UNIVERSITETI "ISA BOLETINI" MITROVICË

FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE DHE KOMPJUTERIKE

DEPARTAMENTI INFORMATIKË INXHINIERIKE

PUNIM DIPLOME

Mentori: Kandidati:

Muzafer Shala. Baki Ademi

Mitrovicë, Qershor 2022

UNIVERSITETI “ISA BOLETINI” MITROVICË

FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE DHE KOMPJUTERIKE
DEPARTAMENTI INFORMATIKË INXHINIERIKE

PUNIM DIPLOME

REMOTE SENSING LIDAR

Mentori:

Muzafer Shala.

Kandidati:

Baki Ademi

Mitrovicë, Qershor 2022

UNIVERSITY "ISA BOLETINI" MITROVICA

FACULTY OF MECHANICAL AND COMPUTER ENGINEERING
KOMPJUTERIKE DEPARTAMENTI INFORMATICS DEPARTMENT

BACHELOR THESIS

REMOTE SENSING LIDAR

Supervisor:

Muzafer Shala.

Candidate:

Baki Ademi

Mitrovica, Jun 2022

DEKLARATË E ORIGJINALITETIT

Deklaroj se ky punim është rezultat i punës sime origjinale, i cili respekton autorësinë e çdo burimi të të dhënave dhe rregullat për një punim të mirëfilltë shkencor. Poashtu, deklaroj se ky punim nuk është dorëzuar më herët, në tërësi apo pjesërisht, për çfarëdo grade në Universitetin e Mitrovicës "Isa Boletini" apo ndonjë universitet tjetër. Sipas njohurisë time, punimi nuk përmban asnjë material të botuar ose shkruar nga ndonjë person tjetër, përveç siç deklarohet në brendi të tekstit. Gjithashtu, deklaroj se në shkrimin e punimit kam respektuar rregullat etike të punës shkencore dhe akademike të Universitetit të Mitrovicës "Isa Boletini".

ORIGINALITY STATEMENT

I declare that this submission is my original work, which respects the authorship of any referenced source of information and rules for scientific work. I also declare that it has not been previously submitted, in whole or in part, to any degree at this or any other university. To my best knowledge, this paper does not contain any material published orwritten by any other author, except as stated in the text. I also declare that, in this submission, I have respected the ethical rules of the scientific and academic work of the University of Mitrovica "Isa Boletini".

Nënshkrimi / Signature

FALENDERIM

Ky punim, simbol i përmbylljes së suksesshme të tri viteve studime, është rezultat jo vetëm i punës dhe përkushtimit tim, por edhe i mbështetjes së pakursyer nga familja, miqtë dhe stafi akademik, ndaj të cilëve jam thellësisht mirënjohës dhe falenderues.

Poashtu, një falenderim i veçantë i dedikohet mentorit tim, Dr. Muzafer Shala dhe Msc. Berat Ujkani për punën, durimin, këshillat dhe përkrahjen profesionale e morale gjatë gjithë kësaj kohe.

ABSTRAKT

Nevoja për Remote sensing, vrojtim dhe monitorim, në vitet e fundit kanë arritur lartësi të reja me fuqinë e teknologjisë LiDAR. Përhapja e LiDAR, e cila qëndron për Zbulimin e Dritës dhe Rangimin, tani shihet në industri të shumta duke përfshirë pylltarinë, menaxhimin e fatkeqësive, parashikimin e motit, ndërtimin, arkeologjinë, automjetet autonome dhe shumë të tjera.

Në këtë punim diplome kam realizuar përshkrimin e LiDAR prej historikut të tij, parimit të punës së tij, llojet, deri te aplikimiet e tij. Arsye dhe niveli i aplikimit të tij në po thuaj shumë fusha.

ABSTRACT

Need for Remote Sensing, Observation and Monitoring, in recent years new heights with the power of lidar technology have reached. The spread of Lidar, which stands for the discovery of light and ranking, is now seen in numerous industries including forestry, disaster management, weather forecast, construction, archeology, autonomous vehicles and many more.

In this diploma thesis I have implemented the literacy of his history, the principle of his work, the types, to his application. Reason and level of its application in you are saying many areas.

PËRMBAJTJA

1. HYRJE....4

2. HISTORIA E LIDAR....5

3. PËRKUFIZIMI DHE LLOJET E LiDAR....10

3.1. PËRPJEKJE TË HERSHME NË TEKNOLOGJINË LIDAR....10

3.2. ÇKA ËSHTË LIDAR?....12

3.3. PËRKUFIZIMI LIDAR....14

3.4. LLOJET E LIDAR....16

3.4.1. LLOJET E LIDAR SIPAS FUNKSIONIMIT....16

3.4.2. LLOJET E LIDAR SIPAS APLIKIMIT....22

3.5. LIDAR SOT....24

4. PARIMI I PUNËS SË LIDAR....26

4.1. Funksionimi i LiDAR....26

4.2. Arkitektura e LiDAR-it (Light Detection and Ranging)....30

4.3. LIDAR Përpunimi i të Dhënave....32

5. APLIKIMET....33

6. PËRFUNDIM....41

7. REFERENCAT....42

TABELA E FIGURAVE

Figura 3. 1 Diagrami skematik i skanimit të linjës së linjës ajrore që kryen linja paralele të pikave të matura [9] 13
Figura 3. 2 Llojet e LiDAR [5] 17
Figura 3. 3 Lidar statik [5] 19
Figura 3. 4 LiDAR ajror [5] 20
Figura 3. 5 Shembull i një imazhi të një zone urbane [10] 20
Figura 3. 6 Lidar batimetrik [5] 21
Figura 3. 7 Llojet e LiDAR [12] 22
Figura 4. 1Parimi i matjes së kohës së fluturimit me laser pulsues [8] 26
Figura 4. 2 Parimi i matjes së fazës së kohës së fluturimit [10] 27
Figura 4. 3 (a) Paraqitja e Parimit të Matjes së Pulsit (b) Blloku Diagrami i Sistemit LiDAR [13] 27
Figura 4. 4 Komponentët e Sistemeve të Zbulimit dhe Rangimit të Dritës [14] 29
Figura 4. 5 Sistemet e navigimit dhe pozicionimit/GPS [14] 30
Figura 4. 6 Diagrami Skematik i Arkitekturës LiDAR [14] 31
Figura 5. 1 LiDAR-nxitur nga përmbytja e përdorur për të përcaktuar kufijtë e përmbytjeve në kontrast me agjencinë e menaxhimit të emergjencave të përmbytura më parë (FEMA) kufijtë e zonës së përmbytjes [9] 33
Figura 5. 2 Informacioni i tendës së pemëve (H = lartësia, CW = gjerësia e kurorës, S = hapësira) [9] 34
Figura 5. 3 Studimet bregdetare të ndërmarra nga Shërbimi Gjeologjik i SHBA-së në ishullin Dauphin përpara dhe pas uraganit Katrina [9] 34

1. HYRJE

Zbulimi dhe shtrirja e dritës (LiDAR- Light Detection And Ranging) përdor metodën e dërgimit të dritës laser në objektiv dhe matjes së dritës së reflektuar për të njohur ndryshimin në gjatësinë e valës dhe kohën e mbërritjes së dritës së reflektuar. Ndonjëherë nuk është e mundur të jesh fizikisht i pranishëm në një mjedis dhe të matësh gjërat në mënyrë manuale. Për matje të tilla, LiDAR vjen në skenë. Matja bëhet duke llogaritur kohët e kthimit të laserit dhe gjatësinë e valës së tyre. Ai gjeneron saktë, dhe me cilësi të lartë si dhe ndonjëherë edhe një hartë tredimensionale të mjedisit që skanon. Fokusi i hartës së krijuar të zonës, ndihmon në karakterizimin dhe ekzaminimin e saj.

Remote sensing, vrojtimi dhe monitorimi, në vitet e fundit kanë arritur lartësi të reja me fuqinë e teknologjisë LiDAR. Përhapja e LiDAR-it, e cila qëndron për Zbulimin e Dritës dhe Rangimin, tani shihet në industri të shumta duke përfshirë pylltarinë, menaxhimin e fatkeqësive, parashikimin e motit, ndërtimin, arkeologjinë, automjetet autonome dhe shumë të tjera.

Teknologjia LiDAR ka ekzistuar që nga vitet 1960. Përparimi në teknologji e ka bërë LiDAR një sensor të njohur në ditët e sotme. LiDAR-et tani përdoren në fushën e automatizimit, bujqësisë, arkeologjisë, si dhe në përcaktimin sasior të komponentëve të ndryshëm atmosferikë. E tanishmja dorëshkrimet përfshijnë funksionimin e LiDAR-it, llojet e tij, historinë dhe aplikimet e ndryshme të LiDAR-it. Nga matjet LiDAR, mund të llogaritet distanca nga objekte të ndryshme në hapësirë dhe të vizatohet përfaqësimi dixhital 3D i zonës përballë LiDAR.

2. HISTORIA E LIDAR

Si shumë histori tjera, edhe LiDAR ka historikun e tijë, që fillon nga aspekti teorik e më pas edhe atë praktikë. Kështu idetë rreth Remote Sensig LiDAR nuk datojnë nga viti 1960 por edhe shumë para tij kur Leonardo Da Vinçi në vitin 1480 [1], foli për perspektivën si "asgjë tjetër përveç shikimit të një objekti pas një fletë xhami të lëmuar... Të gjitha gjërat i transmetojnë imazhet e tyre në sy me anë të vijave piramidale, dhe këto piramida priten nga xhami i përmendur. Sa më afër syrit të kryqëzohen, aq më i vogël do të paraqitet imazhi i shkakut të tyre." E gjithë kjo ishte një mënyrë lulëzimi për të thënë se gjërat duken më të vogla kur janë më larg. Kjo ishte pamja e parë në fotogrametrinë[1].

Pas kësaj Albrecht Duerer në vitin 1525 [1] përdori ligjet e perspektivës për të zhvilluar një instrument që u përdor për të krijuar një vizatim "të vërtetë". Kjo lejoi shkencëtarët të fillojnë të zhvillojnë parime më të sakta matematikore për "zhveshjen e hapësirës", që nënkuptonte përdorimin e dy ose më shumë imazheve për të përcaktuar koordinatat e një pikë të vetme.

Zbulimi i Laserit Ruby nga Theodore Maiman në vitin 1960 [2], ndikoi që LiDAR të bëhet shumë i popullarizuar. Ai me ekipin e tij në Laboratorin Kërkimor Hughes ndriçuan një llambë flash me fuqi të lartë në një shufër rubini, duke shkaktuar një rreze drite koherente - laseri i parë. Laseri Ruby u përdor për matjen e rrezes në vëzhgimin e tokës, monitorimin e mjedisit dhe fushat e zbulimit, për shkak të saktësisë së lartë, rezolucionit të lartë, volumit të ulët dhe përdorimit të lehtë, krahasuar me metodat e përgjithshme të matjes.

Si rezultat i kësaj kjo u bë shkak që tërhoqi vëmendjen e ushtrisë, kështu ushtria e SHBA-ve filloi kërkimin në pajisjet ushtarake me laser, dhe hulumtimi i parë ushtarak me laser kaloi testet ushtarake në 1961 [2].

Në vitin 1960, aplikacionet e hapësirës ajrore filluan të bëhen të zakonshëme për LiDAR. Ku në vitet 1970 nga NASA [3], përdori sensorin në distancë të bazuar në laser në zhvillimin e saj të anijeve hapësinore eksploruese. Aplikimet LiDAR vazhduan të zgjeroheshin në matjen e vetive të ujit të oqeanit dhe atmosferës për qëllime të hartës topografike. Shtresat e akullit dhe tendat e pyjeve u eksploruan gjithashtu me këtë

[1] Fotogrametria është proces me të cilin imazhet 2D përkthehen në modele 3D.

teknologji.

Në vitin 1971, ushtria e SHBA-ve filloi sistemin e parë të rangut të laserit Ruby në botë: AN/GVS-3. Ky matës rrezesh i gjeneratës së parë i përbërë nga një detektor fotoshumëzues dhe ngacmues i dritës së jashtme prej guri të kuq të çmuar [2]. Për shkak të mangësive të vëllimit të madh, peshës së rëndë, konsumit të lartë të energjisë dhe mangësive të tjera, ai u zëvendësua nga sistemi i brezit të dytë, i cili përdorte fotodiodë PIN me laser neodymium afër infra të kuqe (kryesisht Nd: laser YAG) ose fotodiodë orteku. Kjo teknologji u bë më e pjekur, dhe më e përdorur në radarët me rreze të gjatë laserike, të mesme dhe të shkurtër dhe u ishte bërë një trend i pashmangshëm pasi teknologjia laser YAG ishte perfeksionuar në vitet 1970.

Në vitin 1977, Shtetet e Bashkuara zhvilluan aparatin e parë të dorës Nd: YAG laser rangefinder: AN/gvs-5 me madhësinë e dylbive ushtarake standarde 7-50 dhe një peshë totale prej 2 kg. Nga fundi i viteve 1970 deri në mesin e viteve 1980, distanca laserit u bë preokupimi më i madh në tregun e laserëve ushtarakë [2].

Rankimi me laser kryesisht ishte përdorur së pari në kërkime ushtarake dhe shkencore. Ishte e rrallë në instrumentet industriale pasi sensorët e rangut laser ishin shumë të shtrenjtë; çmimet e larta kanë qenë arsyeja kryesore që pengoi përdorimin e gjerë të tyre. Megjithatë, për shkak të përparimeve të rëndësishme teknologjike, çmimi kishte rënë, duke bërë të mundur që të bëhet një mjet zbulimi me kosto efektive për shumë inspektime me rreze të gjatë në të ardhmen [2]. Mirëpo gjatë procesit të përdorimit, u ekspozuan gradualisht disa mangësi si saktësia e ulët në kushtet e çdo moti, duke filluar nga pajtueshmëria e dobët dhe dëmtimi i syve. Më vonë, me teknikat laserike dhe elektronike, u prezantua një sistem i brezit të tretë të rangut të laserit me përmasa më të vogla, shpenzim të ulët të energjisë dhe saktësi të lartë. Krahas kësaj, u zhvilluan lloje të ndryshme të sistemeve laserike me rreze të vetme, dydimensionale dhe tredimensionale. Me sistemet e reja optike dhe përpunimin e sinjalit në vitet 1980, produkte të ndryshme vazhduan të paraqiten në vitet 1990. Në vitin 1996 Bushnell lëshoi në treg matësin laserik 400 LD Yaddaga400 me aftësinë e gjetjes së rrezes prej 400 m, i cili u vlerësua si një nga 100 arritjet e rëndësishme shkencore dhe teknologjike në botë [2].

Në vitin 1998, Tasco zhvilloi një gjetësi të rrezes LD Laser, një lloj aparati me një kapacitet matës të rrezes 800 m. Që nga viti 1995, zhvillimi i teknologjisë së rangut të

laserit gjysmëpërçues të sigurt për sytë ka qenë shumë i shpejtë; Hulumtimi në matësin laserik ishin kryer në intervalin 800nm - 900nm, me fuqi maksimale 10W, gjerësi pulsi prej 20-50ns, frekuencë përsëritjeje 1-10khz dhe distancë matëse 10m-1km [2].

Një matës me rreze laserike me precizion të lartë u zhvillua dhe u prodhua nga BOSCH. Ishte i vogël dhe i lehtë për t'u bartur dhe përdorur në pasuri të paluajtshme, dekorim të brendshëm, ndërtim, rilevim dhe hartografi, dhe fusha të tjera. Gjetësi e distancës me laser DLE150, i zhvilluar nga kjo kompani, arriti të matë me saktësi dhe të zbulojë shumë shpejt; diapazoni i matjes së tij është nga 0,3 m deri në 150 m. Koha e matjes është përgjithësisht më pak se 0,5 sekonda, me saktësi deri në ± 3 mm. Duke përdorur teknologjinë e avancuar softuerike, ai mund të maste lartësinë, këndin, sipërfaqen dhe vëllimin [2].

Në vitet 1980, matësit e rrezeve laserike të zhvilluara nga China Aerospace Science & Industry Corp. arritën një saktësi prej 0,5 metrash brenda 200 metrave. Në të njëjtën kohë, u zhvilluan distanca me laser rubini me satelit dhe distanca me laser në ajër për hartimin kompleks të terrenit. Përpara vitit 2007, shumica e kërkimeve mbi LiDAR-in mbetën në fazën e eksperimenteve teorike në universitete dhe institucione kërkimore; pajisjet kryesore vareshin nga produktet e importuara [2].

Duke përfituar nga zhvillimi i shpejtë i industrisë së informacionit dhe teknologjisë LiDAR, tregu i pajisjeve dhe produkteve të të dhënave në LiDAR është rritur me një normë vjetore prej mbi 30% [2]. Me lulëzimin e kërkimit të mjeteve ajrore pa pilot, ishin paraqitur një seri prodhuesish në zhvillim të radarëve laserik, si SureStart, RoboSense, LeiShen, SLAMTEC dhe ndërmarrje të tjera fillestare. Produktet e tyre u njohën gradualisht nga tregu dhe u vunë në përdorim në fushën e drejtimit autonom.

Në vitin 2006, Acroname[2] ndihmoi në prezantimin e skanerëve LiDAR 2-dimensionale (2D) me kosto të ulët në laboratorët dhe universitetet kërkimore të SHBA përmes partneritetit të ngushtë me Hokuyo në Japoni. Në kohën e prezantimit të tij, qasja unike e Hokuyo-s me pasqyrë rrotulluese për të krijuar një skanues LiDAR 2D krijoi një opsion me shpejtësi të lartë, me rreze të gjatë dhe me kosto të ulët për kërkimin robotik. LiDAR-ët 2-D me kosto të ulët të Hokuyo-s vlerësohen se kanë mundësuar përparime të

[2] Acroname ka dekada ekspertizë në sistemet robotike, komponentët e robotikës dhe dizajnin e sistemit të integruar.

rëndësishme në algoritmet e vendndodhjes dhe hartës së njëkohshme, të cilat janë kritike në makinat e sotme që drejtojnë vetë [4]. Ajo ofroi matës laserik me bazë LiDAR 1D, skanerë LiDAR 2D, sensorë sonarë dhe radarë dhe kamera 3D për kohën e fluturimit. Sot ekzistojnë disa nga markat më të mira LiDAR, duke përfshirë Hokuyo, LightWare dhe YDLIDAR [4].

Më poshtë po japim një kronologji ngjarjesh sipas viteve [5]:

1930: Shkencëtarët eksperimentojnë me matjen e përbërjes së atmosferës duke përdorur rreze gjithëpërfshirëse të prozhektorëve.

1958: Charles Townes dhe Arthur Schawlow shpikën laserin (laserin origjinal me mikrovalë); Kontribute të rëndësishme jep edhe studenti i tyre Gordon Gould.

1960: Theodore Maiman ndërton dhe demonstron laserin e parë praktik.

1962: Shkencëtarët e MIT matin distancën midis Tokës dhe Hënës duke përdorur një rreze laser të reflektuar.

1965: Ronald Collins i Institutit Kërkimor Stanford dorëzon një patentë për një sistem laser - radar LIDAR që mund të përdoret për të studiuar atmosferën dhe motin e Tokës.

1969: Daniel Hickman dhe John Hogg publikojnë një punim shkencor me ndikim që përshkruan se si laserët në ajër mund të përdoren për të bërë matjet e thellësisë së oqeanit.

1971: Astronautët e Apollo 15 përdorin LIDAR për të hartuar sipërfaqen e Hënës.

1973: Qendra e Fluturimit në Ishullin Wallops të NASA-s organizon një simpozium mbi përdorimin e LIDAR-it për monitorimin e oqeaneve dhe vijës bregdetare.

1974: Dr Alan Carswell nga Universiteti i York-ut, Toronto shpik një zbulues rreze laser dhe, me studentin e tij Sebastian Sizgoric, themeluan një kompani të quajtur Optech për ta shitur atë. Gjatë viteve të ardhshme, Optech perfeksionon idenë e skanimit të një laseri nga distanca për të bërë harta.

1975: Avco Everett Research Lab ndërton një LiDAR Oqeanografik Ajror (AOL) për NASA-n, duke përdorur një aeroplan Douglas C-54 Skymaster.

1976: Botohet libri i parë shkollor për LIDAR.

1978: Gary Guenther i NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) më vonë duke punuar me Optech, publikoi një seri raportesh dhe dokumentesh teknike me ndikim që përshkruajnë përdorimin e LIDAR-it në ajër për hartimin dhe matjet e bregdetit, duke përfshirë librin e parë "kaltër" të vitit 1985 Hidrografia me laser në ajër

- Dizajni i sistemit dhe Faktorët e Performancës.

1985: Optech fillon të shesë një produkt të quajtur Larsen-500, një nga sistemet e para komerciale LIDAR.

1990: LIDAR përdoret gjerësisht për hartëzimin gjeografik.

1994: NASA (National Aeronautics and Space Administration) merr LiDAR në hapësirë me anijen kozmike Discovery. LITE (LiDAR In-Space Technology Experiment) është hera e parë që LIDAR është përdorur për të studiuar atmosferën nga hapësira.

2005: Sistemet LIDAR bëhen kryefjalë si sytë pas makinave vetë-drejtuese në sfidën e madhe DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) të ushtrisë amerikane.

2008: Phoenix Lander i NASA-s merr një skaner Optech LIDAR në Mars për të studiuar atmosferën e planetit.

2015: DARPA njofton se ka krijuar Sweeper, një sistem miniaturë LIDAR në një çip të vetëm ("Sweeper" do të thotë Fushë e gjerë me rreze të shkurtër veprimi, Ekstremisht i shkathët, EmitteR Photonic Elektronik i drejtuar).

2017: Agjencia e Mjedisit e Anglisë dhe Uellsit njofton se LIDAR do të skanojë të gjithë Anglinë dhe do t'i bëjë të dhënat publike.

2020: Apple përfshin LIDAR në iPad-in e tij të fundit për të përmirësuar modelimin 3D.

3. PËRKUFIZIMI DHE LLOJET E LiDAR

"LiDAR ofron të dhëna të vështira, miqësore me kompjuterin në formën e matjeve të sakta. Kjo është arsyeja pse çdo lojtar serioz në garën e makinave vetë-drejtuese beson se sensori laserik është një komponentë e domosdoshëme për një makinë plotësisht robotike, të llojit që nuk ka nevojë për timon apo dorë njeriu".

Alex Davies

3.1. PËRPJEKJE TË HERSHME NË TEKNOLOGJINË LIDAR

RADAR-i (Radio Detection and Ranging) i hershëm kishte një distancë maksimale të zbulimit prej 3000 m. Koncepti fillestar ishte të lëshonte një impuls të radio valëve drejt një objekti, duke matur më pas fuqinë e sinjalit të reflektuar prapa. Kjo u përmirësua duke marrë parasysh lartësinë e antenës transmetuese dhe lartësinë e objektit të zbuluar për të përcaktuar distancën e objektit nga transmetuesi. Radarët përdorin një puls të ngushtë të radio valëve për të matur distancën që duhet për të udhëtuar pasi godet një objekt [5] [6].

LiDAR ishte i lidhur ngushtë me RADAR. RADAR-i ishte i sukseshëm për herë të parë në vitin 1904 kur Christian Huelsmeyer përdori një antenë, një marrës dhe një transmetues për të zbuluar objektet në det në mënyrë që anijet të shmangnin përplasjen me to [4] [6].

LiDAR përdor dritën në të njëjtën mënyrë. Ideja për të përdorur dritën dhe për të matur se sa kohë iu nevoitet drita të kthehej në mënyrë që të gjente distancën e kishte origjinën nga një njeri i quajtur EH Synge, i cili në vitin 1930 përdori dritat e prozhektorëve për të studiuar atmosferën. Në përputhje me atmosferën, pulset e dritës u përdorën në vitin 1938 për të matur lartësitë e reve. Përparësi e përdorimit të dritës laserike është se ajo ka një gjatësi vale të shkurtër, duke bërë të mundur që objekte shumë më të vogla të zbulohen ose maten. Kjo është arsyeja pse LiDAR ishte aq i popullarizuar për meteorologët: sepse mund të matë grimcat e reve dhe shiun. Për më tepër, drita laserike ishte shumë e ngushtë, duke bërë të mundur paraqitjen e detajeve më të vogla me rezolucion të lartë në distanca relativisht të gjata [4].

Zhvillimi dhe përparimet e teknologjisë në LiDAR vazhduan pasi qeveria federale për aplikime të mëdha mbrojtëse, si për shembull për shënjestrimin, dhe shkencëtarët mund të studionin atmosferën në thellësi, si p.sh. përcaktimi i sasisë së ndotjes së ajrit. Harta e

tokës u bë një mundësi, pasi NASA investoi në LiDAR për hartimin e Marsit, Merkurit dhe Hënës në këto udhëtime të ndryshme eksploruese. Gjeologjia, shkenca e pyjeve dhe oqeanografët u hodhën në bord dhe madje edhe industritë e ndërtimit dhe arkitekturës mund të shihnin përdorimet e LIDAR [4] [7].

Radari laserik (i quajtur edhe ladar për zbulimin dhe shtrirjen me laser, LiDAR për zbulimin dhe rangun e dritës, ose OPDAR për zbulimin dhe rangun optik) shumicën e zhvillimit të tij filloi në fillim të viteve 1960, menjëherë pas shpikjes së laserit. Kishte pasur disa zhvillime të hershme të LiDAR-it përpara shpikjes së laserit, por laseri ka qenë një mundësues i vërtetë. Radari laserik ishte bërë relativisht i lirë dhe i besueshëm, dhe ka fenomenologji shumë të pasur, duke e bërë konkurrues në krahasim me teknologjitë alternative të sensorëve, siç ishin elektro sensorët optikë pasivë ose radarët me mikrovalë. Radari laserik filloi të funksiononte në rajonin e dukshëm (laser rubini) dhe më pas u shfaq në infra të kuqe afër (Nd: YAGlasers) në infra të kuqe termike (laser CO_2). Shumë radarë laserik po zhvilloheshin në rajonin infra të kuqe me valë të shkurtër të sigurt për syrin (~ 1.5 μm) [1]. Ai ishte bërë temë për libra të rinj themelorë dhe raporte, si dhe një lëndë që mësohej ë universitete.Teknologjitë e reja u paraqiten të bazuar në parimet e radarit laserik, si tomografia e koherencës optike (OCT) dhe holografia dixhitale. Gama e shumicës së aplikacioneve të radarëve laserik ishte nga mikrometrat 8 deri në dhjetëra kilometra.

Megjithatë, vetëm kur GPS (Global Positioning System) u bë i disponueshëm për përdorim publik dhe, i shoqëruar me njësitë e matjes inerciale (IMU) në fund të viteve 1980, LIDAR u bë një mjet i zbatueshëm dhe jashtëzakonisht i saktë për shkencëtarët. Nga mesi i viteve 1990, skanerët LiDAR ishin në gjendje të prodhonin 2,000 deri në 25,000 impulse në sekondë dhe përdoreshin kryesisht për hartimin topografik të sipërfaqes së tokës. Kjo teknologji, megjithëse primitive ndaj asaj që është e disponueshme sot, i ka ndihmuar qeveritë të planifikojnë rrugët dhe topografët dhe kompanitë e ndërtimit të planifikojnë vendet më të mira për të vendosur ndërtesat, veçanërisht në terrene të pabarabarta [4] [7].

Pas dekadash evolucioni, LiDAR-i është bërë teknologjia kryesore për marrjen e të dhënave sipërfaqësore për aplikacione të ndryshme anketimi në shkallë të gjerë. Tregu i përgjithshëm i LiDAR ishte paraparë të arrijë në 5.2 miliardë dollarë deri në vitin 2022

[2].

3.2. ÇKA ËSHTË LIDAR?

Remote sensing është praktika e marrjes së informacionit për sipërfaqen e Tokës pa qenë në kontakt me sipërfaqen. Informacioni mund të mblidhet duke përdorur sensorë të montuar në një avion ose satelit. Remote sensing përfshin marrjen e të dhënave, përpunimin e imazhit, interpretimin e imazhit dhe analizën e mëvonshme të imazhit. Informacioni mund të kapet duke përdorur një sërë sensorësh, p.sh. sensorë të ajrit, tokës, hapësirës dhe radarëve. Në Remote sensing, është e rëndësishme të kuptohet se si energjia elektromagnetike ndërvepron me një veçori në sipërfaqen e tokës. Pasja e kësaj njohurie mundëson nxjerrjen e informacionit specifik nga veçoritë e sipërfaqes duke përdorur sensorin në distancë [8].

Ekzistojnë dy forma kryesore të remote sensing sensorëve, këta janë sensorë pasivë dhe aktivë. Mund të bëhet dallimi midis sistemeve ose remote sensing sensorëve pasivë dhe aktivë. Sennsorët pasiv kapin informacionin duke përdorur ndriçimin diellor ose energjinë e emetuar nga sipërfaqja e Tokës. Në të kundërt, sensorët aktivë gjenerojnë energjinë e tyre për të marrë informacion. Meqenëse sensorët pasivë nuk gjenerojnë energjinë e tyre dhe varen nga ndriçimi diellor, përdorimi i tyre operacional është i kufizuar në kohën e ditës dhe kushtet e motit. Sensorët pasivë përfshijnë fotografimin nga ajri dhe skanerët elektro-optikë satelitorë (d.m.th., skanerë të kryqëzuar dhe përgjatë gjurmës). Shembuj të sistemeve aktive tw remote sensing përfshijnë: radarin me hapje sintetike (SAR), light detection and ranging (LiDAR), navigimin e zërit dhe ranging (SONAR) [8].

LiDAR (Light Detection and Ranging) është një nga shtyllat e metodave të largëta të ndjeshmërisë që fitojnë të dhëna të referuara me densitet të lartë dhe me saktësi të lartë për formën dhe karakteristikat e saj sipërfaqësore të Tokës [2].

Ai përdor dritë në formën e një laseri të pulsuar për të matur shkallët dhe për të gjeneruar informacione të sakta, me rreze tre-dimensionale tre-dimensionale rreth objektit në tokë dhe karakteristikat e saj sipërfaqësore.

LiDAR përgjithësisht njihet si një revolucion i madh teknologjik pas sistemit të pozicionimit global dhe është krerët kryesorë të hulumtimit të anketimit dhe hartës së saktësisë së lartë.

Sensorët LiDAR përdorin laser (dritë e përforcuar nga emetimi i stimuluar i rrezatimit) për të gjeneruar një formë drite dhe për të matur kohën që i duhet sinjalit të emetuar për t'u kthyer përsëri në sensor. Sensorët LiDAR mund të montohen në një avion (Figura 2-1), mund të jenë të bazuar në satelit ose në tokë. Këta sensorë janë veçanërisht të vlefshëm për shkak të aftësisë së tyre për të krahasuar karakteristikat e energjisë së transmetuar me sinjalin e kthyer. Koha e pulseve, gjatësia e valës dhe këndet e sinjaleve mund të vlerësohen. Duke përdorur këtë informacion, struktura e një objektivi karakteristikat mund të vlerësohen, por kjo nuk mund të arrihet duke përdorur sensorë pasivë [8].

LiDAR është bërë një metodë e përcaktuar për mbledhjen e të dhënave shumë të dendura dhe të sakta të lartësisë nëpër peizazhe, zona të cekëta dhe në vendet e projektit. Kjo teknikë aktive e ndjeshmërisë së largët është e ngjashme me radarin, por përdor pulse me dritë laser në vend të valëve të radios. LiDAR është zakonisht "fluturuar" ose mblidhet nga avionët ku mund të mbledhë me shpejtësi pikë mbi zona të mëdha (Figura 3.1.). LiDAR është mbledhur gjithashtu nga platformat stacionare dhe të lëvizshme me bazë në tokë. Këto teknika të grumbullimit janë të njohura në kuadër të anketave dhe inxhinierisë, sepse ato janë të afta të prodhojnë saktësime dhe densitete të larta të larta, kështu duke lejuar zhvillimin e përfaqësimeve të sakta, realiste, tre-dimensionale të hekurudhave, rrugëve, urave, ndërtesave, ujërave të thyera dhe të tjera strukturat bregdetare [9].

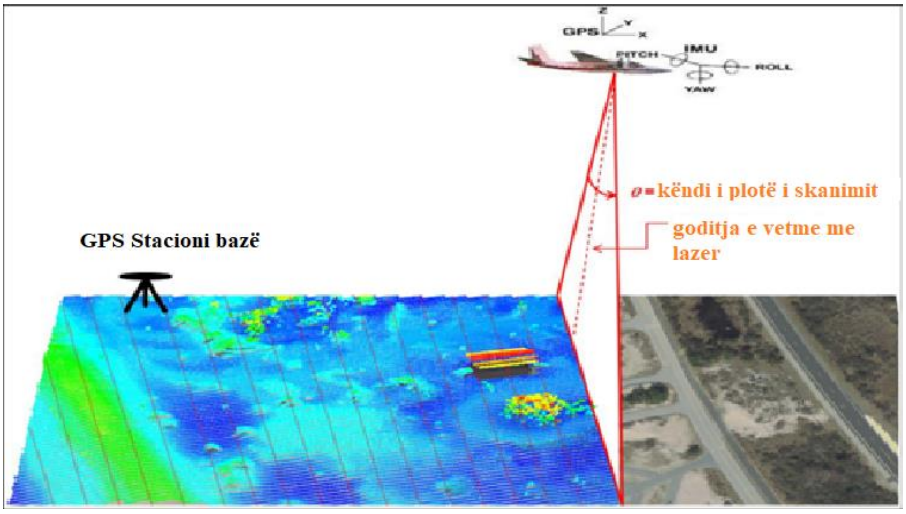

Figura 3. 1 Diagrami skematik i skanimit të linjës së linjës ajrore që kryen linja paralele të pikave të matura [9]

3.3. PËRKUFIZIMI LIDAR

Njerëzit janë padyshim krijesat më dominuese në Tokë për shkak të shqisave të mahnitshme. Në veçanti, shikimi dhe aftësia e perceptimit vizual janë çelësi për të kuptuarit tonë të botës përreth. Dhe për shekuj me radhë, njerëzit kanë shpikur mjete për t'i ndihmuar ata të shohin më shumë botën përreth tyre. Thjesht përtej pamjes së botës, është nxitur të shtohen saktësi në shikim duke krijuar sisteme për të matur distancat dhe rrezet e objekteve përreth [4].

Si rezultat i nevojës për të zgjidhur probleme të ndryshme u realizuan edhe shumë zbulime. Pasi sipas Orville dhe Wilbur Wright ku treguan se fluturimi ishte i mundur, u paraqit nevoja e fluturimit. Ndërsa fluturimi u bë gjithnjë e më i suksesshëm, në gjatësi më të larta dhe më shpejtësi të mëdha. Kjo e gjitha ishte anë e mirë; Megjithatë, problemi u ngrit pothuajse menjëherë: si të aterohet. Aterimi (në mënyrë të sigurtë) kërkon që ju të dihet se sa larg nga toka jemi. Gjatë çasjes së aterimit, duke e ditur distancën relative në tokë që është kritike. Pra, si vlerësohet distanca në kushte ku shikimi njerëzor nuk do të funksionojë, sidomos në kushtet e motit të keq, siç është bora apo nata [4]?

Gjatë viteve 1980, zhvillimi i GPS-it hapi aplikime për sensorët lëvizës (LiDAR në ajër). LiDAR-i bathimetrik ishte në fakt një nga përdorimet e para të LiDARit në ajër. Sipërfaqja e ujit siguroi një "referencë" që de-theksoi vendndodhjen absolute të aeroplanit. Në fillim të viteve 1990 panë përmirësimin e IMU dhe aftësinë për të filluar arritjen e saktësisë së decimetrit. Disa nga aplikimet e mëparshme jo-batimetrike në ajër ishin në matjen e akullnajave dhe mënyrën se si ato po ndryshonin. LiDAR-i me bazë tokësore (skanimi tokësor) gjithashtu ka filloi të përdoret si një mënyrë për të hartuar dendësinë natyrën tredimensionale të veçorive dhe sipërfaqet e tokës me një nivel jashtëzakonisht të lartë saktësie (1 centimetër) [9].

Duke përdorur të njëjtat parime si radari, Airborne LiDAR u zhvillua për herë të parë në vitet 1960 për zbulimin e nëndetëses, por përveç një përdorimi të shkurtër në Kosta Rika në vitin 1984, përdorimi arkeologjik u zhvillua vetëm nga viti 2000 e tutje kur agjencitë kombëtare dhe kompanitë tregtare filluan të mbledhin një parandalim të madh të të dhënave, Zhvillimin dhe qëllimet e planifikimit [3].

Një projekt hulumtimi arkeologjik i hershëm u krye nga një ekip duke përfshirë stafin nga Universiteti i Kembrixhit dhe përdori LiDAR në peizazhin e Loughcriew në Irlandë

me rezultate dramatike. Qindra vende potencialisht të reja arkeologjike u zbuluan. Në të njëjtën kohë në Gjermani, Sittler kreu disa kërkime që zbuluan në mënyrë dramatike kurrizin e gjerë mesjetar dhe kultivimin e kultivimit në pyllin e mëvonshëm pranë Rastatt në jug-perëndim të Gjermanisë. Që nga ajo datë ka pasur një përhapje në përdorimin e të dhënave LiDAR për arkeologji [3].

Teknologjia LiDAR nuk është e re; u zhvillua mbi 60 vjet më parë dhe fillimisht u përdor për hartimin e grimcave në atmosferë. Në këtë aplikim të bazuar në tokë, kishte shumë më pak kompleksitet pozicional (d.m.th., pozicioni i laserit nuk lëvizte) sesa në hartën ajrore [9].

Shfrytëzimi i fuqisë së valëve të zërit për të krijuar rangun e navigimit zanor (SONAR) dhe zbulimi dhe shtrirja e zërit (SODAR). Ndërsa kuptimi dhe kontrolli elektronik i valëve elektromagnetike përparonin, u zbulua se parime të ngjashme me sonarin mund të përdoren me radio valë për të krijuar sisteme të zbulimit dhe rangut të radios (RADAR). Këto sisteme mund të mendohet se transformojnë hapësirën akustike dhe radio në një hapësirë vizuale për ta perceptuar nga njerëzit. Hapi tjetër logjik në këtë përparim është përdorimi i dritës nga laserët për zbulimin dhe shtrirjen, d.m.th.: LiDAR [4].

Fjala LiDAR është teknikisht një akronim. Megjithatë, ashtu si paraardhësit e tij sonar dhe radar, LiDAR është bërë aq i zakonshëm sa që shpesh shkruhet thjesht si një fjalë "LiDAR". Ndërsa LiDAR u shpik menjëherë pas laserëve të parë në vitet 1960, përdorimi i tij i zakonshëm në hapësirën ajrore nuk u paraqit deri në vitet 1970, veçanërisht në retroreflektorët Apollo 15. Aplikimi komercial dhe konsumator nuk u bë i zakonshëm deri në fund të viteve 1980 [4].

Sistemet LiDAR kanë fituar popullaritet vitet e fundit për shkak të pranisë së tij në automjetin autonom. LiDAR mundëson hartimin e mjedisit që rrethon makinën më shpejt dhe më saktë se sa sonari (navigimi i zërit dhe diapazoni) ose radari (zbulimi i radios dhe diapazoni, bazuar në përdorimin e mikrovalëve). LiDAR konsiderohet si “sytë” e mjetit autonom, duke qenë përgjegjës për shmangien e goditjes së këmbësorëve, pengesave apo mjeteve të tjera. Megjithatë, teknologjia LiDAR ka ende çështje pezull si funksionimi i saj nën mjegull, shi ose borë (zbulimi degradohet nga thithja dhe shpërndarja e shkaktuar nga pikat e ujit) ose nevojën për të rritur më tej rezolucionin e

saj për të zbuluar pengesat e vogla në rrugë, kështu që disa prodhues preferojnë një sistem të bazuar në vizion me kamera për të njëjtin qëllim [10].

Sensorët LiDAR përmbajnë tre komponentë kryesorë: një njësi matëse inerciale, një sistem pozicionimi global (GPS) dhe orët e saktësisë. Një njësi matëse inerciale përdoret me saktësi për të kontrolluar orientimin e avionit (d.m.th., rrotullimi, hapi dhe lëvizja). Një GPS merr lexime të sakta të një vendndodhjeje dhe orët shumë të sakta përdoren për të marrë kohën e saktë të pulseve. Sensorët LiDAR janë gjithashtu të aftë të gjenerojnë afërsisht 150 000 pulse në sekondë, duke rezultuar kështu në një koleksion të dendur të dhënash, të cilat nganjëherë referohen si një re pikë [8].

Mund të bëhet një dallim midis sistemeve LiDAR me gjurmë të vogla ose me gjurmë të mëdha. LiDAR me gjurmë të vogla ndriçon një zonë përreth 0,30m ose më pak, ndërsa sensorët me gjurmë të mëdha mund të vëzhgojnë zona prej 5m ose më shumë. Sensori i mëparshëm përdor laser pulsues për të gjeneruar të dhëna me densitet të lartë. Sensorët LiDAR me gjurmë të mëdha përdorin laser me valë të vazhdueshme për të transmetuar energji në sipërfaqen e Tokës dhe për të marrë një maksimumi pesë kthime për çdo puls [8].

3.4. LLOJET E LIDAR

Zbulimi në distancë, vrojtimi dhe monitorimi kanë arritur, në vitet e fundit, lartësi të reja me fuqinë e teknologjisë LiDAR. Përhapja e LiDAR, e cila qëndron për Zbulimin e Dritës dhe/ Rangimin, tani shihet në industri të shumta duke përfshirë pylltarinë, menaxhimin e fatkeqësive, parashikimin e motit, ndërtimin, arkeologjinë, automjetet autonome dhe shumë të tjera [11].

Sidoqoftë, është e rëndësishme të theksohet se ka shumë lloje të LiDAR-it dhe zgjedhja e atij të duhurit është thelbësore për përdorimin e suksesshëm të tij. Këtu janë përshkruar llojet e ndryshme të LiDAR, fillimisht bazuar në funksionalitetin dhe më pas bazuar në aplikim.

Teknologjia LiDAR kategorizohet gjerësisht në dy lloje bazuar në funksionalitetin e saj [11]:

3.4.1. LLOJET E LIDAR SIPAS FUNKSIONIMIT

Le t'i hedhim një vështrim të shkurtër llojeve të ndryshme të LiDAR të klasifikuara sipas mënyrës së konfigurimit dhe funksionimit të tyre.

LiDAR ajrore (airborne LiDAR) dhe LiDAR tokësore (terrestrial LiDAR.) [10].

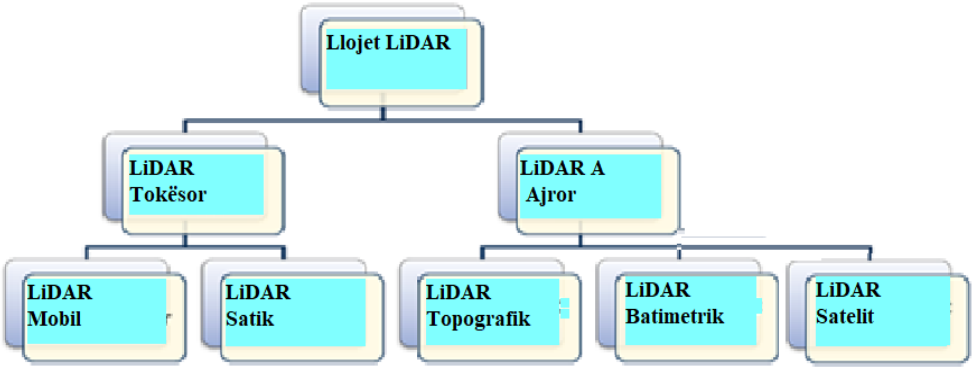

Figura 3. 2 Llojet e LiDAR [5]

LIDAR TOKËSOR

LiDAR tokësor është një sistem që funksionon në terren. Mund të montohet ose në një automjet në lëvizje ose të implantohet në një vend statik. Sido që të jetë, të dhënat LiDAR tokësorë janë të dobishme për aplikacionet që kërkojnë një studim të detajuar të tokës ose "një vështrim më të afërt" të objekteve.

Disa aplikime të LiDAR-it tokësor përfshijnë ndërtimin, automjetet që drejtojnë vetë, sondazhet e rrugëve, studimet e qytetit etj. LiDAR-i tokësor mund të klasifikohet më tej në versione Mobile dhe Statik. Ja se si ndryshojnë këto të dyja.

Sistemet LiDAR tokësore janë montuar ose në automjete në lëvizje ose në objekte të palëvizshme si trekëmbësha në vende specifike për të mbledhur të dhëna 3D të objekteve të dëshiruara. Aplikimi i këtyre sistemeve shihet më së shumti në autostrada, stacione hekurudhore, brenda dhe jashtë ndërtesave për mbledhjen e pikave të të dhënave, apo edhe analizën e infrastrukturës. Dy kategoritë e sistemeve LiDAR-ëve tokësore janë LiDAR i lëvizshëm dhe LiDAR statik [5].

Nga ana tjetër, LiDAR-et tokësore mund të jenë 1-D ose 2-D, duke mbuluar 180º ose 360º në rastin e fundit. Ato përdoren për të karakterizuar në detaje objektet dhe infrastrukturat dhe për krijimin e modeleve 3D të vendeve. Ekzistojnë dy nëntipe bazë: i lëvizshëm ose statik, në varësi të faktit nëse sistemi i skanimit është i montuar në një automjet në lëvizje ose në një trekëmbësh fiks. LiDAR-ët e lëvizshëm përdoren në rrugë, autostrada, hekurudha; ndërsa LiDAR-et statike përdoren në inxhinieri, arkeologji ose miniera [10].

LIDAR MOBIL

Një konfigurim celular LiDAR zakonisht përbëhet nga një sensor, një sistem pozicionimi global (GPS), një sistem navigimi inercial (INS) dhe disa kamera. Është i lëvizshëm sepse njësia vendoset në majë të një automjeti në lëvizje, si një makinë ose një tren.

Nga ky mjet në lëvizje, njësia LiDAR vazhdon të dërgojë impulse laser në të gjitha drejtimet dhe të lexojë reflektimet. Këto re pika të vlefshme (pikat e të dhënave) dhe më pas përpunohen për të kuptuar kushtet e rrugëve dhe shinave hekurudhore, për të identifikuar pengesat e padëshiruara në rrugë, etj.

Në makinat që drejtohen vetë, një sensor i avancuar rrotullues LiDAR është montuar në majë të makinës që zbulon praninë e këmbësorëve/veturave të tjera në rrugë.

Sistemet celulare LiDAR janë sisteme tokësore që instalohen në automjete në lëvizje për mbledhjen e të dhënave. Për të mbledhur të dhëna të mjaftueshme për objektet e dëshiruara, disa sensorë të lëvizshëm LiDAR janë montuar në një platformë lëvizëse. Këta sensorë mund të instalohen në trena, varka, automjete, etj.

Ashtu si në sistemet LiDAR ajrore, sistemet e lëvizshme LiDAR përfshijnë komponentët e mëposhtëm: sistemin e navigimit inercial, kamerat, sensorët dhe Sistemin e Pozicionimit Global. Të dhënat e marra nga sistemet e lëvizshme LiDAR mund të ndihmojnë në analizimin e infrastrukturës hekurudhore, planeve të vijës bregdetare, infrastrukturës rrugore, etj [5].

LIDAR STATIK

Në disa aplikacione, është e dobishme që njësia LiDAR të fiksohet në një pikë në vend që të lëvizë. Aplikacione të tilla përdorin LiDAR statike.

Në këtë konfigurim, njësia LiDAR është montuar në një objekt statik, i cili zakonisht është një trekëmbësh. Nëse është e nevojshme, e gjithë njësia mund të zhvendoset në një vend tjetër së bashku me trekëmbëshin. Në thelb, edhe pse kjo njësi nuk është e lëvizshme, ajo është plotësisht e lëvizshme.

Një njësi LiDAR statike vazhdon të dërgojë impulse laser në zonën përreth nga një pikë fikse. Të dhënat më pas përdoren për të kuptuar karakteristikat e mjedisit. Ky funksionalitet është shumë i dobishëm në aplikime të tilla si ndërtimi i ndërtesave, miniera, inxhinieri, etj.

Ndryshe nga sistemet e lëvizshme LiDAR, sistemet LiDAR statike janë montuar në

struktura të palëvizshme, si trekëmbëshe, në një vendndodhje specifike të dëshiruar për të marrë retë e pikës LiDAR për imazhe 3D. Këto trekëmbëshe të përdorura për montimin e këtyre sensorëve LiDAR janë plotësisht të lëvizshëm për lehtësinë e pozicionimit të tyre në vendet e dëshiruara [5].

Për më tepër, këto sisteme mund të instalohen në ndërtesat e brendshme dhe të jashtme për të njëjtin qëllim të grumbullimit të pikave të resë LiDAR. Aplikimet e sistemeve LiDAR statik shtrihen në industritë e anketimit, minierave dhe inxhinierisë, për të përmendur disa.

Figura 3. 3 Lidar statik [5]

LIDAR AJROR

Kur njësia LiDAR është në ajër, kjo do të thotë se sistemi vendoset ose në një avion ose në një helikopter që vazhdon të rri pezull mbi sipërfaqen e tokës, duke dërguar pulse laser poshtë ndërsa lëviz.

LiDAR ajror mund të skanojë zona të mëdha në një kohë më të shkurtër në krahasim me LiDAR tokësor. Kjo i bën sistemet LiDAR në ajër të përshtatshëm për ato aplikacione që kërkojnë një pamje nga syri i një zone që përfshin shumë hektarë.

Bazuar në atë lloj zone që skanon njësia LiDAR, sistemet ajrore mund të klasifikohen më tej në LiDAR topografike dhe LiDAR batimetrike [5].

LiDAR ajror, siç sugjeron emri, është teknologjia që instalohet në një dron ose një avion për mbledhjen e të dhënave topografike në sipërfaqen e tokës. Në momentin që LiDAR ajror është montuar dhe gati për të punuar, ai fokuson dritën laser drejt objektit të synuar në sipërfaqen e tokës. Kjo dritë më pas reflektohet në burimin LiDAR pasi tërhiqet nga objekti i synuar në tokë. Informacioni gjeohapësinor i marrë përdoret në përcaktimin e distancës së saktë të objektit [5] [10].

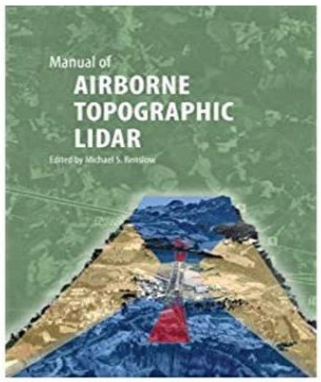

Figura 3. 4 LiDAR ajror [5]

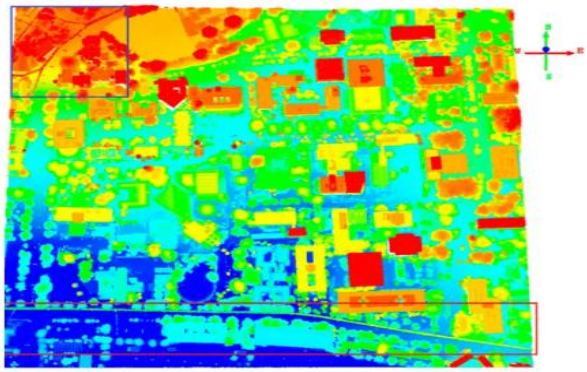

Figura 3. 5 Shembull i një imazhi të një zone urbane [10]

LIDAR TOPOGRAFIK

LiDAR topografik përdoret për të skanuar çdo lloj toke, ku impulset laser të dërguara në sipërfaqen e tokës japin një vlerësim të karakteristikave të ndryshme të zonës. Ngritja dhe rënia e sipërfaqes hartohen bazuar në lartësinë e strukturave që reflektojnë rrezet laser.

Shkurtimisht, LiDAR topografik përdoret për të nxjerrë në pah hartën topografike të një pjese të caktuar toke. Aplikimet e LiDAR topografike përfshijnë pylltarinë, planifikimin urban, ekologjinë, hartën e infrastrukturës, gjeomorfologjinë, etj.

Qëllimi i një LiDAR-i topografik është të mbledhë të dhëna gjeohapësinore të mjediseve natyrore dhe të krijuara nga njeriu për të përcaktuar modelet e sipërfaqes së tokës, të tilla si konturet, modelet e lartësisë, etj. Informacioni i mbledhur mund të përdoret nga profesionistët e hartës dhe madje edhe agjencitë qeveritare për planifikimin urban, inxhinierinë bregdetare, operacionet e reagimit ndaj emergjencave, etj [5] [10].

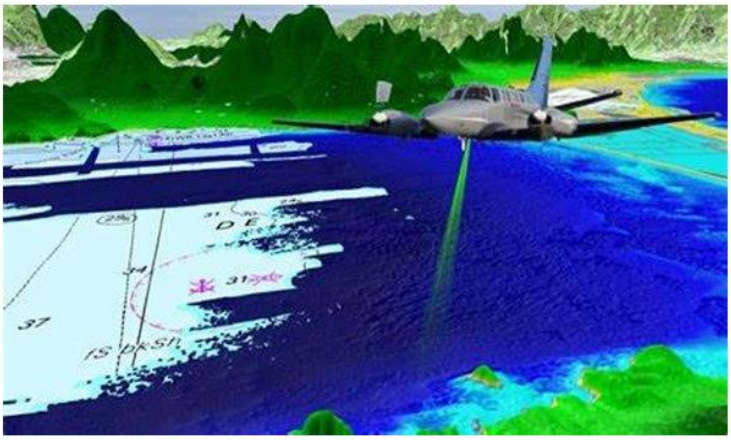

Figura 3. 6 Lidar batimetrik [5]

LIDAR BATIMETRIK

Ndërsa LiDAR topografik mund të ndiejë nga distanca çdo lloj toke, ai nuk funksionon shumë mirë kur trupat ujorë duhet të skanohen. Për të përmbushur këtë detyrë, përdoret një lloj tjetër i sistemit LiDAR në ajër, i quajtur LiDAR batimetrik.

Një sensor LiDAR batimetrik përbëhet nga të gjithë kompnentet e një LiDAR topografik plus një karakteristikë shtesë që lejojnë njësinë të dërgojë impulse laser të gjelbër. Këto impulse mund të depërtojnë në sipërfaqen e ujit dhe të kthehen në mjetin ajror.

Të dhënat e mbledhura në këtë mënyrë japin një vlerësim të thellësisë së trupave ujorë. Kur përdoren në lidhje me sensorët topografikë, këto njësi mund të identifikojnë më qartë vijat bregdetare dhe lartësitë. Inxhinieria bregdetare dhe shkencat detare zakonisht përfitojnë nga përdorimi i sistemeve të tilla LiDAR.

Ndërsa LiDAR-i topografik dhe LiDAR-i batimetrik mund të kenë ngjashmëri në disa aspekte, veçoria unike e LiDAR-it batimetrik është aftësia e tij për të depërtuar në ujë. Megjithatë, informacioni mund të mblidhet si nga toka ashtu edhe nga uji duke përdorur sistemet LiDAR-it batimetrik [5].

Sapo të aktivizohet sistemi LiDAR-it batimetrik, drita laser infra të kuqe hidhet në sipërfaqen e dëshiruar. Drita nga uji dhe sipërfaqja e tokës më pas reflektohet në avion për mbledhjen e të dhënave. Njëkohësisht, drita tjetër jeshile depërton nëpër ujë për të mbledhur më shumë të dhëna, për shembull, fundi i detit, ndërfaqja tokë-oqean, etj.

Prandaj, informacioni i besueshëm i planifikimit mbi thellësinë e oqeanit dhe lartësinë e tokës mund të merret njëkohësisht përmes sistemeve batimetrike LiDAR. Ky studim i LiDAR-it me ajër mund të kapë ndërfaqen e saktë ujë-tokë, vijat bregdetare, brigjet,

portet dhe brigjet. Për më tepër, objektet në dyshemenë e oqeanit mund të gjurmohen nga përdorimi i sistemeve LiDAR-ëve batimetrik [5].

LIDAR SATELIT

Njësitë LiDAR mund të vendosen gjithashtu në satelitë që rrotullohen rreth tokës. Me sistemet satelitore LiDAR, është e mundur të skanohen pjesë më të mëdha jo vetëm të tokës, por edhe të atmosferës mbi tokë.

Shumë sisteme të tilla LiDAR të bartura në hapësirë janë përdorur nga NASA për të kuptuar pozicionimin e reve mbi tokë, vegjetacionin, gjendjen e akullit në dy pole, e kështu me radhë. Njësi më të avancuara satelitore LiDAR janë duke u zhvilluar që mund të lexojnë edhe grimcat në atmosferë.

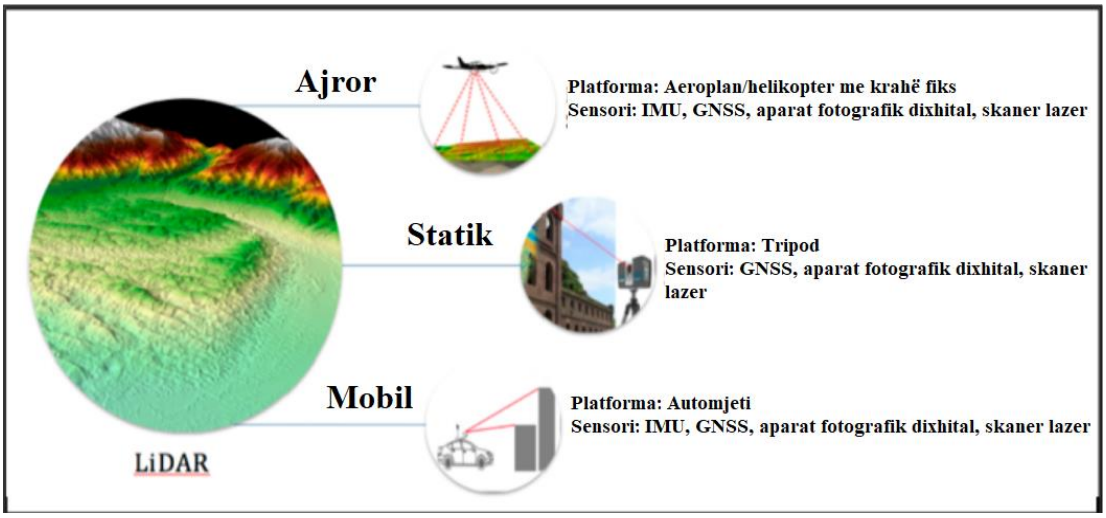

Figura 3. 7 Llojet e LiDAR [12]

3.4.2. LLOJET E LIDAR SIPAS APLIKIMIT

Megjithëse shumica e sistemeve LiDAR janë të ngjashme në parimin bazë të punës, disa aplikacione kërkojnë lloje specifike të njësive LiDAR. Këtu ne i klasifikojmë sistemet LiDAR bazuar në këto specifika.

LIDAR ME ABSORBIM DIFERENCIALE (DIAL)

Kjo teknologji përdoret për të matur përqendrimet e gazit në atmosferë, më konkretisht për të monitoruar nivelet e ozonit. Sistemet DIAL mund të jenë tokësore dhe ajror dhe gjithashtu mund të matin nivelet e ndotjes.

Një sistem i tillë përdor një laser të sintonizueshëm për të prodhuar dy gjatësi vale të impulseve laser që regjistrojnë të dhëna nga kulmi i një linje përthithjeje gazi dhe një tjetër në një rajon me absorbim të ulët. Prandaj, emri, absorbim diferencial.

LIDAR ERE

Matja e lëvizjes së erës mund të jetë e ndërlikuar duke përdorur çdo formë të pajisjeve të sensorit në distancë, kryesisht sepse era ndryshon drejtimin me shpejtësi. Wind LiDAR është projektuar pikërisht për këtë qëllim.

Sistemet e avancuara LiDAR që ofrojnë monitorim 360 gradë të erës në mënyrë të vazhdueshme mund të jenë jashtëzakonisht të dobishme për të kuptuar turbulencat, shpejtësinë e erës dhe drejtimin e erës duke përdorur pika të shumta të dhënash.

RAMAN LIDAR

Raman LiDAR është një sistem LiDAR-i tokësor që përdoret posaçërisht për të zbuluar dhe matur nivelet e avullit të ujit dhe aerosoleve në mjedis. Ndërsa një njësi konvencionale LiDAR i percepton të dhënat e saj nga shpërndarja e pasme e pulseve të reflektuara laser, Raman LiDAR mund të shkojë më tej dhe të zbulojë sinjalet e pranishme në shpërndarjen e pasme në gjatësi vale të ndryshme.

Ky proces quhet shpërndarje joelastike. Këto sinjale në thelb prodhohen nga prania e molekulave. Duke përdorur këtë teknikë, LiDAR-i mund të vlerësojë praninë e aerosoleve me saktësinë optimale.

HSRL LiDAR

HSRL, që qëndron për LiDAR me Rezolucionin e Lartë Spectral, është një mënyrë tjetër për të përcaktuar praninë e aerosoleve në atmosferë. Sidoqoftë, ndryshe nga Raman LiDAR, HSRL është një sistem ajror.

Njësia punon me shpërndarjen spektrale të sinjaleve të reflektuara LiDAR për të dalluar pulset e reflektuara nga molekulat nga ato të dërguara nga aerosolet.

RELACIONET

Ndërsa LiDAR-i vazhdon të përdoret me sukses në aplikacione të ndryshme, njohja e llojeve të ndryshme të LiDAR-it u jep përdoruesve një përparësi kur vendosin për sistemin e duhur. Bazuar në funksionalitete të ndryshme, teknologji, konfigurim dhe aplikacione, njësitë LiDAR mund të klasifikohen në shumë lloje të ndryshme.

Njësitë LiDAR mund të jenë fleksibël për t'u përdorur sipas nevojës. Me përparimet në teknologji të tilla si thithja diferenciale dhe shpërndarja joelastike, LiDAR-i ka potencialin për t'u përdorur në më shumë aplikacione në të ardhmen.

3.5. LIDAR SOT

Teknologjia LIDAR ka avancuar deri në atë pikë sa tani mund të shohim objekte siç nuk i kemi parë kurrë më parë. Nga vlerësimi i rreziqeve, të tilla si rrjedhat e lavës, rrëshqitjet e dheut, cunami dhe përmbytjet, deri te studimet e pellgjeve ujëmbledhëse dhe lumenjve, LIDAR ka shumë përdorime të dobishme. Planifikimi i qytetit, numërimi i njerëzve dhe automjeteve dhe monitorimi i klimës janë më të lehta, dhe meteorologjia dhe minierat janë më inovative dhe miqësore me mjedisin [5].

Më poshtë, do t'i hedhim një vështrim disa prodhuesve të njohur të teknologjisë LIDAR, duke përfshirë Hokuyo, LightWare dhe YDLIDAR [5] - të cilët përdorin të njëjtën teknologji bazë në zbatime, por janë të optimizuara për aplikacione të ndryshme.

HOKUYO

Sensorët LIDAR që skanojnë Hokuyo përdorin një sensor të distancës me pikë të vetme për të fshirë një hark, duke marrë pikat e të dhënave të distancës përgjatë harkut të udhëtimit. Kjo rrymë pikash e stampuar vazhdimisht me kohë e pikave të distancës përgjatë harkut të interesit krijon një grup të dhënash të hartave të planit pikë-pikë shumë të saktë 2D.

Hokuyo ka integruar sensorin dhe të gjithë mekanikën e fshirjes në një mbyllje kompakte e cila zakonisht kërkon një ndërfaqe Ethernet me një kompjuter pritës për shkak të shkallës së lartë të mostrës dhe gjerësisë së brezit të kërkuar për të përpunuar të dhënat e planit të pikës 2D. Për shkak të sistemeve mekanike të kërkuara për skanim, sensorët Hokuyo zakonisht kërkojnë tensione më të larta funksionimi dhe më shumë fuqi sesa sensorët 1D.

Sensorët LIDAR skanues Hokuyo ofrojnë informacion në kohë reale që përdoret zakonisht në hartimin e saktë, monitorimin e popullsisë ose trafikut dhe aplikimet e sigurta/shmangien e objekteve në distanca deri në 30 m. Dizajni i fortë i mbylljes nga ekipi Hokuyo do të thotë që shumë nga këta sensorë LIDAR skanues mund të përdoren në mjedise të brendshme ose të jashtme. Si të tillë, sensorët Hokuyo zbatohen shpesh në hartimin e dronëve, si sensorë sigurie për robotët celularë ose industrialë dhe si sensorë të zbulimit të objekteve për automjetet pa shofer.

LIGHTWARE

LightWare prodhon disa nga sensorët më kompakt, me peshë të lehtë 1D dhe 2D të

diapazonit të disponueshëm sot. Sensorët e tyre 1D bien nën parimet tipike të LIDAR, ku një emetues laser dhe një sensor janë të integruara në trupin e sensorit. Sensori do të raportojë distancën në çdo objekt që bie në vijën e drejtpërdrejtë të shikimit të sensorit.
Sensorët LightWare raportojnë distancën në një rrjedhë të vazhdueshme të të dhënave ose mënyra të vetme leximi. Ata zakonisht mundësohen vetëm nga 5 V dhe komunikojnë të dhënat e tyre të distancës përmes një lidhjeje USB, UART ose I2C. Së bashku me dizajnin e tyre mekanik me peshë të lehtë (si të lehta në 20 g), këta sensorë janë idealë në aplikacionet e robotëve celularë me dron ose peshë të ndjeshme.
Distanca LightWare janë shumë të njohura me prodhuesit e dronëve, të cilët i montojnë në drone dhe i drejtojnë në tokë - për t'u përdorur si lartësimatës, për të ndihmuar në hartimin e terrenit ose për përdorim me sistemet e uljes automatike. Sensorët LightWare përdoren nga fotografët për të ndihmuar në rregullimin e tyre cilësimet fokale të kamerës ose edhe nga lojtarët e golfit ose gjuetarët për të arritur një rreze të saktë në objektiv. Ato mund të përdoren gjithashtu për të ndihmuar në gjetjen e numrit tonë të njerëzve ose objekteve që lëvizin nëpër një zonë

YDLIDAR

YDLIDAR po sjell teknologjinë e sensorëve 2D LIDAR në nivele të reja të përballueshmërisë dhe madhësisë. Krijuar për hobistin që ka nevojë për një matës distancash LIDAR skanues, sensorët YDLIDAR përdorin një LIDAR 1D të montuar në një motor të qetë dhe të besueshëm - më pas rrotulloni sensorin deri në 420 rpm për të siguruar një re me pikë 360 gradë të të dhënave të distancës.
YDLIDAR ofron disa modele të sensorëve 2D, duke përfshirë një gamë relativisht të gjerë kostosh/veçorish. Këta sensorë lidhen shpejt dhe lehtë me një portë USB (ose dy) në një kompjuter pritës ose një sistem të integruar. YDLIDAR ofron një aplikacion GUI të lehtë për t'u përdorur, në mënyrë që të jeni në gjendje të funksiononi brenda pak minutash.
Meqenëse nuk vijnë në mbyllje të vlerësuara me IP ose të mbrojtura, sensorët YDLIDAR zakonisht përdoren në aplikacione shtëpiake dhe të brendshme si zbulimi i lëvizjes ose afërsisë - ose si sensorë të zbulimit të pengesave në robotët e automatizuar të lëvizshëm.

4. PARIMI I PUNËS SË LIDAR

Teknologjia LiDAR konsiston në dërgimin e një rreze laser në objektiv dhe matjen e dritës së reflektuar me një fotodetektor për të përcaktuar distancën nga objektivi dhe në këtë mënyrë të gjenerojë një hartë të saktë të mjedisit përreth. Përparësitë kryesore të LiDAR janë se ai mund të sigurojë pozicion të saktë në zona të mëdha dhe se është i shpejtë, duke bërë të mundur mbledhjen e informacionit me një shpejtësi dhe një shkallë detajesh që nuk do të ishte e mundur ndryshe [10].

4.1. Funksionimi i LiDAR

LiDAR funksionon i bazuar në dy grupe matjesh. Informacioni i parë është pozicioni (sistemi i skanimit mund të fiksohet ose lëviz) dhe drejtimi i drejtimit të laserit për çdo matje. E dyta është distanca, e cila mund të matet përmes qasjeve të ndryshme.

Njëri prej tyre konsiston në përdorimin e një laseri pulsues dhe matjen e kohës së fluturimit, domethënë kohën që i duhet dritës për të arritur në një sipërfaqe dhe për t'u kthyer në burim, prandaj [10]:

$$D = c \cdot \Delta T/2$$

ku D është distanca nga objekti, c është shpejtësia e dritës dhe ΔT është koha e fluturimit. Ky sistem kufizohet vetëm nga kërkesa për një sinjal kthimi, që do të thotë se laserët e fuqishëm duhet të përdoren kur duhet të maten distancat prej disa kilometrash.

Pajisja e Zbulimit dhe Rangimit të Dritës (LiDAR) është montuar në avion ose anije kozmike dhe ndërsa fluturon mbi tokë, pulset e laserit drejtohen drejt sipërfaqes së Tokës. Drita udhëton shpejt në sipërfaqen e tokës, duke reflektuar fotone nga pengesat si ndërtesat, malet, pemët etj. Drita e reflektuar (Fotonet) arrin sensorin LiDAR dhe Marrësi regjistron vonesën kohore midis emetimit të pulsit të dritës dhe zbulimit të sinjali i reflektuar i quajtur edhe si "Echo". Marrësi regjistron matje të përsëritura të sinjalit të reflektuar [13].

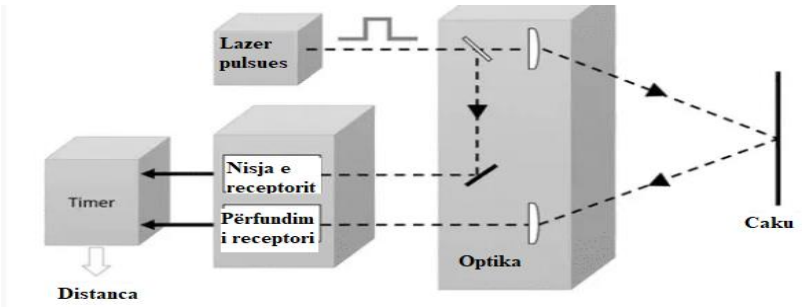

Figura 4. 1Parimi i matjes së kohës së fluturimit me laser pulsues [8]

Një çasje tjetër për llogaritjen e distancave bazohet në matjen e fazës. Në këtë rast, përdoret një laser me formë vale të vazhdueshme të moduluar me amplitudë (AMCW). Zhvendosja e fazës ndërmjet dritës së incidentit dhe asaj kthyese përdoret për të përcaktuar distancën [10]:

$$D = c/2 \cdot \Delta\Phi/(2\cdot\pi\cdot fM)$$

ku D dhe c janë përkatësisht distanca nga objekti dhe shpejtësia e dritës; ΔΦ është zhvendosja e fazës dhe fM është frekuenca e modulimit të amplitudës së sinjalit. Mangësi kryesore e kësaj çasjeje është se diapazoni që mund të matet pa paqartësi është i shkurtër, zakonisht rreth 100 m.

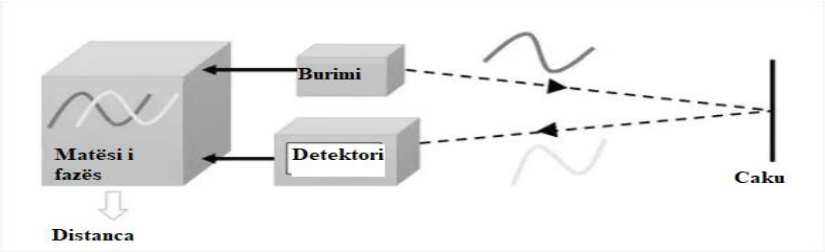

Figura 4. 2 Parimi i matjes së fazës së kohës së fluturimit [10]

Një qasje e tretë do të ishte vala e vazhdueshme e moduluar me frekuencë (FMCW), ku frekuenca optike e menjëhershme e emetuar modifikohet periodikisht, zakonisht duke ndryshuar fuqinë e aplikuar në burim. Rezolucioni tipik i thellësisë për dy afrimet e para është 1 cm, ndërsa në rastin e fundit është 0,1 cm [10]. Drita që reflektohet nga sipërfaqja e tokës është në formën e një vale. Zbulimi i pikut të kësaj Forme Valore është një parakusht për përpunim të mëtejshëm. Zonat në tokë që pasqyrojnë më shumë fotone quhen "Pikat e majës" ose "Majat" [13].

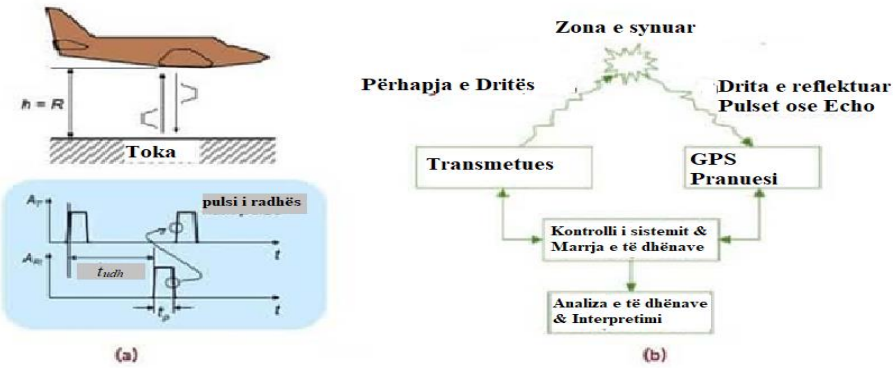

Figura 4. 3 (a) Paraqitja e Parimit të Matjes së Pulsit (b) Blloku Diagrami i Sistemit LiDAR [13]

Me ndihmën e Marrësit GPS dhe IMU (njësia e matjes inerciale), matet orientimi këndor i sensorit në lidhje me zonën e synuar dhe "Largësia e rrezes" midis sensorit dhe zonës së synuar llogaritet nga Marrësi dhe regjistron x, y, z koordinatat e secilit puls që ndihmon sistemin të korrigjojë pozicionin e avionit, gjë që ndihmon në gjenerimin e saktë të prodhimit.

Miliona pika të dhënash të regjistruara gjenerohen nga sistemi. Njësia e kontrollit të sistemit dhe marrjes së të dhënave ndihmon në përpunimin e "Point Cloud" të koordinatave të të dhënave x, y, z me ndihmën e interfejsit kompjuterik. Të dhënat analizohen dhe përpunohen për të marrë modelin e sipërfaqes dixhitale të zonës së synuar [13].

Pak sisteme përdorin algoritme përsëritëse, algoritme të përputhjes së skanimit për përputhjen "Point Cloud". Disa nga sistemet përdorin "LiDAR Odometry and Mapping Metoda (LOAM)" e cila ofron harta të sakta në kohë reale.

Parimi i matjes së laserit të pulsit shpjegohet më poshtë [13]

- Koha udhëtimit:

$$\boldsymbol{t_{udh} = \frac{2R}{c}}$$

me c shpejtësia e dritës.

- Shembull:

$$\boldsymbol{h = R - 1000\ m \rightarrow t_{udh} = 6.7\mu s}$$

- Rezolucioni i diapazonit

$$\boldsymbol{\Delta R = \frac{1}{2} c \Delta t_{udh}}$$

- Pulset maksimale të përsëritjes së frekuencës (teoretikisht, sypozim jo transmetim/ pranim mbivendosje):

$$\boldsymbol{f_{max} = \frac{1}{t_{udh}} = \frac{c}{2R}}$$

- Shembull:

$$h = R - 1000\ m \rightarrow t_{max} = 150kHz$$

Një sistem tipik LiDAR përbëhet nga një skaner, laser dhe ndonjëherë edhe marrës i specializuar GPS. Elementë të tjerë që janë thelbësorë për mbledhjen dhe analizën e të dhënave janë optika dhe fotodetektorët. Të dhënat e skanuara të LiDAR ruhen përgjithësisht në një fajll me një shtrirje ".las". Ky format mbështetet nga Shoqata

Amerikane e Fotogrametrisë dhe Sensimit në distancë (AS PRS). Një format i ri me një shtesë ".laz" është zhvilluar së fundmi nga LasTools. ".laz" është një version shumë i ngjeshur i ".las". Të dhënat dalëse që rrjedhin nga të dhënat e skanuara ruhen në një fajll me një zgjatim ".tif". Ky sistem përdoret zakonisht nga shkencëtarët dhe profesionistët e hartës për të ekzaminuar mjedisin për të cilin ata janë të interesuar. Këto matje LiDAR përdoren kryesisht për aplikime ajrore, celulare dhe tokësore [10] [14].

Shumica e sistemeve të Zbulimit dhe Rangimit të Dritës përdorin katër komponentë kryesorë [11] [14] [15].

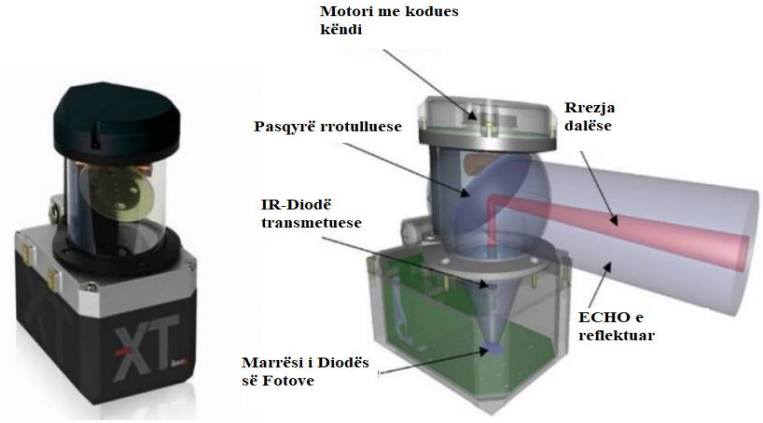

Figura 4. 4 Komponentët e Sistemeve të Zbulimit dhe Rangimit të Dritës [14]

Laserët

Laserët kategorizohen sipas gjatësisë së valës së tyre. Sistemet e Zbulimit të Dritës dhe Rangimit të Dritës në ajër përdorin laser Nd të pompuar me diodë 1064 nm: YAG ndërsa sistemet batymetrike përdorin Nd me diodë të dyfishtë 532 nm: laser YAG të cilët depërtojnë në ujë me më pak dobësim sesa sistemi ajror (1064 nm). Rezolucioni më i mirë mund të arrihet me impulse më të shkurtra me kusht që detektori i marrësit dhe elektronika të kenë gjerësi të mjaftueshme bande për të menaxhuar rrjedhën e rritur të të dhënave.

Skanerë dhe Optika

Shpejtësia me të cilën mund të zhvillohen imazhet ndikohet nga shpejtësia me të cilën ato mund të skanohen në sistem. Një shumëllojshmëri metodash skanimi janë të disponueshme për rezolucione të ndryshme, si p.sh. azimut dhe lartësi, skaner me bosht të dyfishtë, pasqyra me plan të dyfishtë lëkundëse dhe pasqyra poligonale. Lloji i optikës përcakton diapazonin dhe rezolucionin që mund të zbulohet nga një sistem.

Elektronika e fotodetektorit dhe e marrësit

Fotodetektori është një pajisje që lexon dhe regjistron sinjalin e shpërndarë në sistem. Ekzistojnë dy lloje kryesore të teknologjive të fotodetektorëve, detektorë në gjendje të ngurtë, të tilla si fotodiodat e ortekëve të silikonit dhe fotomultipliatorët.

Sistemet e navigimit dhe pozicionimit/GPS

Kur një sensor i Zbulimit të Dritës dhe Rangimit është montuar në një satelit aeroplan ose në automobil, është e nevojshme të përcaktohet pozicioni absolut dhe orientimi i sensorit për të ruajtur të dhënat e përdorshme. Sistemet e pozicionimit global (GPS-Global Positioning Systems) ofrojnë informacion të saktë gjeografik në lidhje me pozicionin e sensorit dhe një njësi matëse inerciale (IMU) regjistron orientimin e saktë të sensorit në atë vend. Këto dy pajisje ofrojnë metodën për përkthimin e të dhënave të sensorëve në pika statike për përdorim në një sërë sistemesh.

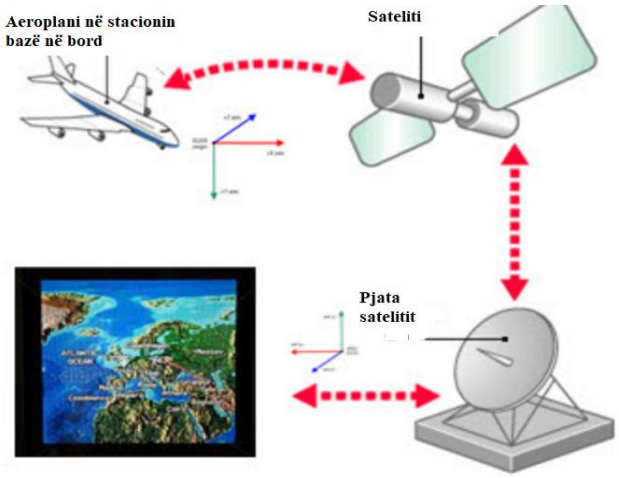

Figura 4. 5 Sistemet e navigimit dhe pozicionimit/GPS [14]

4.2. Arkitektura e LiDAR-it (Light Detection and Ranging)

Komponentët përfshijnë [14]:

- Transmetues
- Marrësi
- Sistemi optik
- Njësia e kontrollit dhe e përpunimit

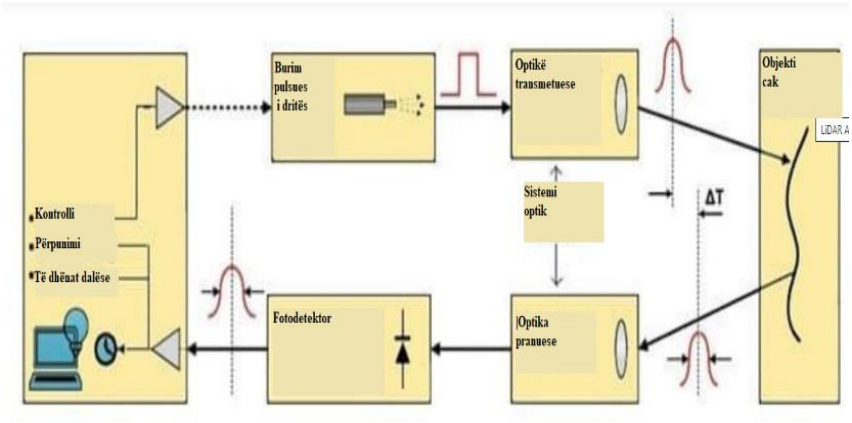

Figura 4. 6 Diagrami Skematik i Arkitekturës LiDAR [14]

Fig. 3.14 më sipër tregon Arkitekturën e Sistemit të Zbulimit dhe Rangimit të Dritës (LiDAR). Kryesisht sistemi përdor laser diodë ose laser të gjendjes së ngurtë të pompuar me diodë për të transmetuar pulsin e dritës. Laserët me diodë kanë rreze të gjerë dhe janë të lira. Optika e transmetuesit ndihmon sistemin të përqendrojë dritën në zonën e synuar. Një pjesë e dritës reflektohet nga objektet si ndërtesat, pemët etj.

Drita e reflektuar ose drita e shpërndarë e pasme fokusohet në fotodetektor. Marrësi i Zbulimit dhe Rangimit të Dritës (LiDAR) mund të jetë një detektor i vetëm ose një grup detektorësh. Foto-detektori është i lidhur me njësinë e Kontrollit dhe të Marrjes së të Dhënave që mat sasinë e dritës së shpërndarë nga pas në funksion të distancës.

Transmetues

Ndihmon në transmetimin e dritës Laser në formën e pulseve.

Marrësi

Ai merr dritën e reflektuar ose dritën e shpërndarë prapa.

Sistemi optik

Sistemi optik në transmetues ndihmon në fokusimin e dritës në zonën e synuar dhe sistemi optik i marrësit ndihmon në fokusimin e dritës së reflektuar në fotodetektor.

Njësia e Kontrollit dhe Përpunimit

Kjo njësi merr dritën e reflektuar dhe përpunon të dhënat duke përdorur softuer të specializuar. Kjo njësi ka:

- **Marrës GPS**
- **IMU (Njësia e matjes inerciale)**

Marrës GPS

Marrësi GPS në bord i avionit përcakton pozicionin e avionit për sa i përket gjerësisë, gjatësisë dhe lartësisë me ndihmën e sensorit.

IMU (Njësia e matjes inerciale)

Njësia e matjes inerciale e referuar si IMU është përgjegjëse për orientimin e një avioni ose mjeti të hapësirës ajrore në lidhje me një kornizë inerciale referimi siç është sfera qiellore. Ndihmon në përcaktimin e qëndrimit të avionit kur sensori po bën matje vazhdimisht. Pozicioni horizontal dhe vertikal i avionit ndihmon sistemin të transmetojë në mënyrë efektive impulset laser.

4.3. LIDAR Përpunimi i të Dhënave

Mekanizmi i Zbulimit dhe Rangimit të Dritës thjesht mbledh të dhënat e lartësisë dhe së bashku me të dhënat e Njësisë Matëse Inerciale vendoset me avionin dhe një njësi GPS. Me ndihmën e këtyre sistemeve, sensori i zbulimit të dritës dhe shtrirjes mbledh pikat e të dhënave, vendndodhja e të dhënave regjistrohet së bashku me sensorin GPS. Të dhënat kërkohen për të përpunuar kohën e kthimit për çdo puls të shpërndarë në sensor dhe për të llogaritur distancat e ndryshueshme nga sensori, ose ndryshimet në sipërfaqet e mbulimit të tokës. Pas anketimit, të dhënat shkarkohen dhe përpunohen duke përdorur softuer kompjuterik të krijuar posaçërisht (LIDAR point Cloud Data Processing Software). Prodhimi përfundimtar është gjatësia e saktë, e regjistruar gjeografikisht (X), gjerësia (Y) dhe lartësia (Z) për çdo pikë të dhënash. Të dhënat e hartës LIDAR përbëhen nga matjet e lartësisë së sipërfaqes dhe arrihen nëpërmjet rilevimeve topografike ajrore. Formati i skedarit që përdoret për të kapur dhe ruajtur të dhënat LIDAR është një skedar teksti i thjeshtë. Duke përdorur pikat e lartësisë, të dhënat mund të përdoren për të krijuar harta topografike të detajuara. Me këto pika të dhënash edhe ato lejojnë gjenerimin e një modeli dixhital të lartësisë së sipërfaqes së tokës.

5. APLIKIMET

LiDAR, si një teknikë sensuese e largët, ka disa përparësi. Në mesin e tyre janë saktësi të larta, densitet të lartë, zona të mëdha të mbulimit dhe aftësinë e përdoruesve për të restauruar zonat shpejt dhe me efikasitet. Kjo krijon aftësinë për të hartuar ndryshime diskrete në një rezolutë shumë të lartë, mbulojnë zona të mëdha në mënyrë uniforme dhe me saktësi dhe prodhon rezultate të shpejta. Aplikacionet më poshtë janë shembuj të disa përdorimeve të përbashkëta të LiDARit [9] [15].

Përditësimi dhe krijimi i hartave të normës së sigurimit të përmbytjeve (Figura 5.1) Ky aplikacion është një drajver i madh në zhvillimin dhe përdorimin e të dhënave LiDAR. Aplikimi u soll edhe kur uraganet goditën Karolinën e Veriut dhe zonat ekzistuese të përmbytjeve të përmbytura u dukën shpejt të pamjaftueshme.

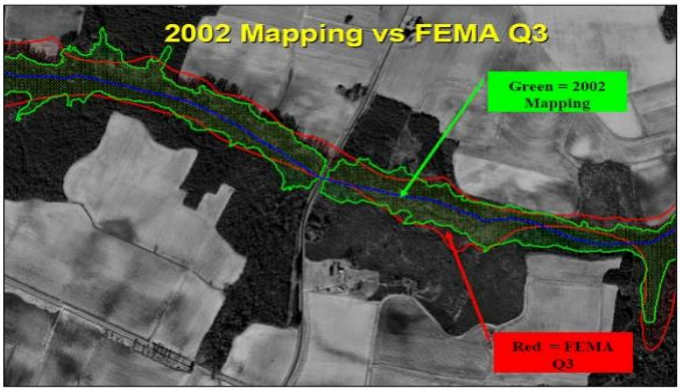

Figura 5. 1 LiDAR-nxitur nga përmbytja e përdorur për të përcaktuar kufijtë e përmbytjeve në kontrast me agjencinë e menaxhimit të emergjencave të përmbytura më parë (FEMA) kufijtë e zonës së përmbytjes [9]

Studimet e pyjeve dhe pemëve - një aspekt shumë i kushtueshëm dhe kohë i menaxhimit të drurit është përpjekja e shpenzuar në pemët matëse në terren (Figura 5.2). Në mënyrë tipike një mostër e pemëve matet për një numër parametrash dhe rezultatet janë statistikisht të ekstrapoluara gjatë gjithë zonës së korrjes. Pemët duhet të maten për të përcaktuar se sa druri është i pranishëm, kur është më e përshtatshme për të korrur, dhe sa për të korrur. Rezolucion i lartë, LiDAR i vogël i këmbëve është përdorur për të numëruar pemët dhe për të matur lartësinë e pemës, gjerësinë e kurorës dhe thellësinë e kurorës. Nga këto matje, vëllimi i qëndrueshëm i drurit mund të vlerësohet në një bazë

të pemës individuale, ose në një nivel qëndrimi me këmbësorë më të madh LiDAR.

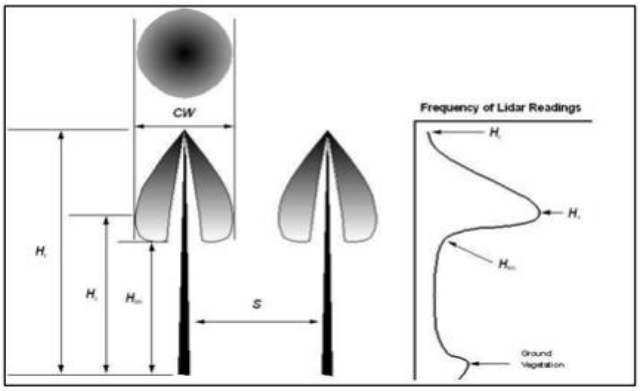

Figura 5. 2 Informacioni i tendës së pemëve (H = lartësia, CW = gjerësia e kurorës, S = hapësira) [9]

Harta e ndryshimeve bregdetare – Hartimi i zonës bregdetare është një aplikacion që nxjerr në pah përdorimin e të dhënave LiDAR (Figura 5.3) së bashku me shtresat GIS për të rritur dobinë e të dy grupeve të të dhënave. Ky rajon shumë dinamik ndryshon në periudha kohore shumë të shkurtra (p.sh., dallgët, baticat, stuhitë), përmban shumë habitate natyrore që varen shumë nga lartësia dhe është me popullsi të dendur. Si rezultat, ndryshimet e shpejta mund të ndikojnë në popullata dhe habitate të rëndësishme, të cilat të dyja po bëhen më pak tolerante ndaj ndryshimit (d.m.th., ka më pak aftësi për t'u tërhequr). Të dhënat e LiDAR ofrojnë aftësinë për të matur ngjarje specifike, si dhe tendenca afatgjata. Kjo siguron informacion që mund të zbatohet për zgjidhjet e menjëhershme të restaurimit për zonat kritike, si dhe planifikim të qëndrueshëm për të minimizuar ndikimet e ardhshme.

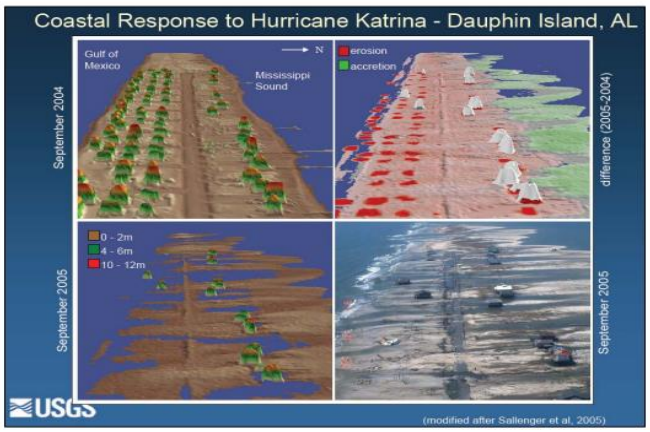

Figura 5. 3 Studimet bregdetare të ndërmarra nga Shërbimi Gjeologjik i SHBA-së në ishullin Dauphin përpara dhe pas uraganit Katrina [9]

Hartimi i terrenit bazë në shkallë të gjerë

Krahasuar me metodën e studimit të terrenit ose fotogrametrisë, teknologjia LiDAR kap koordinatat 3D më të lehta dhe më të shpejta; Ai jep të dhëna të sakta për ngritjen e tokës dhe tregon imazhin 3D të lartësisë. Duke përdorur modelimin e detajuar të terrenit, shkencëtarët e tokës mund të hulumtojnë ndryshimet në ndërprerjet e tokës dhe ndryshimet në shpatin, të cilat tregojnë një model në marrëdhëniet hapësinore. Përveç kësaj, një model sipërfaqësor i krijuar nga LiDAR përdoret për të shtuar vlerë grafike në harta. Dem (nga LiDAR) është shtuar nën të gjitha shtresat që tregojnë pamje 3D të tokës. Sidomos të dhënat e LiDARit (DEM) shtohen në fotografinë ajrore për të treguar pikëpamjen 3D, duke e bërë më të lehtë për të planifikuar rrugët, ndërtesat, urat dhe lumenjtë.

Hartimi i saktë i precizës për navigimin autonom

Një hartë dixhitale e rrugës është një çelës për navigacionin e makinave dhe vizualizimin. Maps gjithnjë e më shumë janë të pasura me informacionin 3D në ditët e sotme, të cilat mund të përdoren për ngarje autonome dhe menaxhimin e qytetit të mençur. Për shembull, këtu teknologjitë mbledhin të dhënat e pikave në rrugë përgjatë rrugëve nga mbi 200 automjete; Çdo automjet është i pajisur me një platformë të ngritur me një skaner laser, kamera, dhe sistemin GNSS / IMU. Skaneri përdor HDL-32E Velodyne, i cili mund të mbledhë deri në 700,000 pikë për sekondë me saktësi është rreth 2cm, duke siguruar informacion të rëndësishëm për harta të rrugëve digjitale, kështu që një hartë e detajuar e rrugës gjenerohet për të analizuar shpatet dhe për të lundruar.

Vrojtime të sakta topografike në zonat e mbulimit të vegjetacionit

Matja e kulmeve të pyjeve nuk është e lehtë. Të dhënat e mbledhura nga teknikat e matjes nuk janë zakonisht të sakta. LiDAR mat lartësinë dhe dendësinë e vegjetacionit në terren, duke e bërë atë një mjet ideal për të studiuar bimësinë në zona të mëdha.

Të dhënat e LiDAR përdoren gjithashtu për të nxjerrë informacion rreth strukturës së vegjetacionit, duke përfshirë lartësinë e kulmeve, mbulimin e tendës, indeksin e zonës së gjetheve, strukturën vertikale të pyjeve dhe identifikimin e specieve (nëse një pyje më pak të dendur me densitet të lartë LiDAR).

Këto të dhëna ndihmojnë në nxjerrjen e informacionit të saktë më poshtë:

- Menaxhimi i përgjithshëm i pyjeve dhe planifikimi - sigurimi i të dhënave të përdorura për të menaxhuar pyjet. LiDAR mund të masë cilësitë e pemëve të pyjeve, duke hartuar degradimin e pyjeve përmes aktiviteteve njerëzore.
- Studimi i ekologjisë pyjore dhe habitatit - LiDAR vjen në të dobishëm në mbledhjen e të gjitha detajeve të ekologjisë pyjore, duke përfshirë florën dhe faunën e gjetur në pyjet dhe speciet që mund të mbijetojnë dhe ato që nuk mund të mbijetojnë.
- Kualifikimi i karburantit të zjarrit pyjor - LiDAR vjen në dispozicion kur përpiqet të përcaktojë karburantin e zjarrit pyjor. Këto të dhëna janë të rëndësishme në parashikimin e zjarreve në pyje dhe në zhvillimin e mekanizmave për të zbutur ose kontrolluar zjarret e pyjeve në të ardhmen.

Hartimi i emergjencave

Për shkak të ndalimit të trafikut, është e vështirë të përcaktohet dhe të matet dëmet e shkaktuara nga tërmetet. Me ndihmën e Teknologjisë LiDAR, tani është e lehtë të grumbullohen të dhënat para dhe pas tërmetit të ndodhë për të vlerësuar dëmin dhe përfitimin në parandalimin e ardhshëm. Për shembull, Ma Hong-Chao dhe ekipi i tij nga Universiteti Wuhan përdorin Airborne LiDAR për të fituar të dhëna të sakta DEM të fituara nga zonat tangjiashan dhe yingxiu në funksionin e tërmetit Wenchuan.

Ushtria

LiDAR ka disa përdorime në ushtri. Ushtria [14] varet nga LiDAR për të hartuar terrenin e saktë të fushës së betejës dhe për të njohur pozicionin e saktë të armikut dhe kapacitetin e tyre. Ajo mund të gjejë të gjitha armët e armikut, duke përfshirë tankerët, dhe të ndihmojë në neutralizimin e kërcënimit në një shkallë shumë më të madhe. Për shembull, Lincoln Laboratori zhvillon një pajisje LiDAR që prodhon imazhe 3D me rezolucion të lartë duke përdorur pulse të shkurtra laser dhe një grup fokal-aeroplan prej 32 × 32 fotodiodë ortek të geiger-mode me qarqe të pavarur dixhitale të numërimit të fluturimit në çdo piksel.

Oqeanografia

LIDAR përdoret për llogaritjen e fluoreshencës së fitoplanktonit dhe biomasës në sipërfaqen e oqeanit. Përdoret gjithashtu për të matur thellësinë e oqeanit (batimetria) [14].

Lidar për shmangien e pengesave me helikopter

Aktualisht, teknologjia lidar ka hyrë në fazën praktike në shmangien e pengesave të helikopterëve në fluturim të ulët, zbulimin e agjentëve kimikë/biologjikë dhe zbulimin e objektivave nënujorë, dhe kërkime të tjera të aplikimit ushtarak po bëhen gjithashtu më të pjekur.

Kur një helikopter po fluturon në një patrullë në lartësi të ulët, është shumë e lehtë të përplasesh me kodra ose ndërtesa në tokë. Për këtë arsye, zhvillimi i radarit ajror të helikopterit që mund të shmangë pengesat në tokë është një dëshirë e dashur e njerëzve. Aktualisht, ky lloj radari ka qenë i suksesshëm në Shtetet e Bashkuara, Gjermani dhe Francë.

Sistemi i shmangies së pengesave të fluturimit me helikopter në lartësi ultra të ulët i zhvilluar nga SHBA përdor një transmetues diodë laser në gjendje të ngurtë dhe një skaner holografik rrotullues për të zbuluar hapësirën e gjerë ajrore përpara helikopterit. Informacioni i pengesave tokësore shfaqet në ekranin me kokë lart ose në ekranin e helmetës në kohë reale.

Hellas Obstacle Detection Lidar i zhvilluar nga gjermani Daimler Benz Aerospace është edhe më i lartë. Është një lidar imazherik solid 1,54 mikron me një fushë shikimi 32 gradë × 32 gradë dhe mund të zbulojë tela me diametër 1 cm në një distancë prej 300-500 metrash.

Lidari CLARA i montuar në pod, i zhvilluar bashkërisht nga kompania franceze Dassault Electronics dhe kompania britanike Marconi, ka funksione të shumta dhe përdor laser CO2. Jo vetëm që mund të zbulojë pengesa të tilla si standardet dhe kabllot, por gjithashtu ka funksione të tilla si gjurmimi i terrenit, shtrirja dhe treguesi i objektivit dhe treguesi aktiv i objektivit. Është i përshtatshëm për aeroplanë dhe helikopterë.

Lidar për zbulimin e agjentëve të luftës kimike

Pajisjet tradicionale të zbulimit të agjentëve të luftës kimike transportohen nga ushtarët dhe ata lëvizin përpara ndërsa zbulojnë. Shpejtësia e zbulimit është e ngadaltë dhe ushtarët janë të prirur për helmim.

Rusia zhvilloi me sukses sistemin e alarmit të gazit helmues me laser tokësor KDKhr-1N në distanca të gjata, i cili mund të zbulojë sulmet e helmit kimik nga distanca në kohë reale, të përcaktojë distancën e pjerrët, trashësinë e qendrës, lartësinë e tokës, koordinatat

e këndit qendror dhe parametrat e lidhur me helmin e reja e aerosolit helmues dhe një sinjal alarmi mund të dërgohet në sistemin e kontrollit automatik të ushtrisë përmes një kanali radio ose një linje me tela, gjë që është një hap i madh përpara sesa zbulimi tradicional.

Teknologjia e sensorëve të agjentëve të luftës kimike me sensorë të largët VTB-1 e zhvilluar me sukses nga Gjermania është më e avancuar. Ai përdor dy laser CO2 me valë të vazhdueshme 9-11 mikron që mund të rregullohen në 40 frekuenca dhe përdor parimin e spektroskopisë së përthithjes diferenciale për të zbuluar në distancë agjentët e luftës kimike.

Lidar Detar Ajror

Pajisja tradicionale e zbulimit të objektivit nënujor është sonar. Sipas mënyrës së transmetimit dhe marrjes së valëve të zërit, hidrolokatori mund të ndahet në sonar aktiv dhe pasiv, të cilët mund të alarmojnë, kërkojnë, karakterizojnë dhe gjurmojnë objektivat në ujë. Por është i madh në përmasa, në përgjithësi peshon më shumë se 600 kilogramë, dhe disa madje peshojnë dhjetëra tonë. Lidar përdor pajisje transmetuese dhe marrëse laser blu-jeshile në ajër për të zbuluar dhe klasifikuar objektivat nën det duke emetuar laser me puls të ngushtë me fuqi të lartë, gjë që është e thjeshtë dhe e saktë.

Deri më tani, lidar detar në ajër ka zhvilluar tre breza produktesh. Sistemi i gjeneratës së tretë i zhvilluar me sukses në vitet 1990 bazohet në sistemin e gjeneratës së dytë, duke shtuar funksionet e pozicionimit GPS dhe fiksimit të lartësisë, dhe sistemi ndërlidhet me autopilotët për të realizuar kontrollin automatik të rrugëve dhe lartësive

Lidari i imazhit mund të zbulojë objekte nënujore

Sistemi i zbulimit të minave ajrore ALARMS i zhvilluar nga Northrop Corporation për Agjencinë e Projekteve të Kërkimeve të Avancuara të Mbrojtjes së SHBA-së ka funksione automatike të zbulimit në kohë reale dhe aftësi pozicionimi tredimensionale, rezolucion të lartë pozicionimi dhe mund të funksionojë për 24 orë. Ai përdor skanimin ovale për të zbuluar objektiva të dyshimta në ujë.

Lidari i imazhit nënujor i zhvilluar me sukses nga Korporata Kaman Aerospace e Shteteve të Bashkuara karakterizohet nga aftësia e tij për të imazhuar objektivat nënujorë. Meqenëse çdo impuls laser i lidarit të imazhit mbulon një zonë të madhe, efikasiteti i tij i kërkimit është shumë më i lartë se ai i lidarit jo-imazher. Për më tepër,

lidari i imazhit mund të shfaqë veçori të tilla si forma e objektivave nënujore, duke e bërë më të lehtë identifikimin e objektivave, gjë që është tashmë një avantazh i madh i imazhit të lidarit.

Lidar dhe vozitje autonome

Siç e dimë të gjithë, rruga e realizimit të drejtimit automatik ndahet në dy skema: vizion i pastër dhe lidar. Përfaqësuesi i vizionit të pastër është Tesla Autopilot, dhe përfaqësuesi i lidar është Waymo. Polemika e industrisë mbi lidar nuk ka të ndalur kurrë. Në fakt, është për shkak të kampeve të lidarëve që ndahen në vizionin e pastër të Teslës dhe "kompanitë e tjera të makinave". Teoria e Musk është se meqenëse njerëzit nuk kanë nevojë për lidar dhe mund të ngasin vetëm me "kamera dylbi", atëherë inteligjenca artificiale mundet natyrshëm gjithashtu.

Problemi logjik këtu është se vetë syri i njeriut nuk është një palë lente të thjeshta optike. Retina mund të kujdeset si për ditën ashtu edhe për natën, është gjithashtu përgjegjëse për njohjen e ngjyrave dhe është më efektive nën dritë relativisht të ndritshme. Përveç kësaj, truri i njeriut bën filtrimin dhe përpunimin e informacionit dhe merr vendime adaptive bazuar në kushtet e trafikut. Teknologjia aktuale e kamerës së montuar në automjet dhe teknologjia e inteligjencës artificiale nuk mund të arrijnë aftësitë e të mësuarit dhe vendimmarrjes njerëzore.

Pjesa më tërheqëse e zgjidhjes së pastër vizuale është në fakt kostoja e saj e ulët. Avantazhi kryesor është se prodhimi masiv është më i shpejtë, dhe kamerat janë gjithashtu më të lehta për të kaluar rregulloret e makinave për prodhim masiv, dhe është më e lehtë për të komercializuar të gjithë automjetin. Disavantazhi është se mund të përdoret vetëm në një mjedis specifik, i cili është shumë i kufizuar. Në fakt, është problemi që kamera nuk mund t'i njohë objektet nën dritë të fortë.

Lidar kompenson mungesën e perceptimit të informacionit mjedisor të kamerës dhe avantazhi i tij më i madh është se mund të përdorë teknologjinë e imazhit Doppler për të krijuar një imazh të qartë 3D të objektivit. Distanca përcaktohet duke matur diferencën kohore dhe diferencën fazore të sinjalit laser. Duke përdorur koordinatat tre-dimensionale, pasqyrimin dhe informacionin e teksturës së një numri të madh pikash të dendura në sipërfaqen e objektit të synuar të mbledhura në këtë proces, modeli tredimensional i objektivit të matur dhe të dhëna të ndryshme të lidhura me to si vijat,

sipërfaqet, dhe trupat mund të merren shpejt për të arritur perceptimin mjedisor.

Kostoja e lidarit është më e lartë se ajo e zgjidhjeve të pastra të vizionit, por ka një gamë më të gjerë të skenarëve të aplikimit dhe mund të kompensojë mungesën e kamerave dhe sensorëve të radarit. Kamera është e përshtatshme për njohjen e imazheve, por është e vështirë për të punuar në mot të keq, as nuk është e përshtatshme për të ndërtuar një mjedis 3D; Radari me valë milimetrike është i përshtatshëm për përdorim në kushte të ndryshme klimatike dhe është gjithashtu i përshtatshëm për gjykimin e shpejtësisë dhe distancës, por rezolucioni është shumë i ulët dhe nuk është i përshtatshëm Identifikimi i llojeve të artikujve. Lidar thjesht mund të plotësojë mangësitë e kamerave dhe radarëve me valë milimetrash: mund të ndërtojë një mjedis 3D më realist sesa kamerat dhe ka aftësi më të sakta njohjeje objektesh sesa radarët me valë milimetrash. Triniteti në fakt mund të kompensojë të metat e njëri-tjetrit.

6. PËRFUNDIM

LiDAR, i njohur gjithashtu si LiDAR, LADAR, altimetria me laser ajror, ose harta e brezit laser në ajër, është një shtresë e të dhënave e kudogjendur dhe e përdorur gjerësisht për aplikacione të ndryshme. Të dhënat topografike të LiDARit mblidhen shpesh nga avionët dhe përparimet e fundit në teknologjinë GPS dhe IMU e kanë ndihmuar këtë proces. Në një zonë të gjerë, qasja mund të ofrojë një grup të dendur leximesh lartësie shumë të sakta.

Si përfundim, teknologjia LiDAR lejon marrjen e një imazhi të mjedisit përreth përmes përdorimit të dritës në shumë disiplina të ndryshme si bujqësia, arkeologjia, robotika, pylltaria apo automjetet autonome dhe pritet që përdorimi i saj të rritet në mënyrë eksponenciale në të ardhmen e afërt [10].

LiDAR ka qenë i favorshëm në shumë sektorë, duke përfshirë sektorin e bujqësisë, ku robotët LiDAR mbjellin fara, zbuluan barërat e këqija së bashku me spërkatjen e automatizuar dhe shpërndarjen e plehrave, gjë që e bën më të lehtë rritjen efektive të kulturave, frutave dhe perimeve. Në Arkeologji, LiDAR mund të përdoret për të përcaktuar tiparet e tokës, për të ekzaminuar tendën e pyllit dhe për të krijuar një model me rezolucion të lartë të një vendi arkeologjik për të zbuluar topografinë, e cila nuk ishte e mundur të zbulohej më parë. Në automjetet autonome, LiDAR përdoret për të zbuluar dhe shmangur pengesat në mënyrë që të mund të lundrojë lehtësisht nëpër shtegun duke përdorur rreze laser. LiDAR mund të përdoret për të marrë profilin e reve të shiut, për të matur erërat, për të studiuar aerosolet dhe për të përcaktuar sasinë e përbërësve të ndryshëm atmosferikë, të cilët mund të rezultojnë të jenë informacione të dobishme për përcaktimin e presionit në sipërfaqe, emetimeve të gazeve serrë, fotosintezës, zjarreve dhe lagështisë.

Teknologjia LiDAR (Light Detection And Ranging) ka ekzistuar që nga vitet 1960. Përparimi në teknologji e ka bërë LiDAR një sensor të njohur në ditët e sotme. LiDAR-et tani përdoren në fushën e automatizimit, bujqësisë, arkeologjisë, si dhe në përcaktimin sasior të komponentëve të ndryshëm atmosferikë. E tanishmja doreshkrimet përfshijnë funksionimin e LiDAR-it, llojet e tij, historinë dhe aplikimet e ndryshme të LiDAR-it. Nga matjet LiDAR, mund të llogaritet distanca nga objekte të ndryshme në hapësirë dhe të vizatohet përfaqësimi dixhital 3D i zonës përballë LiDAR.

7. REFERENCAT

[1] Vasyl Molebny, Paul McManamon, Ove Steinval, Takao Kobayashi, Weibiao Chen, «Laser radar: historical prospective—,» *Optical Engineering* , vëll. i Vol. 56(3), nr. https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Optical-Engineering on 19 Jun 2020, pp. 2-25, 2017.

[2] «LiDAR Explained – History And Applications,» Robotics , 26 June 2021. [Në linjë]. Available: https://roboticsbiz.com/lidar-explained-history-and-applications/. [Qasja Marte Prill 2022].

[3] «1513-a-brief-history-of-lidar,» Arcland, 2013. [Në linjë]. Available: http://www.arcland.eu/capture/lidar/1513-a-brief-history-of-lidar. [Qasja Marte Prill 2022].

[4] «THE HISTORY OF LIDAR,» ACRONAME, 16 January 2020 . [Në linjë]. Available: https://acroname.com/blog/history-lidar. [Qasja Marte Prill 2022].

[5] «https://lidarandradar.com/category/engineering/,» ENGINEERING / REMOTE SENSISNG, 1 JUNE 2021. [Në linjë]. Available: https://lidarandradar.com/category/engineering/. [Qasja Premte Prill 2022].

[6] Principles & Applications in Photonics Technologies, California: MKS Instruments Handbook, 2022.

[7] C. Woodford, «lidar.html#fomo,» 10 July 2021. [Në linjë]. Available: https://www.explainthatstuff.com/lidar.html#fomo. [Qasja Premte Prill 2022].

[8] L. LOMBARD, *INVESTIGATING THE UTILITY OF LIDAR FOR MODELLING*, Stellenbosch University, 2018.

[9] K. Schmid, «An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications,» në *Lidar 101:*, Charleston,, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2012, p. 11.

[10] «LiDAR: working principle and main applications,» Pyroistech , Navarra,, 2021.

[11] «the-different-types-of-lidar-systems,» 2022. [Në linjë]. Available: https://lidarradar.com/info/the-different-types-of-lidar-systems. [Qasja Premte Prill 2022].

[12] kritisrivastava, «The LIDAR: History, Meaning and its 3 applications,» 16 November 2021. [Në linjë]. Available: https://www.inventiva.co.in/tech/the-lidar-tech/. [Qasja Shtune Prill 2022].

[13] «idar-light-detection-and-ranging-types-architecture/,» Electrical & Electronics Engineering , copyright 2021@electricalfundablog.com. [Në linjë]. Available: https://electricalfundablog.com/lidar-light-detection-and-ranging-types-architecture/. [Qasja Merkure Prill 2022].

[14] «All You Know About LIDAR Systems and Applications,» 2022 © Elprocus. [Në linjë]. Available: https://www.elprocus.com/lidar-light-detection-and-ranging-working-application/. [Qasja Premte Prill 2022].

[15] «How does Lidar Work?,» 20 April 2021. [Në linjë]. Available: https://www.utmel.com/blog/categories/sensors/how-does-lidar-work. [Qasja Hene Prill 2022].

[16] «LiDAR Explained – History And Applications,» 26 June 2021. [Në linjë]. Available: https://roboticsbiz.com/lidar-explained-history-and-applications/. [Qasja Shtune Prill 2022].