

LiDAR

Range Resolved Optical Remote Sensing of the atmosphere

<https://gisgeography.com/lidar-light-detection-and-ranging/>

Πηγή. Γωνιάδη, Μ., Γιαλιτάκη Α. Τετόνη, Ε.
(2017)

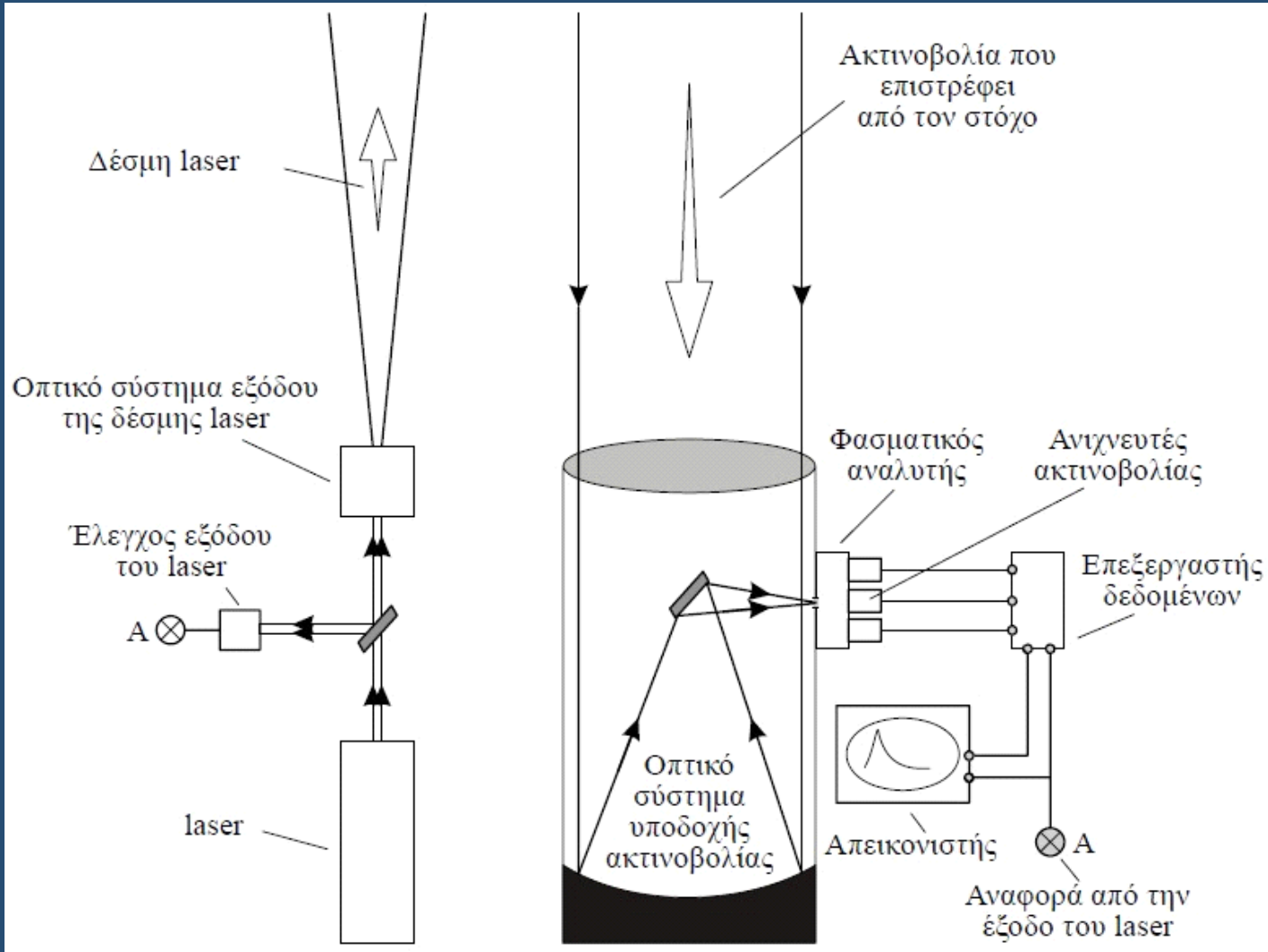
Αρχή λειτουργίας

Η τεχνική LiDAR βασίζεται στην εκπομπή παλμικής ακτινοβολίας laser στην ατμόσφαιρα και ακολούθως, στην καταγραφή της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας laser. Η ατμόσφαιρα αποτελούμενη από άτομα, μόρια, αιωρούμενα σωματίδια, κλπ. προκαλεί εξασθένηση της διερχόμενης ακτινοβολίας laser. Η σκεδαζόμενη ακτινοβολία συλλέγεται από ένα οπτικό τηλεσκόπιο και οδηγείται στο σύστημα λήψης και καταγραφής των σημάτων LiDAR.

Η τεχνική LiDAR, αναλύοντας τα οπισθοσκεδαζόμενα σήματα, είναι ικανή να καθορίσει την κατακόρυφη κατανομή των κυριότερων ρύπων και συστατικών της ατμόσφαιρας με μεγάλη χωρική (~3-7 m) και χρονική ακρίβεια (10-30 s).

Περιγραφή της διάταξης

- Τα κύρια εξαρτήματα που αποτελούν μία διάταξη τηλεπισκόπησης LiDAR είναι μία ισχυρή παλμική πηγή LASER, ένα οπτικό σύστημα ανίχνευσης της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας (τηλεσκόπιο) και μετατροπής της σε ηλεκτρικό σήμα και ένα σύστημα καταγραφής, που καταγράφει και ψηφιοποιεί το σήμα. Τέλος, ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την επεξεργασία των λαμβανόμενων δεδομένων.



- Η δέσμη, μετά από επεξεργασία, κατευθύνεται με κάτοπτρα κατακόρυφα προς τον ουρανό. Στην πορεία του ο παλμός οπισθοσκεδάζεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Ένα μέρος της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας συλλέγεται με κατάλληλη οπτική διάταξη (τηλεσκόπιο), διαχωρίζεται φασματικά, ενισχύεται και τέλος μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα.
- Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα στον οπτικό αναλυτή. Μαζί με την καταγραφή του σήματος γίνεται και η ψηφιοποίηση του ως συνάρτηση του χρόνου. Με την εκπομπή νέου παλμού τελειώνει η καταγραφή του προηγούμενου και η πληροφορία μεταφέρεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

- Θεωρώντας ότι η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή στον αέρα μπορούμε να μετατρέψουμε τον χρόνο σε ύψος.
- Μεταφέροντας το σήμα σε υπολογιστή μπορούμε να το μετατρέψουμε από ένταση ηλεκτρικού ρεύματος καθ' ύψος σε τιμές του συντελεστή οπισθοσκέδασης του ατμοσφαιρικού αέρα καθ' ύψος.
- Έπειτα συγκρίνουμε το σήμα της μέτρησης με το σήμα το οποίο θεωρητικά θα είχαμε σε μια καθαρή, μοριακή ατμόσφαιρα (μόνο άζωτο και οξυγόνο) και από τις διαφορές τους μπορούμε, σε πρώτη φάση να ανιχνεύσουμε ένα στρώμα σωματιδίων και να υπολογίσουμε το ύψος των νεφών.

Βασική εξίσωση LiDAR

Στη πιο απλή του μορφή, το ανιχνευόμενο σήμα LiDAR μπορεί να γραφτεί σαν :

$$P(\mathbf{R})=KG(\mathbf{R})\beta(\mathbf{R})T(\mathbf{R})$$

Ο παράγοντας $K = (P_0 c t A n) / 2$

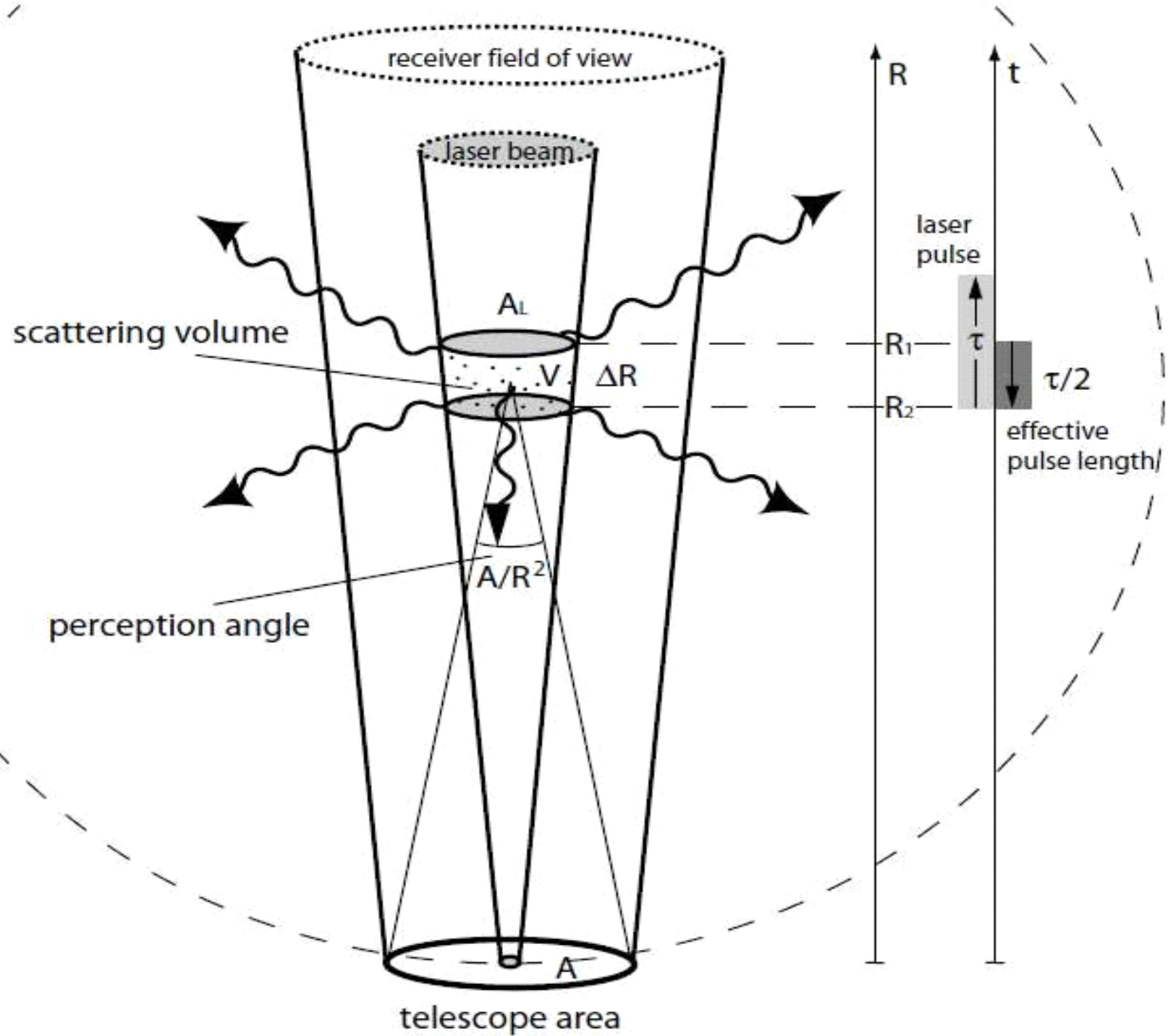
- P_0 είναι η μέση ισχύς ενός παλμού laser και τ είναι η χρονική διάρκεια του παλμού. Επομένως, $E_0 = P_0 \tau$ είναι η ενέργεια του παλμού.
- Τέλος, A είναι η επιφάνεια του κύριου οπτικού δέκτη, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη συλλογή της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας, και n είναι συνολική αποδοτικότητα του συστήματος.

$$P(R) = KG(R)\beta(R)T(R)$$

Ο παράγοντας $G = O(R)/R^2$

- Περιλαμβάνει τη συνάρτηση επικάλυψης του πεδίου ανίχνευσης της δέσμης $O(R)$.
- Ως συνάρτηση επικάλυψης, ορίζεται η συνάρτηση που μας δίνει το κλάσμα της ακτινοβολίας laser που έχει εισέλθει στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου. Η τετραγωνική μείωση της έντασης του σήματος με την απόσταση οφείλεται στο ότι η περιοχή λήψης του τηλεσκοπίου αποτελεί μέρος της επιφάνειας της σφαίρας ακτίνας R , η οποία περιβάλλει τον όγκο σκέδασης.

$$P(R) = KG(R)\beta(R)T(R)$$



Ο παράγοντας β

- Ο συντελεστής οπισθοσκέδασης $\beta(R, \lambda)$ είναι η κύρια ατμοσφαιρική παράμετρος που καθορίζει την ισχύ του σήματος LiDAR. Περιγράφει πόσο φως οπισθοσκεδάζεται προς το δέκτη του LiDAR.
- Ο συντελεστής οπισθοσκέδασης είναι μία ειδική τιμή του συντελεστή σκέδασης για γωνία σκέδασης $\theta=180$.

$$P(R) = K G(R) \beta(R) T(R)$$

- Στην ατμόσφαιρα, η σκέδαση προκαλείται από αιωρούμενα σωματίδια (aer) και από τα μόρια (mol). Έτσι γράφουμε τον συντελεστή οπισθοσκέδασης ως εξής:

$$\alpha(\mathbf{R},\lambda)=\alpha_{\text{mol}}(\mathbf{R},\lambda)+\alpha_{\text{aer}}(\mathbf{R},\lambda)$$

- Όσον αφορά την σκέδαση από τα μόρια, οφείλεται κυρίως από τα μόρια του αζώτου και του οξυγόνου και εξαρτάται από την πυκνότητα της ατμόσφαιρας για αυτό και μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια της γης.

Ο παράγοντας $T = e^{-2\int a(r,\lambda)dr}$

- Ο τελευταίος παράγοντας στην εξίσωση LiDAR είναι η διαπερατότητα.
- Η εξασθένηση οφείλεται λόγω της σκέδασης και της απορρόφησης της ακτινοβολίας από τα μόρια και τα αιωρούμενα σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα
- Έτσι ορίζουμε το συντελεστή εξασθένησης με τη παρακάτω μορφή:

$$\alpha(R,\lambda) = \alpha_{mol,sc}(R,\lambda) + \alpha_{mol,abs}(R,\lambda) + \alpha_{aer,sc}(R,\lambda) + \alpha_{aer,abs}(R,\lambda)$$

$$P(R) = KG(R)\beta(R)T(R)$$

- Τελικά η εξίσωση lidar μπορεί να γραφεί στη γενική της μορφή ως εξής:

$$P(R) = P_0 c \tau / 2 A n O(R) \beta(\lambda, R) \exp(-2 \int \alpha(r, \lambda) dr)$$

Εφαρμογές των LiDARs

Η πρώτη εφαρμογή των lidars ήταν η αναγνώριση αιωρούμενων σωματιδίων και η πυκνότητά τους όχι όμως και η σύσταση της ατμόσφαιρας

Μια σημαντική βελτίωση των σημερινών LiDAR έγκειται στην γνώση ότι το φάσμα της ανιχνεύσιμης ακτινοβολίας περιέχει ειδική πληροφορία σχετικά με το είδος των σωματιδίων(σύσταση)

Οπτικές παράμετροι του LIDAR

Εντατικές παράμετροι:

- Εξαρτώνται από την συγκέντρωση των σωματιδίων
- Συντελεστής εξασθένησης (a , extinction coef)
- Συντελεστής οπισθοσκέδασης (b , backscatter coef)

Οπτικές παράμετροι του LIDAR

Εκτατικές παράμετροι:

- Εξαρτώνται από τον τύπο των σωματιδίων