stars ir ļoti monohromatisks un paralēls, tad to ar lēcu sistēmām var fokusēt uz ļoti maza laukumiņa un iegūt ārkārtīgi lielus jaudas blīvumus – pat 10^{12} kW/cm². Visa lāzera izstarotā jauda, atšķirībā no parastajiem gaismas avotiem, ir koncentrēta ļoti šaurā spektrālā intervālā. Līdz ar to arī enerģijas spektrālais blīvums ir ārkārtīgi liels. Tas ļauj lāzerus izmantot ne tikai naktī, bet arī saulainā dienā. [10]

Lāzersistēma galvenokārt sastāv no trīs komponentiem - Enerģijas devēja, lāzera vides un Optiskā rezonatora (spoguļa sistēmas) [17]

Lāzerstara izstarotājsistēma - LEDs – light emitting diodes ir lāzers, kur aktīvā vide ir pusvadītāji.



5.att. Lāzera diode [14]

Diožu lāzeri savas mērenās cenas, kompakto izmēru, ekonomiskuma un garā darba mūža dēļ atļauj vienkāršāk realizēt spektroskopiskas metodes, kuras sākotnēji bija izveidotas ar sarežģītākiem lāzeru avotiem. Kā piemēru var minēt atomu lāzera dzesēšanu. [6]

Galvenās specializētās lāzera diožu ražotājfirmas ir: Hitachi, Sanyo, Mitsubishi, Sharp, Thorlabs un Hamamatsu. [14]

Lāzestara uztvērējsistēma - Thorlabs' Bandpass filtri nodrošina vienu no vienkāršākajiem un īpaši ekonomiskiem ceļiem, nododot skaidru gaismas viļņu garumu joslas grupu, tai pat laikā aizsargājot no cita nevajadzīga izstarojuma. Filtrs pēc būtības ir Fabry-Perot interferometrs formētš pēc vakuuma pārklājuma metodes. [13]

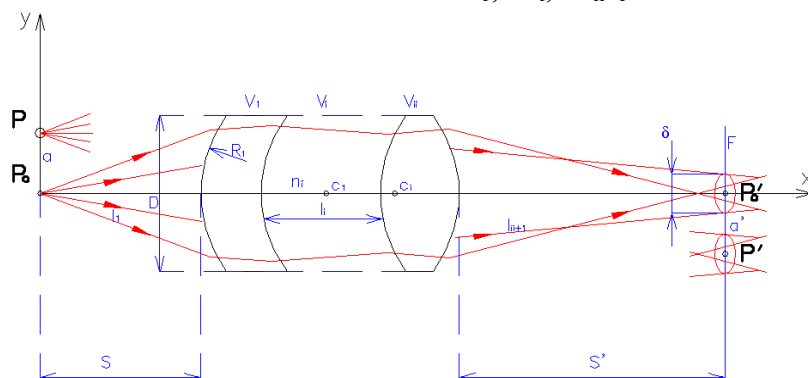


6.att. Lāzera filtri [13]

Lāzera skeneru parametru uzlabošana, izmantojot optisko sistēmu ar augstu izšķiršanas spēju

Optisko sistēmu parametru uzlabošana

Reālās optiskās sistēmas sastāv no vairākām sfēriskajām virsmām $V_1, \dots, V_i, \dots, V_{ii}$ ar liekuma rādiusiem $R_1, \dots, R_i, \dots, R_{ii}$, kuras atrodas attālumos $l_1, \dots, l_i, \dots, l_{ii+1}$. Starp šīm virsmām atrodas vide ar laušanas koeficientiem $n_1, \dots, n_i, \dots, n_{ii+1}$. Tas attēlots attēlā 7att.



7.att. Reālās optiskās sistēmas shēma.

Ja punktveida gaismas avots P_0 atrodas uz optiskās ass x , uz kuras atrodas arī visu optisko virsmu optiskie centri $c_1, \dots, c_i, \dots, c_{ii}$, tad optiskā sistēma formē attēlu punktā P_0' . Reālām optiskajām sistēmām stari nekrustojās vienā punktā, bet gan apgaismo laukumu ar diametru δ . Attālums no gaismas avota P_0 līdz pirmās virsmas virsotnei ir $S=l_1$, attālums no pēdējās virsmas V_{ii} līdz plaknei, kur δ ir minimāls $l_{ii+1}=S'$ (aizmugures nogrieznis). Un tas nozīmē, ka attēls ir uz fokālās plaknes F . Ja objekts izstaro tikai viena viļņa garuma gaismu, tad attēla izmērus nosaka tikai sistēmas sfēriskā aberācija. Ja gaismas avots P neatrodas uz optiskās ass, bet attālumā no tās, tad tā attēls veidojas attālumā a' fokālajā plaknē.

Attēla diametrs δ ir atkarīgs no optiskās sistēmas parametriem R_i, l_i , un vides laušanas koeficientiem starp virsmām. Optisko sistēmu optimizācijas pamatā ir atrast tādu parametru kombināciju, pie kuriem attēla diametrs ir minimāls. Tiek izmantota parametru variācijas metode, kas ir aprakstīta darbā [5].

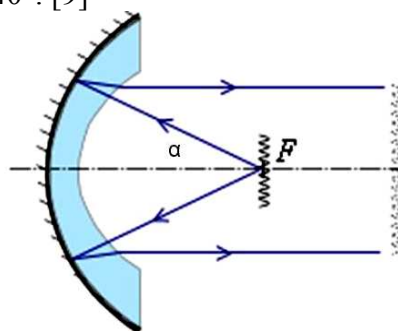
Izvēlētā optiskā sistēma – Manžēna spoguļis

Apgaismošanas optiskās sistēmas ļauj uzlabot apgaismojuma kvalitāti, iesaistot lielu daļu gaismas avota plūsmas un nodrošinot vienmērīgāku objekta apgaismojumu. Apgaismojošās sistēmas galvenie elementi ir vienkāršas lēcas vai spoguļi (sfēriski vai afēriski), kā arī lēcas vai spoguļi ar sarežģītu profilu (Freneļa lēcas). Apgaismojošās

sistēmas elementu kvalitātes noteikšanā var izmantot rastru sistēmas, gaismas vadus un optiskās šķiedras.

Lēcu apgaismojošās sistēmas satur tikai sfēriskas lēcas vai afēriskas formas. Jo lielāks apertūras leņķis, jo sarežģītāka kondensora shēma. Maksimālais apertūras leņķis lēcu kondensoram ir 90° . Vienkāršākā kondensora shēma ir vienkārtēja lēca ar apertūras leņķi ne vairāk kā $15 - 20^\circ$.

Spoguļu apgaismojošās sistēmas satur tikai spoguļu elementus. Tās atšķiras no lēcu sistēmām ar lielo apertūras leņķi (līdz 140°) un hromatiskās aberācijas neesamību. Pie tam, spoguļu sistēmām ir mazāka masa nekā lēcu sistēmām, un lielāki caurlaidības koeficienti. Trūkums ir asfēriskā virsma (rotācijas paraboloids). Vienkāršākā spoguļu sistēma ir ielikts sfērisks spogulis ar apertūras robežleņķi līdz 110° . Šādā sistēmā gaismas avots atrodas spoguļa fokusā, un tā attēls tiecas uz bezgalību. Lai izvairītos no defektiem vai atspoguļojošās kārtas piesārņojumiem, bieži šajās sistēmās tiek pielietoti stiklu atstarotāji, kuru iekšējo virsmu nosedz ar atspoguļojošu kārtu. Piemēram, Manžēna spogulis sastāv no divām sfēriskām virsmām, kur viena no tām nosepta ar pārklāta ar atstarojošo kārtu. Tādam spogulim apertūras leņķis α ir tuvs 140° . [9]



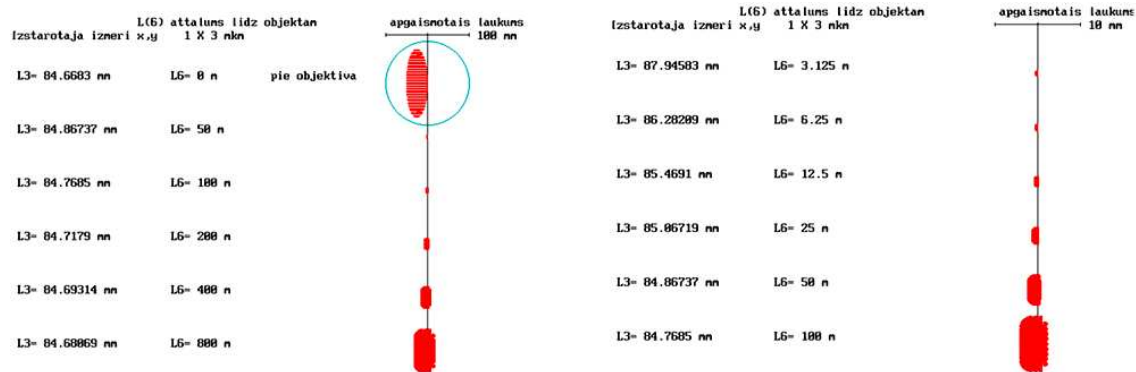
8.att. Manžēna spogulis [9]

Šajā gadījumā ir nepieciešama optiskā sistēma, kas dod maksimālu enerģijas koncentrāciju attēlā. Ja kā izstarotāju izmanto pusvadītāju lāzeri, tad ir jāreķinās ar to, ka stari no diodes izplūst plašā leņķī $\sim 12^\circ \times 60^\circ$ kūlī. Tādēļ ir nepieciešama optiskā sistēma ar lielu gaismas spēju. Šādām prasībām atbilst Manžēna spogulis, kuru patentēja jau 19.gs. Spogulis atšķiras no parastiem astronomiskiem spoguļiem ar to, ka atstarojošā virsma uzklāta uz stikla aizmugures, skatoties no krītošā stara puses. Mainot abu rādiusu skaitliskās vērtības, var panākt to, ka stari krustojas vajadzīgā attālumā ar izlabotu sfērisko aberāciju.

Izstarotāja optiskā sistēma un tās apgaismotais laukums dažādos attālumos. Programma „OPTFOK”.

Tiek pieņemts, ka lāzers kopā ar lēcu veido atsevišķu moduli, kurš var pārvietoties aksiālā virzienā, mainot attālumu l_3 . Par cik pusvadītāju lāzers izstaro gaismu kūlī $12^\circ \times 30^\circ$, tad fokusēšanai var izmantot tikai pusi no Manžēna spoguļa.

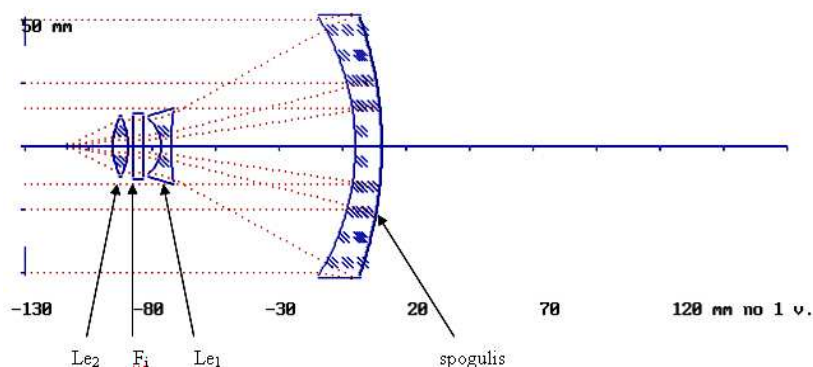
Reāliem pusvadītāju lāzeriem izstarotā virsma ir ar kārtu $1 \times 3 \text{ mkm}$, pie kam laukuma orientācija sakrīt ar gaismas kūļa orientāciju. Ideālas sistēmas gadījumā uz mērāmās virsmas būtu jāveidojas izstarotāja virsmas attēlam pēc optikas likumiem, bet par cik mūsu izvēlētajai sistēmai ir arī neliela sfēriskā aberācija, tad attēls ir nedaudz „izsmērēts” (9att.).



9.att. Apgaismotais laukums lielos un mazos attālos no iekārtas (punktveida objekts) [3]

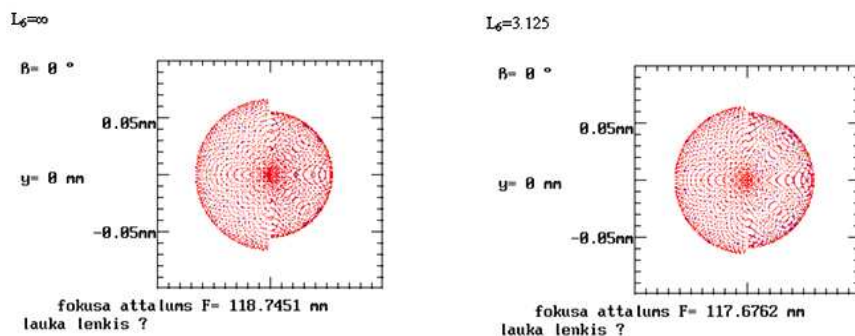
Uztvērēja optiskā sistēma

Ja objekta mērījumi tiktu izdarīti pilnīgā tumsā, tad kā gaismas uztvērēja sistēmu varētu izmantot tādu pašu sistēmu kā raidītājam, fokusā novietojot gaismas jūtīgo fotodiodes. Reāli objektu apgaismo arī Saule vai citi gaismas avoti. Lai šo iespaidu samazinātu, ir jāpielieto šaurjoslas gaismas filtrs, kura maksimālā caurlaidība ir atbilstoša noteiktajam lāzera viļņa garumam. Par cik filtra darbība pamatojas uz gaismas interferenci plānās kārtiņās, tad maksimālā caurlaidība ir tad, ja filtram cauri iet paralēls staru kūlis perpendikulāri tā virsmai. Tādēļ optiskā shēma tika papildināta ar negatīvu lēcu Le_1 , kura no saejoša gaismas kūļa, veido paralēlu staru kūli, kurā ievietots gaismas filtrs F_i . Lai no jauna gaismu fokusētu uz uztvērēja diodi, tad tam kalpo lēca Le_2 (10.att.).



10.att. Uztvērēja optiskā sistēma [3]

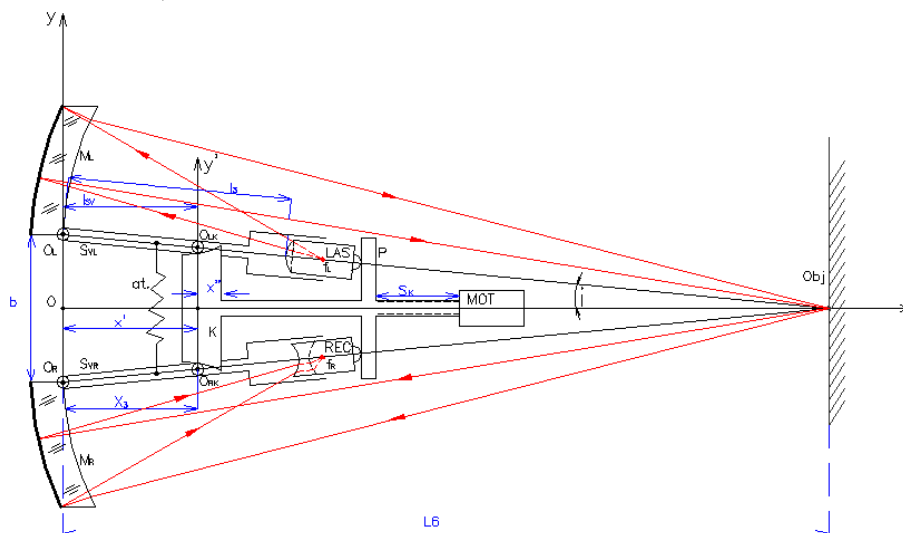
Ar programmu „OPTFOK” tika analizēta gaismas fokusēšanās kvalitāte lielā un minimālā attālumā. (11.att.) Sekojošajos attēlos var redzēt objekta apgaismotās virsmas laukums uz gaismas jūtīgā uztvērēja virsmas, kura izmēri ir 0,2mm. Kā, piemērs ir pieņemta sarkanā gaisma; optika 100mm. Būtiski ir tas, ka nekas no stariem neaiziet garām.



11.attēls [3]

Fokusēšanas optiskā sistēma. Programma „KILIS”

Par cik, kā raidītāja un uztvērēja sistēmas pamatā ir 2 vienādas Manžēna spoguļa pusītes, tad mainoties attālumam uztvērējā un lāzera raidītājā, papildus optiskās sistēmas jāpārvieta aksiālā virzienā sinhroni. To var realizēt ar fokusēšanas un pagriešanas sistēmu, kas attēlota 12. attēlā.



12.att. Fokusēšanas un pagriešanas sistēma [3]

kur,

LAS – lāzestara raidītājs (lāzers + optika)

REC – lāzestara uztvērējs (uztvērēja diode + optika + gaismas filtrs)

P – plaukts uztvērēja un raidītāja pārvietošanai aksiālā virzienā

L_6 – attālums no lāzestara līdz skenējamajam objektam

b – attālums starp raidītāja un uztvērēja optiskajām asīm fokusā

i – leņķis starp optiskajām asīm, lai sistēmas būtu vērstas uz punktu P

l_3 – optikas optimizācijas koeficients

X_{ass} – O-O_{obj} vērsta uz mērāmo objektu

Y_{ass} – perpendikulāra X asij zīmējuma plaknē

M_L – raidītāja (lāzera) spoguļa puse

M_r – uztvērēja spoguļa puse

O_L – raidītāja spoguļa ass perpendikulāri zīmējuma plaknei

O_r – uztvērēja spoguļa ass

S_{VL} – raidītāja spoguļa svira pagriešanai pa O_L asi (l_{sv} – sviras garums)

S_{VR} – uztvērēja spoguļa svira

O_{LK} – raidītāja sviras rullīša ass

O_{rK} – uztvērēja sviras rullīša ass

K – pārvietojams šablons (ķīlis) starp rullīšiem

x', y' – rullīša ass koordinātas

at – atspere rullīša kontakta nodrošināšanai ar šablonu

x'' – attālums no l_3 stāvokļa, kad $L_6 = \infty$ (asis $O_L - O_{obj}$ un $O_r - O_{obj}$ paralēlas)

S_k – skrūve šablona un plaukta pārvietošanai aksiālā virzienā

MOT – motors šablona pārvietošanai

l_{sv} – sviras garums

Soļu motors MOT saņem informāciju no attāluma mērīšanas sistēmas L_6 . Motors ar skrūves S_k palīdzību pārvieto plauktu P, kas savukārt pārvieto lāzera bloku LAS un uztvērēja bloku REC. Ķīlis K pārvietojas kopā ar plauktu un pagriež raidītāja un uztvērēja spoguļa pusītes, lai to optiskās asi krustotos mērāmā objekta vienā punktā Obj. Pagrieziena leņķi i aprēķina pēc formulas 4.5.1. [3]

$$i = \arctg \frac{b}{2 L_6} \quad (5)$$

$b = 30 \text{ mm}$

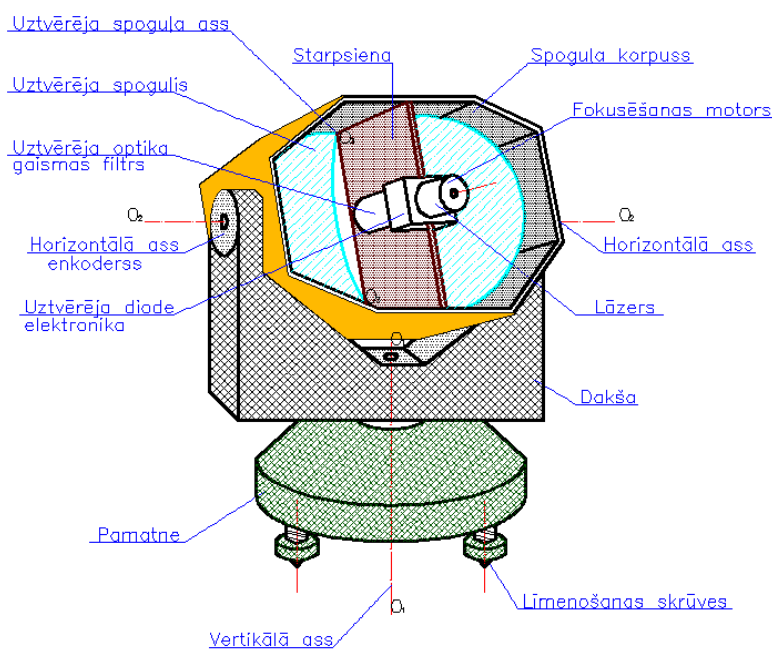
$l_{sv} = 100$

$i = f_1(L_6)$

$l_3 = f_2(L_6)$

$i = 0$, ja $L_6 = \infty$

Iespējamā nākošas paaudzes 3D lāzera skenera dizains.



13.attēls.

Secinājumi

Pētījuma rezultātus var apkopot ar sekojošiem secinājumiem.

- 3D lāzerskeneru pamatā ir fāžu maiņas vai impulsu atgriešanās laika mērījumi.
- Uzlabot optisko sistēmu iespējams, izmantojot parametru variācijas metodi, kas optimizē optisko sistēmu, iegūstot minimālu attēla diametru.
- Lāzersistēmā tiek izmantots pusvadītāju lāzers, kas izstarojās plašā staru kūlī, līdz ar to tiek radīta liela enerģija, un lai šo kūli samazinātu tiek

pielietots Manžēna spogulis, kas izstarotos paralēlos starus safokusēt mazā staru kūlī.

- Gaismas spējas palielināšanai tiek pievienota neliela lēca izstarotāja priekšā
- Optiskā sistēma tiek papildināta ar mehānismu, kas pārfokusē sistēmu – KILIS, kurā mainot attālumu starp lēcām, tiek panākta vajadzīgā precizitāte noteiktā attālumā.
- Reālām pusvadītāju lāzeris izstarotā virsma ir ar kārtu 1x3mkm, pie kam laukuma orientācija sakrīt ar gaismas kūļa orientāciju, līdz ar to mūsu izvēlētajai sistēmai ir arī neliela sfēriskā aberācija, un attēls ir nedaudz „izsmērēts”, bet tas ļoti minimāli ietekmē iegūto precizitāti.
- Pielietojot šaurjoslas gaismas filtru, tiek samazināta Saules un citu gaismas avotu radītie traucējumi.
- Iegūtajos rezultātos uz gaismas jūtīgā uztvērēja virsmas apgaismotās virsmas laukums ir ap 0,2mm. Un būtiski ir tas, ka nekas no stariem neaiziet garām.

Līdz ar to galarezultātā:

- samazinās lāzerskenera gabarīti
- var samazināt izstaroto enerģiju vai palielināt mērīšanas attālumu
- iegūstama lielāka precizitāte

Pielietošana:

- Augstas precizitātes mērījumos
- Arhitektūrā
- Precīzām mehāniskām konstrukcijām (lieliem stadioniem)
- Sarežģītu radioteleskopu sistēmu izpētē (radiolokatoriem)
- Kuģu būvniecībā
- Medicīnā (vispirms minimizējot parametrus)
- Mehānisko iekārtu kvalitātes pārbaudē, pielaides analizē, attīstībā un pilnveidošanā
- Informācijas un komunikāciju zinātnēs
- Militārajā jomās
- Mežizstrādes jomās
- Muzejos – eksponātu 3D katalogu veidošana

Literatūra

1. Elīna Rutkovska. „3D lāzerskeneru pielietojums pasaulē un Latvijā”, Bakalaura darbs, RTU, 2005
2. E.Rutkovska, M.Ābele „3D lāzerskeneru optiskās sistēmas”, 47.RTU studentu zinātniskās un tehniskās konferences materiāli, Rīga, RTU, 2006
3. E.Rutkovska, M.Ābele „3D lāzerskeneru optiskās sistēmas”, 48.RTU studentu zinātniskās un tehniskās konferences materiāli, Rīga, 2007.gada 25.aprīlis
4. Fröhlich, C.; Mettenleiter, M. „TERRESTRIAL LASER SCANNING – NEW PERSPECTIVES IN 3D SURVEYING”, Zoller + Fröhlich (Z+F) GmbH, 2004
5. G.Ābeles disertācija „Применение зеркально-линзовых систем для наблюдений искусственных спутников земли”, Рига, 1974
6. S. Nakamura and G. Fasol, „The Blue Laser Diodes”, 1997

7. The Worldwide Magazine for Geomatics, September 2004, Volume 18, GIM International
8. The Worldwide Magazine for Geomatics, September 2006, Volume 20, Issue 9, GIM International
9. http://aco.ifmo.ru/el_books/introduction_into_specialization/glava-7/glava-7-2.html
10. <http://datzb.intelctuals.net/> - LU FMF DatZB Darbu Arhīvs, 2002, 2003
11. <http://www.gmat.unsw.edu.au/currentstudents/ug/projects/Linke/> - school of Surveying and Spatial Information Systems, The University of New South Wales; Calibration of Terrestrial Laser Scanner by A.Linke; October 2005
12. http://www.muellerr.ch/engineering/laserscanner/tutorial/the_principle.html
13. http://www.thorlabs.com/NewGroupPage9.cfm?ObjectGroup_ID=1000&visual_id=1711&pn=FL1064-10
14. http://www.thorlabs.com/NewGroupPage11.cfm?Guide=10&Category_ID=91&ObjectGroup_ID=7&riLink=HL6312G
15. <http://www.trigis.de/beistung/laser.html>
16. http://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner
17. http://www.wikipedia.org/wiki/Laser_construction

Rutkovska E. 3D lāzerskenneru optiskās sistēmas.

Šai darbā tika veikts pētījums par 3D lāzerskenneru optiskajā sistēmām. Salīdzinātas esošās aviācijas, terrestriskās un optiski-mehāniskās lāzerskenēšanas sistēmas, to tehniskie parametri, pamatkomponenti, mērīšanas diapazoni, darbības principi un pielietojanas jomas. Īpaša vērība tika likta uz esošo pamatkomponentu klāstu un jaunas optiskās sistēmas izveidi, uzlabojot lāzerskennera parametrus.

Rutkovska E. Optical systems of 3D laser scanner.

In this work I made research about 3D laser scanner optical systems. Compared existent aerial, terrestrial and optical-mechanical laser scanning systems, their technical parameters, base components, survey range, working principle and apply sphere. Assiduity was put on existent base component exposure and new optical system establishment, improving laser scanner parameter.

Рутковска. Е. 3D оптические системы лазерного сканера.

В данной работе проведено исследование про 3Д лазерскенера в оптической системе. Сверено наличное авиационныйб тэррэстрискной и оптическое – механическое лазер звучание системй, их технический параметры, основные компоненты, измерительные диапазоны, принципы действия и облость применения. Особенное внимание обращено на сортимент основных компонентов и создание новой оптической системы, улучшение параметров лазерскенера.