



# ÎNTREBUIȚAREA LIDAR-ULUI ÎN MISIUNI DE SUPRAVEGHERE A SUPRAFEȚEI TERESTRE

## LIDAR APPLICATIONS FOR EARTH OBSERVATION MISSIONS

## UTILISATION DU LIDAR DANS LES MISSIONS DE SURVEILLANCE DE LA SURFACE DE LA TERRE

Col.instr.av.s.dr. Pătru PÎRJOL\*

Teledetecția activă constituie o metodă de detecție a corpurilor și fenomenelor, care include o gamă variată de senzori activi, capabili să furnizeze datele necesare realizării unor imagini sau modele electronice ale zonei supravegheate, cu multiple aplicații civile și militare. LIDAR-ul constituie o tehnologie importantă, cu impact crescut asupra dezvoltării roboticii, automatizării proceselor de producție și dezvoltării unor mijloace care acționează în mediu terestru, aerian și maritim, complet automatizate și autonome. LIDAR-ul, ca senzor activ, asigură determinarea distanței până la obiectele din teren și cartografierea suprafeței terestre cu precizie ridicată, imaginea obținută prezentând o rezoluție spațială foarte bună. Datele furnizate de acest senzor asigură realizarea unor hărți electronice cu o acuratețe ridicată, constituind suportul informațional pentru desfășurarea activităților în domeniul civil sau militar.

*Active remote sensing is a method of detecting bodies and phenomena and includes a wide range of active sensors, able to provide the data required to create images or electronic models of the monitored area, with multiple civilian and military applications. LIDAR is an important technology, with high impact on the development of robotics, automation of the manufacturing process and the development of fully automated and autonomous means of land, air and sea. LIDAR, as an active sensor, determines the distance of an object on the Earth's surface and ensures the high-resolution mapping of the terrestrial surface, the obtained image having higher spatial resolution. Data provided by this sensor ensures the creation of high-precision digital maps, providing the information support for military and civilian activities.*

*La télédétection active est une méthode de détection de corps et de phénomènes qui comprend une très grande variété de capteurs actifs, capables de fournir les données nécessaires pour créer des images ou des modèles électroniques de la zone surveillée, ayant de multiples applications civiles et militaires. LIDAR est une technologie importante, avec un impact accru sur le développement de la robotique, de l'automatisation des processus de production et de développement des moyens qui fonctionnent sur terre, air et mer, entièrement automatisés et autonomes. LIDAR, en tant que capteur actif, permet de mesurer la distance des objets sur le terrain et de cartographier avec une grande précision la surface de la Terre, l'image acquise ayant une très bonne résolution spatiale. Les données fournies par ce capteur assurent la création de cartes électroniques de haute précision, constituant un support informationnel pour les activités civiles ou militaires.*

**Cuvinte-cheie:** supraveghere aeriană; LIDAR; LADAR; senzori activi; amenințări aeriene; sistem de supraveghere aeriană.

**Keywords:** air surveillance; LIDAR; LADAR; active sensors; air threats; aerial surveillance systems.

**Mots-clés:** surveillance aérienne; LIDAR; LADAR; capteurs actifs; menaces aériennes; système de surveillance aérienne.

Începutul celui de-al Doilea Război Mondial a marcat debutul confruntărilor în mediul aerian la o scară fără precedent, caracterizate de întrebuițarea în luptă a unor mijloace de atac aerian care

reprezentau cele mai noi realizări în domeniul științei și tehnologiei existente la momentul respectiv. Unul dintre mijloacele de luptă care și-a pus o amprentă puternică asupra confruntărilor aeriene l-a reprezentat radarul. Desfășurarea acțiunilor aeriene pe timpul conflictului a confirmat importanța acestui mijloc de luptă în cadrul apărării aeriene, evidențiind importanța lui în furnizarea

\* **Universitatea Națională de Apărare „Carol I”**  
e-mail: [petpirjol@gmail.com](mailto:petpirjol@gmail.com)



informațiilor necesare puterilor beligerante pentru descoperirea și identificarea amenințărilor provenite din mediul aerian, precum și pentru asigurarea timpului necesar stabilirii unei opțiuni de răspuns, destinată combaterii sau neutralizării acestora.

Sfârșitul celui de-al Doilea Război Mondial a accentuat contradicțiile ideologice existente între URSS și statele din Europa de Vest și SUA, conducând la apariția celor două blocuri militare: NATO și Tratatul de la Varșovia. Constituirea celor două blocuri militare a marcat începutul unei competiții care urmărea obținerea superiorității militare a unui bloc militar asupra celuilalt. Această competiție a angrenat cercetarea științifică și tehnologică, în scopul dezvoltării mijloacelor de atac aerian, a rachetelor balistice și de croazieră, ca vectori purtători ai încărcăturilor nucleare. Pericolul reprezentat de acești vectori purtători a avut un impact deosebit asupra decidenților politici și militari, având ca efect depunerea unor eforturi deosebite pentru identificarea unor soluții care să asigure detecția și neutralizarea acestor amenințări. În acest sens, s-a urmărit conceperea și dezvoltarea unor mijloace de supraveghere aeriană care să asigure neutralizarea evoluțiilor calitative înregistrate de mijloacele de atac aerian. Scopul decidenților politico-militari consta în includerea acestor mijloace de supraveghere aeriană în rețele de senzori radar, destinate să asigure o detecție a mijloacelor aeriene la distanță maximă, și în realizarea unui sistem de supraveghere a spațiului aerian cu o arhitectură complexă, capabil să asigure suportul informațional necesar neutralizării amenințărilor din mediul aerian. În acest sens, acțiunile desfășurate de forțele aeriene urmăreau atât apărarea împotriva mijloacelor adversarului, cât și asigurarea cadrului necesar desfășurării acțiunilor destinate neutralizării capacităților ofensive și distrugerii obiectivelor de interes militar în adâncimea teritoriului acestuia.

Diversificarea amenințărilor aeriene a intensificat cercetările științifice desfășurate pentru identificarea unor principii și metode noi, de detecție. Cercetările științifice au contribuit la dezvoltarea unor tehnologii noi, care au asigurat parametri tehnici calitativi superiori radarelor, îmbunătățind posibilitățile de detecție ale acestora. Un alt aspect al realizărilor tehnico-științifice l-a constituit apariția unei game variate de radare care

puteau îndeplini misiuni diverse, civile sau militare, având la bază principii și metode noi de detecție a țintelor transpuse, prin soluțiile tehnologice adoptate, în posibilitățile tehnice de supraveghere ale radarului. Întrebuințarea în aplicații civile a acestor principii și metode noi de detecție a contribuit la apariția unui „complex de tehnici utilizate pentru prelucrarea de la distanță a unor date cu privire la obiecte sau fenomene”<sup>1</sup>, cunoscut, ulterior, comunității științifice sub denumirea de teledetecție. Teledetecția, ca metodă, s-a dezvoltat rapid, încorporând o gamă variată de senzori activi și pasivi, capabili să furnizeze informații detaliate ale zonei supravegheate.

Evoluția științifică și tehnologică a favorizat cadrul optim pentru dezvoltarea unor noi categorii de senzori care au creat oportunități variate de supraveghere a spațiului de interes, capabili să ofere perspective noi asupra detecției și identificării obiectivelor. În cadrul acestui demers, voi acorda o atenție deosebită și voi detalia senzorii activi utilizați în teledetecție, reliefând importanța militară și științifică pe care o prezintă din perspectiva posibilităților de supraveghere a corpurilor, fenomenelor etc. Senzorii activi sunt instrumente care explorează, cu ajutorul radiațiilor electromagnetice, generate artificial, fenomene și obiecte existente pe suprafața terestră. Informațiile obținute sunt înregistrate sub formă de imagini și sunt utilizate în analiza mediului explorat, constituind informații complementare imaginilor obținute prin tehnica fotografierii. Senzorii activi utilizați în teledetecție sunt radarul, sonarul și lidarul<sup>2</sup>.

În cadrul acestui articol, voi detalia lidarul, ca mijloc tehnic, capabil să asigure informații relevante, detaliate despre câmpul de luptă.

În activitatea practică, se utilizează două denumiri: LIDAR<sup>3</sup> și LADAR<sup>4</sup>, ambele desemnând același dispozitiv de detecție, termenul LADAR fiind utilizat, cu precădere, în domeniul militar. Din punctul de vedere al întrebunțării în activitatea practică a acestor mijloace, termenul LIDAR se utilizează în aplicațiile civile, de supraveghere și de cartografiere a suprafețelor terestre, iar în domeniul militar, pentru determinarea cu precizie a distanțelor până la ținte, de unde și similitudinea de denumire cu radarul.

Indiferent de întrebunțarea practică a acestor dispozitive și de diferențele constructive existente

între acestea, principiul lor de funcționare este similar cu principiul de funcționare a radarului. Diferențele dintre LIDAR, LADAR și RADAR sunt date de faptul că LIDAR-ul și LADAR-ul pot furniza, pe lângă datele despre distanța până la țintă, și imagini ale acesteia, comparativ cu radarul, care poate determina doar distanța. O altă diferență este dată de faptul că radarul folosește, pentru detecția țintelor, porțiunea corespunzătoare microundelor din spectrul electromagnetic, iar LIDAR-ul și LADAR-ul întrebunțează, de cele mai multe ori, domeniul vizibil al spectrului electromagnetic (inclusiv lungimile de undă corespunzătoare infraroșului și ultravioletului). Această diferență asigură o rezoluție spațială foarte bună și erori de detecție foarte mici, contribuind la obținerea de informații despre corpuri și fenomene cu dimensiuni foarte mici sau cu proprietăți fizice greu de detectat de către radar.

Principiul de funcționare a LIDAR-ului este asemănător principiului de funcționare a radarului. Similar, lidarul emite un impuls scurt, care, în momentul în care întâlnește un obstacol, este reflectat înapoi spre sistemul lidar, unde este determinată distanța până la obstacolul respectiv prin măsurarea timpului dintre momentul de emisie și momentul de recepție al impulsului reflectat<sup>5</sup>.

LIDAR-ul se compune din:

- un sistem de emisie, compus dintr-un laser cu rol de a genera impulsurile de sondaj;
- un sistem de recepție, compus dintr-un dispozitiv optic, având o lentilă simplă sau un telescop, în funcție de destinația lidarului, și dispozitive optoelectronice, compuse, de cele mai multe ori, din fotodiode și fotomultiplicatori, cu rol de detectare a semnalului luminos și de realizare a imaginii corespunzătoare zonei supravegheate;
- sisteme de navigație și poziționare, necesare pentru a stabili poziția și orientarea precisă a lidarului, astfel încât datele obținute să poată fi utilizate pentru generarea de hărți sau imagini.<sup>6</sup>

În acest sens, putem afirma că parametrii tehnici ai lidarului sau ladarului descriu caracteristicile dispozitivelor din compunerea sistemelor de emisie și de recepție, respectiv caracteristicile laserului, ale dispozitivelor optice și ale dispozitivelor electronice.

Termenul laser este un acronim, provenit din limba engleză (LASER – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), și denumește

un dispozitiv optic, care emite o radiație luminoasă cu proprietăți diferite față de radiația luminoasă provenită de la surse naturale sau artificiale.

Primul laser funcțional a fost realizat în iulie 1960, la Hughes Research Laboratories, Malibu (Southern California), de către Theodore H. Maiman, având ca mediu activ de emisie un cristal sintetic de rubin<sup>7</sup>. Principiile teoretice ale laserului au fost formulate de Albert Einstein, în anul 1916, când a supus atenției comunității științifice conceptele de emisie spontană și emisie stimulată. Conform acestei teorii, mediul activ primește energie din exterior, de la o sursă de lumină, fapt ce produce excitarea atomilor. Față de starea de echilibru inițială, mediul activ va avea mai mulți electroni pe nivelurile de energie superioare, fenomen numit în teorie inversie de populație. Trecerea unui fascicul de lumină prin mediul excitat va produce dezexcitarea stimulată a atomilor, având ca efect amplificarea acestuia prin emisia de fotoni care au aceleași proprietăți (direcție, lungime de undă, fază și stare de polarizare) cu fotonii din fascicul<sup>8</sup>. Transpunerea în practică a teoriilor prezentate s-a realizat însă după cel de-al Doilea Război Mondial, când se reiau studiile marelui savant și sunt obținute primele rezultate concrete, respective realizarea primelor MASERE.

În acest sens, laserul poate fi definit ca fiind un „dispozitiv pentru amplificarea sau generarea undelor electromagnetice din domeniul optic pe baza efectului de emisiune forțată a sistemelor atomice, care permite o concentrare de energie corespunzătoare unei temperaturi de zeci de mii de grade”<sup>9</sup>. Fasciculul de lumină obținut este caracterizat de proprietăți specifice, care-l diferențiază de lumina naturală. Caracteristicile fasciculului laser care prezintă importanță pentru acest studiu sunt următoarele:

- monocromaticitate – un spectru de emisie foarte îngust de lungimi de undă, rezultat ca urmare a modului de funcționare specific, care multiplică numărul de fotoni inițiali, păstrând proprietățile acestora;
- coerență – reprezintă proprietatea de a avea aceeași lungime de undă și o diferență de fază constantă în timp;
- directivitate – proprietatea de a se propaga pe distanțe mari cu o divergență foarte mică și, ca urmare, capacitatea de a fi focalizate pe o arie foarte mică<sup>10</sup>.



Dispozitivul optic din cadrul sistemului de recepție are rolul de a capta radiația luminoasă reflectată de obiectele din teren și de a o direcționa spre dispozitivul de detecție electrono optic. Pentru o detecție cât mai bună a semnalului luminos, se are în vedere alegerea unui dispozitiv optic (lentilă, telescop) cu o putere de mărire, rezoluție și apertură cu valori cât mai mari, care să corespundă cerințelor tehnice ale LIDAR-ului sau LADAR-ului.

Detectorul electrono optic este destinat să măsoare cantitatea de energie luminoasă reflectată de obiectele sau țintele iluminate de către dispozitivul laser al LIDAR-ului. Detectorul electrono optic este format din fotodiode și fotomultiplicatoare, care determină cu precizie ridicată valori mici ale energiei luminoase recepționate de LIDAR prin intermediul dispozitivului optic, asigurând obținerea unui curent electric, proporțional, ca valoare, cu cantitatea de energie luminoasă recepționată. Elementul cu un rol important în funcționarea detectorului electrono optic este fotodiada. Fotodiada reprezintă un element de circuit electric cu doi electrozi, „a cărei funcționare este dependentă de intensitatea fluxului luminos care cade asupra sa”<sup>11</sup>. Alegerea acestui element în vederea utilizării lui în detecția radiației luminoase reflectate de obiectele din teren are în vedere următorii parametri: sensibilitatea spectrală și sensibilitatea integrală la iluminare a fotodiodei<sup>12</sup>. Parametrii enumerați contribuie la obținerea unei sensibilități ridicate de detecție a semnalului luminos de către LIDAR și la obținerea unor imagini ale țintei sau zonei supravegheate cu o acuratețe ridicată.

Sistemele de navigație și poziționare sunt necesare pentru a determina cu precizie ridicată traiectoria pe care se deplasează platformele mobile, la bordul cărora se găsesc dispuși senzorii LIDAR. Dispozitivele utilizate pentru determinarea poziției și orientarea senzorului includ un receptor al sistemului de poziționare globală (GPS, GLONASS) și o unitate de măsurare inerțială pentru a putea fi înregistrată orientarea, aceasta din urmă putând fi înlocuită cu un sistem de navigație inerțial<sup>13</sup>. Sistemele prezentate au nevoie de calculatoare cu capacitate de stocare și de procesare ridicată, care să permită prelucrarea volumului uriaș de date obținute. Pentru a poziționa în spațiu punctele înregistrate de senzor, este necesar ca datele furnizate de recepția luminii laser reflectate de obiectele din teren, datele provenite de la

sistemul de poziționare globală și cele provenite de la unitatea de măsurare inerțială să fie integrate și prelucrate astfel încât imaginea obținută să reflecte cât mai fidel realitatea din teren. În acest sens, se impune cunoașterea dependențelor existente între aceste sisteme și relația spațială în care se găsesc unul față de altul în ansamblul format de laser, sistemul de poziționare globală și sistemul de măsurare inerțial.

Datele furnizate de tehnologia LIDAR includ: diferențele de timp dintre momentul emisiei laserului și momentul recepției luminii laser reflectate din teren (distanța până la obiect), date privind poziția continuă a aparatului de zbor, obținute prin intermediul unui receptor GPS, dispus la bordul mijlocului aerian, și un alt receptor GPS, dispus la sol pentru corectarea diferențelor, și date privind înălțimea de zbor și accelerația aparatului de zbor, furnizate de echipamentele de măsurare inerțială. Obținerea produsului final presupune un proces complex de prelucrare a datelor brute menționate, pe mai multe niveluri de prelucrare a datelor, corespunzător stadiului de procesare a datelor.

Nivelurile de procesare a datelor obținute prin tehnologia LIDAR sunt:

- nivelul „0”, *date și metadate*, constă în datele brute colectate și stocate pe platforma de cartografiere, incluzând datele obținute prin măsurătorile laser, GPS, sistemul de măsurare inerțial, precum și alte date obținute pe timpul cartografierii, iar ca metadate, elemente referitoare la coordonate, data, tip senzor, date privind calibrarea senzorului;

- nivelul „1”, *norul de puncte 3D nefiltrat*, constă în reprezentarea datelor rezultate în urma măsurării obiectelor, sub forma unui nor de puncte 3D, obținute în urma aplicării algoritmilor specifici, pentru a transpune datele brute într-un spațiu tridimensional; metadatele de la nivelul anterior sunt reportate la nivelul actual;

- nivelul „2”, *norul de puncte 3D filtrat de zgomote*, constă în faptul că norul de puncte 3D nefiltrat de la nivelul 1 a fost prelucrat, cu ajutorul unor algoritmi specializați, prin eliminarea datelor false sau a celor provenite de la zgomotul rezultat în urma recepției radiației laser sau ca urmare a procesării datelor; metadatele de la nivelul anterior sunt reportate la nivelul actual;

- nivelul „3”, *înregistrarea norului de puncte 3D la o bază de date geodezică cunoscută*, constă în

ajustarea datelor procesate, utilizând corespondența dintre obiectele identificabile existente în baza de date cu date care conțin coordonate geodezice cunoscute, corespunzătoare obiectelor din teren, în vederea îmbunătățirii acurateții datelor obținute de la senzorul LIDAR;

- nivelul „4”, *produse derivate* se obțin din datele de la nivelul 1, 2 și 3 și constă în realizarea unor produse într-un format standard cu ajutorul unor metode sau instrumente de lucru standardizate;

- nivelul „5”, *produse intelligence* se obțin din datele de la nivelul 1, 2 și 3 și constă în realizarea unor produse destinate comunității de informații, obținute cu ajutorul unor instrumente sau cunoștințe specializate, specifice domeniului<sup>14</sup>.

În activitatea de cartografiere, întâlnim următoarele tipuri de LIDAR:

- topografic – destinat pentru măsurători ale configurației terenului, starea infrastructurii și studiul vegetației;

- batimetric – destinat pentru măsurarea adâncimii apelor, cartografierea reliefului subacvatic și determinarea profilului acestuia, realizarea de hărți subacvatice pentru adâncime mică, până la 50 de metri, în funcție de claritatea apei;

- cu absorbție diferențiată (DIAL<sup>15</sup>) – destinat pentru determinarea concentrației chimice și a compoziției atmosferei.<sup>16</sup>

LIDAR-ul poate fi dispus pe platforme aeriene, spațiale sau terestre. Comparativ cu LIDAR-ul dispus pe platforme terestre, cel dispus pe platforme aeriene poate supraveghea și cartografia suprafețe terestre foarte mari într-un timp foarte scurt, datorită avantajelor oferite de supravegherea la înălțime și avantajelor de natură tehnică de care dispun mijloacele aeriene. Platformele aeriene care au dispuse la bord senzori LIDAR sunt: avioanele, elicopterele și dronele. Platformele spațiale utilizate în acest scop sunt: sateliții, navetele spațiale și stațiile spațiale.

Platformele terestre utilizate pentru aplicațiile specializate ale LIDAR-ului pot fi fixe sau mobile. Disponibilitatea LIDAR-ului pe platformele terestre fixe este des întâlnită, datorită timpului relativ scurt de obținere a imaginii, prin compararea rapidă cu obiectele existente în zona scanată. Aplicațiile lidarului sunt utilizate în monitorizarea zonelor de interes, a unor obiective economice, în documentarea patrimoniului cultural etc. Disponibilitatea LIDAR-ului pe platformele terestre mobile presupune existența

unor dispozitive de localizare prin satelit și a echipamentelor de măsurare inerțială. Produsele obținute cu ajutorul lidarului dispus pe o platformă terestră mobilă pot constitui modele 3D, pe care se pot face toate măsurătorile necesare, fără deplasarea unor echipe în teren în acest scop. Un exemplu îl poate constitui supravegherea zonelor urbane, unde se impune efectuarea unor măsurători privind înălțimea podurilor, a liniilor electrice, a copacilor, distanțele dintre clădiri etc.

Disponibilitatea LIDAR-ului la bordul platformelor spațiale are ca scop atât cercetarea științifică, cât și utilizarea lui în navigația spațială, desfășurarea unor măsurători planetare sau cartografierea suprafețelor unor corpuri cerești din Sistemul Solar. Utilizarea lidarului în cercetarea științifică a urmărit studiul atmosferei terestre, constituind un instrument eficient în studierea elementelor constitutive, de la picăturile de apă la poluanții industriali, care ar fi fost greu de detectat cu alte instrumente de măsurat. O altă aplicație a lidarului dispus pe platforme spațiale o constituie cartografierea unor planete din imediata vecinătate a Terrei (Marte, Mercur) și a Lunii, obținându-se hărți 3D precise și detaliate ale suprafețelor corpurilor cerești studiate.

Lidarul dispus pe platforme aeriene este compus dintr-un sistem de scanare cu laser, destinat determinării distanței până la un punct iluminat de laser, un dispozitiv de localizare prin satelit și echipamente de măsurare inerțială. Lidarul dispus pe platforme aeriene creează un nor din punctele 3D ale zonei supravegheate, constituind metoda cea mai precisă și detaliată de realizare a modelelor digitale în elevație, înlocuind cu succes fotogrammetria. Scanarea în aceste condiții asigură posibilitatea de a elimina influențele vegetației, permițând realizarea unor hărți digitale ale terenului care să prezinte elemente (râuri, situri arheologice etc.) ascunse vederii, în mod normal, de către copaci. Un aspect important al utilizării lidarului se referă la altitudinea de la care se execută scanarea suprafeței terestre, existând aplicații ale lidarului la altitudini joase și aplicații la altitudini mari. Diferențele în produsul final, imaginea digitală a terenului, constau într-o densitate mai mică a punctelor 3D pentru scanarea de la altitudini mari, deci o precizie mai scăzută a acestor modele digitale ale terenului, comparativ cu precizia obținută la scanarea la altitudini mici.

Lidarul dispus pe platforme aeriene poate fi utilizat în batimetrie, pentru realizarea unor modele



digitale batimetrice pentru ape puțin adânci, cum ar fi studiul lacurilor, al râurilor, al mărilor în apropierea țărmului etc. Lidarul destinat utilizării în batimetrie folosește un fascicul laser de culoare verde, datorită puterii de penetrare a acestei lungimi de undă la adâncimi de până la 50 de metri. Tehnica este utilă în cartografierea fundurilor de mare, ale lacurilor etc., pentru constituirea unui model digital necesar studierii habitatelor subacvatice, evoluțiilor și transformărilor care se produc în aceste medii, constituind un real suport pentru comunitatea științifică.

În concluzie, lidarul constituie un senzor activ care oferă posibilitatea cartografierii suprafeței terestre cu precizie ridicată, furnizând datele necesare realizării unor imagini cu o rezoluție de ordinul centimetrilor. Senzorul permite cartografierea unor fenomene cu o dinamică rapidă, cum ar fi valurile și marea în zona țărmurilor, schimbările produse în fizionomia și evoluția albiilor râurilor pe timpul producerii inundațiilor etc., furnizând datele necesare elaborării unor modele predictive, care să permită utilizatorilor înțelegerea modului în care s-au produs și au evoluat fenomenele și care să identifice modalitățile optime de acțiune pentru atenuarea impactului acestora asupra mediului și comunităților umane.

Utilizarea lidarului în cartografierea suprafeței terestre prezintă următoarele avantaje:

- „permite măsurarea și redarea cu precizie a morfologiei terenului;
- penetrează parțial vegetația, furnizând informații asupra tipului, dimensiunii și influenței acesteia în scurgerea apei, dar și a suprafeței terenului;
- este o metodă rapidă de alcătuire a Modelului Digital al Terenului (DTM), care ar fi, practic, imposibil de realizat cu o asemenea precizie prin măsurători terestre;
- combinând și datele rezultate din fotografiile aeriene, oferă o imagine complexă a zonei studiate;
- obținerea rapidă a informațiilor, comparativ cu metodele tradiționale<sup>17</sup>.

Printre dezavantajele întrebuințării LIDAR, enumerăm:

- utilizarea LIDAR-ului în anumite proiecte de măsurare sau cartografiere a suprafeței terestre poate fi costisitoare;
- ineficiența scanării LIDAR, în condiții meteo dificile cu ploi abundente, nori groși, ceață, în

condiții de fum intens sau întâlnirii unor obstacole transparente, din cauza dispersiei fasciculului laser;

- consum de timp și resurse ridicat pentru procesarea volumului mare de date colectate de LIDAR;
- anumite valori ale intensității și lungimii de undă a fasciculului laser pot cauza afecțiuni ale ochiului uman;
- pătrunderea cu dificultate în materia extrem de densă<sup>18</sup>.

LIDAR are multiple aplicații civile sau militare, deoarece informațiile furnizate permit obținerea unor imagini digitale cu o precizie ridicată a suprafeței terestre. Dintre aplicațiile civile, menționăm următoarele domenii:

- agricultură: utilizat pentru controlul și coordonarea activității roboților agricoli; realizarea unor hărți topografice ale câmpurilor agricole și clasificarea acestora, în funcție de randament; întrebuințarea îngrășămintelor necesare în vederea maximizării randamentului terenurilor cu productivitate scăzută; monitorizarea insectelor existente pe câmpul agricol, detectând specia, mișcarea și comportamentul acestora; identificarea speciilor de plante pentru a controla buruienile apărute în culturile agricole;
- arheologie: utilizat pentru realizarea unor modele de înaltă rezoluție digitală a siturilor arheologice, ascunse de vegetație;
- vehicule autonome: utilizat pentru detectarea și evitarea obstacolelor astfel încât să se deplaseze în siguranță;
- transporturi: utilizat pentru realizarea unor sisteme electronice care să ofere asistență șoferului pentru siguranța vehiculului și a pasagerilor;
- biologie: utilizat pentru a estima și a evalua biodiversitatea din arealul scanat, pentru efectuarea de măsurători ale înălțimii copacilor, biomasei etc.;
- geologie și pedologie: utilizat pentru a detecta caracteristici topografice, cum ar fi terasele râurilor, măsurarea altitudinii terenului acoperit de vegetație etc., care au permis înțelegerea proceselor fizico-chimice care modelează peisajele; utilizat în geologia structurală pentru studiul ridicării terenului, detectarea schimbărilor de pantă, infiltrarea apei etc.;
- studiul atmosferei: utilizat pentru efectuarea unor măsurători privind formațiunile noroase, deplasarea maselor de aer, studierea aerosolilor, emisia gazelor cu efect de seră, incendii, umiditate

etc.; măsurători DIAL pentru determinarea concentrației unui gaz în atmosferă;

- minerit: utilizate pentru scanarea periodică a zonelor de îndepărtare a minereului și calcularea volumului de minereu extras;

- aplicarea legii: utilizat pentru determinarea vitezei autovehiculelor, în criminalistică prin scanarea locului crimei pentru a înregistra cu precizie detaliile și a le analiza ulterior;

- fizică și astronomie: utilizat pentru a măsura poziția Lunii și efectuarea unor teste de verificare a teoriei relativității generalizate; detectarea de zăpadă în atmosfera planetei Marte; măsurarea densității anumitor constituenți ai atmosferei medii și superioare a Pământului; studiul fuziunii nucleare; furnizarea de hărți tridimensionale pentru aterizarea automată a vehiculelor robotizate etc.;

- optimizarea parcurilor eoliene: utilizat pentru măsurarea vitezei vântului, furnizarea de informații privind modul de reglare a palelor turbinei, pentru a proteja componentele și a crește puterea de generare, evaluarea potențialului eolian al unei zone etc.;

- optimizarea centralelor fotovoltaice: utilizat pentru a determina zonele optime de dispunere și influența vegetației, terenului, clădirilor etc. asupra randamentului centralei solare;

- alte utilizări: realizarea de videoclipuri în industria muzicală, în cinematografie etc.

În domeniul militar, LIDAR este utilizat într-o gamă largă de misiuni. O primă utilizare rezultă din capacitatea acestuia de a detecta corpuri aflate în mișcare și de a măsura viteza acestora, fiind folosit pentru măsurarea vitezei rachetelor de croazieră. O altă misiune o constituie capacitatea acestuia de a scana și de a detecta minele, fiind utilizat în acțiunile de deminare a fostelor zone de conflict. Un alt domeniu în care LIDAR-ul deține un rol important este detectarea agenților biologici și chimici, având posibilitatea de a detecta de la distanțe de până la 30 km norii artificiali care conțin substanțele chimice sau agenții patogeni. Nu în ultimul rând, senzorii LIDAR sunt o tehnologie cheie, care va contribui la introducerea masivă a roboților în arsenalele armatelor și la întrebuințarea lor din ce în ce mai pregnantă în acțiunile militare din viitor.

Din punct de vedere militar, LIDAR-ul, indiferent de varianta constructivă a acestuia, constituie o sursă de date care asigură realizarea unor modele electronice detaliate și precise

ale câmpului de luptă. Obținerea unor imagini 3D detaliate va asigura cunoașterea realității operaționale și va contribui la creșterea gradului de adaptabilitate a forțelor proprii la realitățile câmpului de luptă. Scanarea cu ajutorul LIDAR-ului va asigura obținerea unor hărți detaliate ale zonelor de interes, detecția mijloacelor de luptă ale adversarului, a rachetelor de croazieră, a zonelor contaminate chimic și bacteriologic etc.

În concluzie, LIDAR-ul reprezintă un instrument util pentru supravegherea și cartografierea suprafeței terestre. Capacitatea LIDAR-ului de a detecta cu precizie morfologia reliefului, de a identifica speciile de plante și animale existente în arealele scanate, construcțiile aflate sub vegetație, multitudinea de aplicații civile și militare în care acest senzor este utilizat au constituit motivul principal care a condus la întrebuințarea lui în aproape toate domeniile vieții sociale. Datele furnizate contribuie la înțelegerea fenomenelor naturale, a impactului activității umane asupra mediului înconjurător, asigurând suportul informațional necesar elaborării unor hărți electronice tridimensionale care să permită elaborarea unor modele de evoluție a acestora în timp. În ceea ce privește domeniul militar, LIDAR-ul va asigura o imagine tridimensională precisă a câmpului de luptă, asigurând dominarea câmpului de luptă de către forțele proprii prin obținerea și menținerea inițiativei decizionale și acționale pe timpul desfășurării acțiunilor de luptă.

#### NOTE:

1 \*\*\* *Dicționarul explicativ al limbii române*, Editura Univers Enciclopedic, București, 1998, p. 1080.

2 Bogdan-Andrei Mihai, *Teledetecție – noțiuni generale*, Departamentul de învățământ deschis la distanță CREDIS, curs, București, 2008, p. 24, <https://www.animalsci-tm.ro/utilizatori/agricultura/file/organizare/cadastru/Popescu%20Cosmin/Teledetecție/Curs/Curs%20teledetecție.pdf>, accesat la 01.11.2020.

3 *Light Detection and Ranging*.

4 *Laser Detection And Ranging*.

5 <https://www.radartutorial.eu/18.explanations/ex32.ro.html>, accesat la 02.11.2020.

6 Virgil Mihai Rădulescu, Gheorghe Rădulescu, *Teledetecție*, Partea I, *Fundamente*, Editura U.T. Press, Cluj-Napoca, 2020, pp. 66-71.

7 Mario Bertolotti, *The History Of The Laser*, Editura Institute of Physics Publishing, Bristol, 2005, p. 226.

8 Mario Bertolotti, *op.cit.*, pp. 111-113.

9 \*\*\* *Dicționarul explicativ al limbii române*, Editura Univers Enciclopedic, București, 1998, p. 559.

10 <https://www.convergentlaser.com/laser-safety>, accesat la 03.11.2020.



11 \*\*\* *Dicționarul explicativ al limbii române*, Editura Univers Enciclopedic, București, 1998, p. 394.

12 [www.atom.ubbcluj.ro/katalin/Laborok/Felvezeto/Fotodioda.pdf](http://www.atom.ubbcluj.ro/katalin/Laborok/Felvezeto/Fotodioda.pdf), accesat la 04.11.2020.

13 NGA.SIG.0004\_1.1, Light Detection and Ranging (LIDAR) Sensor Model Supporting Precise Geopositioning, Version 1.1, [https://gwg.nga.mil/focus\\_groups/csmwg/LIDAR\\_Formulation\\_Paper\\_Version\\_1.1\\_110801.pdf](https://gwg.nga.mil/focus_groups/csmwg/LIDAR_Formulation_Paper_Version_1.1_110801.pdf), accesat la 05.11.2020.

14 NGA.SIG.0004\_1.1, Light Detection and Ranging (LIDAR) Sensor Model Supporting Precise Geopositioning, Version 1.1, p. 18, [https://gwg.nga.mil/focus\\_groups/csmwg/LIDAR\\_Formulation\\_Paper\\_Version\\_1.1\\_110801.pdf](https://gwg.nga.mil/focus_groups/csmwg/LIDAR_Formulation_Paper_Version_1.1_110801.pdf), accesat la 05.11.2020.

15 *Differential Absorption LIDAR*.

16 <https://www.dronezone.ro/uncategorized-ro/lidar/>, accesat la 06.11.2020.

17 <https://www.dronezone.ro/uncategorized-ro/lidar/>, accesat la 03.11.2020.

18 <https://blog.robofun.ro/2020/08/03/ce-inseamna-lidar-si-in-ce-domenii-este-nevoie-de-senzori-laser/>, accesat la 07.11.2020.

## BIBLIOGRAFIE

\*\*\* *Dicționarul explicativ al limbii române*, Editura Univers Enciclopedic, Ediția a II-a, București, 1998.

Bertolotti Mario, *The History Of The Laser*, Editura Institute of Physics Publishing, Bristol, 2005.

Mihai Bogdan-Andrei, *Teledetecție – noțiuni generale*, Departamentul de învățământ deschis la distanță CREDIS, București, 2008.

Rădulescu Virgil Mihai, Rădulescu Gheorghe, *Teledetecție*, Partea I, *Fundamente*, Editura U.T. Press, Cluj-Napoca, 2020.

Teodorescu E., Neagoe V., Munteanu I., *Supravegherea aeriană – de la mitolocație la radiolocație*, Editura Sylvi, București, 2001.

<https://www.animalsci-tm.ro/utilizatori/agricultura/file/organizare/cadastru/Popescu%20Cosmin/Teledetectie/Curs/Curs%20teledetectie.pdf>

[www.atom.ubbcluj.ro/katalin/Laborok/Felvezeto/Fotodioda.pdf](http://www.atom.ubbcluj.ro/katalin/Laborok/Felvezeto/Fotodioda.pdf)

<https://www.convergentlaser.com/laser-safety>

<https://www.dronezone.ro/uncategorized-ro/lidar/>

[https://gwg.nga.mil/focus\\_groups/csmwg/LIDAR\\_Formulation\\_Paper\\_Version\\_1.1\\_110801.pdf](https://gwg.nga.mil/focus_groups/csmwg/LIDAR_Formulation_Paper_Version_1.1_110801.pdf)

<https://www.radartutorial.eu/18.explanations/ex32.ro.html>

<https://blog.robofun.ro/2020/08/03/ce-inseamna-lidar-si-in-ce-domenii-este-nevoie-de-senzori-laser/>