



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۵۱۲۷-۱

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

15127-1

1st.Edition
2014

کیفیت هوا - هواشناسی زیستی -

قسمت ۱:

سنجش از دور گستره دید به وسیله لیدار

زمین پایه

**Air quality- Environmental meteorology -
Part 1:**

**Ground-based remote sensing of visual
range by lidar**

ICS: 07.060. 13.040.99

استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۵۱۲۷ (چاپ اول) : سال ۱۳۹۳

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«کیفیت هوا- هواشناسی زیستی قسمت ۱: سنجش از دور گستره دید به وسیله لیدار زمین پایه»

(چاپ اول)

رئیس:

میرزایی، مریم
(دکترای فیزیک)

سمت و/یا محل اشتغال

پژوهشگاه استاندارد

دبیر:

آزیده، علی اکبر
(کارشناسی ارشد مهندسی بیوتکنولوژی)

پژوهشگاه استاندارد

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آل علی، هدی
(دکترای فیزیک)

گروه پژوهشی اندازه شناسی
پژوهشگاه استاندارد

ایزدپناه، مریم
(کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست)

سازمان حفاظت محیط زیست

رضازاده، پرویز
(کارشناسی ارشد هواشناسی)

سازمان هواشناسی

رنجبر، عباس
(دکترای فیزیک)

پژوهشکده هواشناسی

صدیقی، محمد جواد
(کارشناسی مهندسی صنایع)

پژوهشگاه استاندارد

فروغی، سعید
(کارشناسی مهندسی الکترونیک)

شرکت کنترل کیفیت هوای تهران
و شرکت ژرف اندیشان صنایع کیمیا

ویراستار:

شیخ حسینی، شکوفه
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیش گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ نمادها و اصطلاحات اختصاری
۶	۱-۴ نمادها
۷	۲-۴ اصطلاحات اختصاری
۹	۵ مبانی لیدار گستره دید
۷	۱-۵ کلیات
۱۳	۲-۵ مفهوم اندازه گیری های لیدار گستره دید
۱۶	۶ الزامات
۱۶	۱-۶ متغیرهای اندازه گیری
۱۶	۲-۶ متغیرهای هدف
۱۶	۳-۶ ویژگی ها و حداقل الزامات خصوصیات عملکردی
۲۴	۷ طرح ریزی اندازه گیری و الزامات مکان
۲۴	۸ روش اجرایی اندازه گیری
۲۴	۱-۸ کلیات
۲۴	۲-۸ نگهداری و آزمون عملکردی
۲۴	۳-۸ کاربردها و روش اجرایی اندازه گیری
۲۶	۹ ارزیابی سیگنال
۲۸	۱-۹ الگوریتم کلت - فرنالد
۲۸	۲-۹ گستره ارزیابی
۳۰	۳-۹ عدم قطعیت
۳۱	۱۰ اختلال ها
۳۲	پیوست الف (آگاهی دهنده) انواع ارزیابی داده
۳۵	پیوست ب (آگاهی دهنده) کالیبراسیون توسط سازنده
۳۷	پیوست پ (آگاهی دهنده) کاربردهای بیشتر
۳۹	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد "کیفیت هوا- هواشناسی زیستی- قسمت ۱: سنجش از دور گستره دید به وسیله لیدار زمین پایه" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط پژوهشگاه استاندارد تهیه و تدوین شده است و در پنجاه و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۹۳/۱۲/۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 28902-1:2012, Air quality -- Environmental meteorology -- Part 1: Ground-based remote sensing of visual range by lidar

این استاندارد ملی گستره دید را بوسیله لیدار^۱ (آشکارسازی نور و گستره یابی) جوی بر پایه پس پراکندگی^۲ تعیین می کند. لیدارها ثابت کرده اند که سامانه های با ارزشی برای سنجش از دور آلاینده های جوی، پارامترهای مختلف هواشناسی از جمله سمت و سرعت باد، ترکیب و توزیع ابر و ذرات معلق، شکل ذرات، غلظت گاز، خواص اپتیکی جو همچون خاموشی^۳ و پس پراکندگی می باشند. ویژگی مشخص روش های لیداری، توانایی آنها در سنجش از دور تفکیک شده مکانی است. از آنجا که تابش الکترومغناطیسی برای سنجش استفاده می شود، اندازه گیری ها می تواند بدون تماس مستقیم و در هر جهتی انجام گردد. بنابراین سامانه های لیدار، مکمل فناوری اندازه گیری مرسوم هستند. این سامانه ها در موارد زیادی که روش های اندازه گیری نقطه ای یا درجا^۴ به خوبی انجام نمی شوند، مناسب می باشند.

-
- 1- Light Detection And Ranging
 - 2- Backscattering
 - 3- Extinction
 - 4- In-situ or point measurement methods

کیفیت هوا - هواشناسی زیستی

قسمت ۱: سنجش از دور گستره دید به وسیله لیدار زمین پایه

۱ هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد ملی الزاماتی را برای انجام اندازه‌گیری‌های لیدار گستره دید، که برای تعیین گستره اپتیکی هواشناسی (MOR) وابسته به جهت لازم می‌باشد، مشخص می‌کند. اصطلاح "لیدار گستره دید" که در این استاندارد استفاده می‌شود، برای سامانه‌های لیداری به کار می‌رود که اندازه‌گیری‌های گستره دید را که عموماً به اندازه‌گیری‌های میدان دید موسومند، انجام می‌دهند. بر اساس تقریب‌های فیزیکی، مقدار کمی گستره اپتیکی هواشناسی بین ۳۰ تا ۲۰۰۰ متر محدود می‌شود. برای چنین گستره‌ای، این استاندارد عملکرد سامانه‌های لیدار گستره دید را با استفاده از روش اندازه‌گیری گستره دید یکپارچه براساس خاموشی^۱ نور مشخص می‌کند. پارامترهای زیر را می‌توان بر اساس گستره اپتیکی هواشناسی وابسته به جهت محاسبه نمود.

الف- گستره دید افقی

ب- گستره دید قائم

پ- گستره دید مایل

یادآوری- اندازه‌گیری دید به شدت به تاریخچه تعریف دید وابسته است که آن هم به مشاهدات بشری مربوط می‌باشد. تکنیک لیدار تعاریف را به شرایط مختلف از جمله نور روز و زمان شب گسترش می‌دهد.

بعلاوه این روش اندازه‌گیری کاربر را قادر می‌سازد اطلاعات مربوط به ارتفاع پایه ابر، عمق لایه مرزی و پروفایل مه و ذرات معلق را با توجه به تضعیف سیگنال ناشی از بخار آب و/یا ذرات معلق بازیابی کند. مثال‌های این کاربردها در پیوست پ ارائه شده است.

این استاندارد را می‌توان در زمینه‌های زیر به کار برد:

- ایستگاه‌های هواشناسی؛

- فرودگاه‌ها؛

- بنادر؛

- آبراهه‌ها؛

- جاده‌ها و بزرگراه‌ها؛

- صنعت خودروسازی؛

- سکوهای نفتی.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

IEC 60825-1:2007, Safety of laser products -Part1: Equipment classification and requirements

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۳

لیدار گستره دید

visual-range lidar

دستگاهی لیزری است که با استفاده از پس‌پراکندگی^۱ و خاموشی ذره، گستره دید را اندازه می‌گیرد.

۲-۳

دید

دید هواشناسی

visibility

meteorological visibility

بیشترین فاصله‌ای که در آن یک جسم سیاه با ابعاد مناسب (واقع بر روی زمین) در مقابل خط افق در نور روز یا در طول شب اگر روشنایی به سطح طبیعی نور روز افزایش یابد، قابل مشاهده و تشخیص باشد.

[WMO, 1992^[1]; WMO, 2003^[2]]

یادآوری ۱ - ICAO (سازمان هواپیمایی کشوری بین‌المللی) تعریف متفاوتی مشخصاً برای مقاصد هواپیمایی ارائه می‌دهد و با توجه به کنتراست روز و شب به وضوح تمایز ایجاد می‌کند (مراجعه شود به^[3] ICAO, 2007). میزان دید برای مقاصد هوانوردی یکی از موارد زیر است (هر کدام بزرگتر باشد):

1- Backscattering

2- International Civil Aviation Organization

الف- بیشترین فاصله ای که در آن یک جسم سیاه با ابعاد مناسب، واقع در نزدیکی زمین، در مقابل یک زمینه روشن قابل مشاهده و تشخیص باشد.

ب- بیشترین فاصله ای که در آن چراغ ها با شدت حدود ۱۰۰۰ کاندلا در مقابل زمینه تاریک قابل مشاهده و شناسایی باشد.

یادآوری ۲- در این استاندارد از تعریف کلی تر WMO استفاده می شود. تعریف ICAO شدت درخشندگی چراغ های باند فرودگاه را برای شب هنگام استفاده می کند که در حالت کلی قابل استفاده نیست.

۳-۳

گستره دید

visual range

بیشترین فاصله ای که در آن یک جسم معین در هر شرایطی قابل تشخیص باشد، بطوریکه فقط بوسیله تراکسیلندگی^۱ جو و آستانه کنتراست دید محدود شود.

[IEC 60050-845^[4] and IEC ELECTROPEDIA 845-11-23^[5]]

۴-۳

گستره اپتیکی هواشناسی (MOR)^۲

V_{MOR}

meteorological optical range

طول مسیری در جو که طی آن شار درخشندگی باریکه نور موازی یک لامپ رشته ای در دمای رنگ ۲۷۰۰ کلوین به ۰.۵٪ مقدار اولیه آن کاهش یابد.

[WMO, 1992^[1]; WMO, 2008^[6]]

یادآوری ۱ - رابطه بین MOR و ضریب خاموشی (در آستانه کنتراست $\alpha = 0.05$) با استفاده از قانون کشمیدر^۳ عبارت است از :

$$V_{MOR} = - \ln (0.05) / \alpha^{[6]}$$

یادآوری ۲ - اگر آستانه کنتراست ۰.۲٪ باشد، کمیت اندازه گیری گستره دید استاندارد، V_N ، نامیده می شود. این تعریف در ابتدا بوسیله کشمیدر استفاده شد.^[7]

یادآوری ۳ - در این استاندارد، MOR به عنوان یک متغیر برای اندازه گیری گستره دید افقی استفاده می شود؛ برای اندازه گیری های مایل، گستره اپتیکی مایل (۳-۷) به کار برده می شود.

۵-۳

گستره دید در باند فرودگاه (RVR)^۱

1- Transmissivity

2 - Meteorological optical range

3 - Koschmieder

runway visual range

فاصله‌ای که از آن خلبان هواپیما در خط مرکزی باند فرودگاه می‌تواند علائم سطح باند یا چراغ‌های مشخص‌کننده باند و یا مشخص‌کننده خط مرکزی آن را ببیند.

[ICAO, 2005^[8]]

۶-۳

گستره اپتیکی قائم (VOR)^۲

V_{VOR}

vertical optical range

گستره اپتیکی هواشناسی در جهت قائم

۷-۳

گستره اپتیکی مایل (SOR)^۳

V_{SOR}

slant optical range

تصویر افقی بیشینه فاصله‌ای که یک جسم سیاه روی سطحی صاف می‌تواند توسط ناظری در ارتفاع h بالای صفحه با کنتراست ۰.۵٪ تشخیص داده شود.

یادآوری ۱- آستانه کنتراست برای گستره اپتیکی مایل ۰.۵٪ است که برابر با آستانه گستره اپتیکی هواشناسی (MOR) می‌باشد.

یادآوری ۲- این تعریف به منظور دستیابی به یک روش ریاضی کلی و کاربردی، بر پایه تعریف استاندارد MOR می‌باشد [معادلات (۵) و (۸) را ببینید].

۸-۳

گستره دید مایل (SVR)^۴

slant visual range

گستره دید یک جسم یا منبع نور معین در طول خط دیدی که کاملاً متفاوت از خط دید افقی است؛ برای مثال، گستره دید اجسام یا منابع نور زمینی هنگام تقرب^۵ هواپیما.

[ICAO, 2005 [8]]

۹-۳

گستره قراردادی

1 - Runway visual range
2- Vertical optical range
3 -Slant optical range
4 -Slant visual range
5 -On the approach

conventional range

بیشینه گستره قابل اندازه‌گیری است که تحت شرایط معین به منظور مقایسه سامانه‌های مختلف تعریف می‌شود.

۱۰-۳

ضریب خاموشی

α

extinction coefficient

معیاری از کدوری جو است که به وسیله لگاریتم طبیعی نسبت شدت نور ورودی به شدت نور عبوری در واحد طول مسیر نور بیان می‌شود.

۱۱-۳

تفکیک زمانی

temporal resolution

متغیر مربوط به تجهیزات، بیانگر کوتاهترین بازه زمانی که از آن اطلاعات سیگنال مستقل دریافت می‌شود.

۱۲-۳

تفکیک زمانی مؤثر

Δt_{eff}

effective temporal resolution

متغیر کاربردی توصیف‌کننده یک بازه زمانی بزرگ که در آن متغیر هدف با عدم قطعیت معین بدست می‌آید.

مثال : تفکیک زمانی پروفایل‌های ضریب خاموشی پی‌درپی یا مقادیر محاسبه شده گستره اپتیکی هواشناسی (MOR) یا گستره اپتیکی قائم (VOR).

۱۳-۳

تفکیک گستره

range resolution

متغیر مربوط به تجهیزات، بیانگر کوتاهترین بازه گستره که از آن اطلاعات سیگنال مستقل بدست می‌آید.

۱۴-۳

تفکیک گستره مؤثر

effective range resolution

متغیر کاربردی توصیف‌کننده یک بازه گستره بزرگ که در آن متغیر هدف با عدم قطعیت معین بدست می‌آید.

مثال: تفکیک گستره پروفایل‌های ضریب خاموشی پی‌درپی یا مقادیر محاسبه شده گستره اپتیکی هواشناسی (MOR) یا گستره اپتیکی قائم (VOR).

۱۵-۳

مه

fog

کاهش دیدی که بوسیله ذرات بخار آب در گستره اپتیکی هواشناسی کمتر از یک کیلومتر ($V_{MOR} < 1 \text{ km}$) و رطوبت نسبی نزدیک ۱۰۰٪ ایجاد می‌شود.

۱۶-۳

دَمِه (مه رقیق)

mist

کاهش دید ایجاد شده بوسیله ذرات بخار آب در رطوبت نسبی برابر یا بیش از ۸۰٪ یا تفاوت نقطه شبنم برابر یا کمتر از ۳ کلوین در گستره اپتیکی هواشناسی یک کیلومتر یا بیشتر ($V_{MOR} \geq 1 \text{ km}$).

[WMO, 1992 [1]; WMO, 2003 [2]; WMO, 2008 [6]]

یادآوری ۱ - برای این مورد سازمان ICAO یک حد بالای ۵ کیلومتر تعریف کرده است [3].

یادآوری ۲- مقررات ملی به دلیل تعاریف متفاوتی از دید مناسب^۱، حد بالای متفاوتی را مشخص می‌کنند (برای مثال آلمان ۸ کیلومتر، کانادا ۶ مایل و ایران ۱۰ کیلومتر).

۱۷-۳

غبار

haze

کاهش دید ایجاد شده بوسیله ذرات معلق^۲ در هوا در رطوبت نسبی کمتر از ۸۰٪ یا تفاوت نقطه شبنم بیش از ۳ کلوین در گستره اپتیکی هواشناسی یک کیلومتر یا بیشتر ($V_{MOR} \geq 1 \text{ km}$).

[WMO, 1992 [1]; WMO, 2003 [2], WMO, 2008 [6]]

یادآوری ۱ - برای این مورد سازمان ICAO یک حد بالای ۵ کیلومتر تعریف کرده است [3].

یادآوری ۲- مقررات ملی به دلیل تعاریف متفاوتی از دید مناسب، حد بالای متفاوتی را مشخص می‌کنند (برای مثال آلمان ۸ کیلومتر، کانادا ۶ مایل و ایران ۱۰ کیلومتر).

۴ نمادها و اصطلاحات اختصاری

۱-۴ نمادها

1 -Clear sky

2 -Lithometeors

متغیر	واحد	مفهوم
A	m^2	مساحت گیرنده‌های اپتیکی
B	$W m^3 sr$	پارامتر سامانه وابسته به شکل هندسی و گستره
c	$m s^{-1}$	سرعت نور
E_0	J	انرژی پالس لیزر
h	m	ارتفاع
K'	1	آستانه کنتراست روشنایی چشم
O	1	تابع همپوشانی (وابسته به گستره) میان باریکه نور عبوری و میدان دید گیرنده (همپوشانی کامل در $O=1$)
P	W	توان دریافتی آشکارساز
P_0	W	توان متوسط پالس لیزر
S	$W m^2$	مشخصه لیدار
T	K	دما
t	s	زمان
Δt	s	طول پالس لیزر
Δt_{eff}	s	تفکیک زمانی مؤثر
x	m	گستره (فاصله سامانه اندازه گیری تا حجم پراکننده)
Δx_{eff}	m	تفکیک گستره مؤثر
x_{CR}	m	گستره قراردادی برای تعیین گستره دید
x_f	m	فاصله شروع برای ارزیابی داده با انتگرال گیری پسرو
x_n	m	فاصله شروع برای ارزیابی داده با انتگرال گیری پیشرو
x_L	m	خط پایه شفافیت سنج

گستره اپتیکی هواشناسی	m	V_{MOR}
گستره دید استاندارد	m	V_N
گستره اپتیکی مایل	m	V_{SOR}
گستره اپتیکی قائم	m	V_{VOR}
ضریب خاموشی	m^{-1}	α
مقدار اولیه ضریب خاموشی برای انتگرال گیری پسرو	m^{-1}	$\alpha(x_f)$
مقدار اولیه ضریب خاموشی برای انتگرال گیری پیشرو	m^{-1}	$\alpha(x_n)$
عدم قطعیت ضریب خاموشی	m^{-1}	$\Delta\alpha$
ضریب پس پراکندگی	$m^{-1} sr^{-1}$	β
واگرایی لیزر	rad	δ
میدان دید	rad	γ
بازده گیرنده‌های اپتیکی	1	η
طول موج	m	λ
پهنای طیفی	m	$\Delta\lambda$
متغیر انتگرال گیری گستره	m	ξ
تراگسیلندگی جو بین لیدار و حجم پراکننده	1	τ

۲-۴ اصطلاحات اختصاری

ICAO سازمان هواپیمایی کشوری بین‌المللی

MOR گستره اپتیکی هواشناسی

RVR گستره دید در باند فرودگاه

SOR	گستره اپتیکی مایل
SVR	گستره دید مایل
VOR	گستره اپتیکی قائم
WMO	سازمان هواشناسی جهانی

۵ مبانی لیدار گستره دید

۵-۱ کلیات

روش‌های لیدار روش‌های فعالی برای اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی معینی از جو هستند [9]. لیدار به یک منبع نور پالسی و یک سامانه آشکارساز با تفکیک زمانی خوب نیاز دارد [10]. نور گسیل شده از طریق پراکندگی، با جو برهم‌کنش می‌کند [11][12] و بخش پس‌پراکنده شده اندازه‌گیری می‌گردد. سیگنال‌های پس‌پراکنده شده برای تعیین متغیرهای فیزیکی که شرایط جوی را توصیف می‌کنند، استفاده می‌شوند. بسته به فرایند برهم‌کنش فیزیکی نور با اتم‌ها، مولکول‌ها یا ذرات معلق در جو، مبانی فیزیکی متفاوتی بر لیدار حاکم می‌شود.

لیدار گستره دید از پراکندگی کشسان ذرات برای اندازه‌گیری استفاده می‌کند.

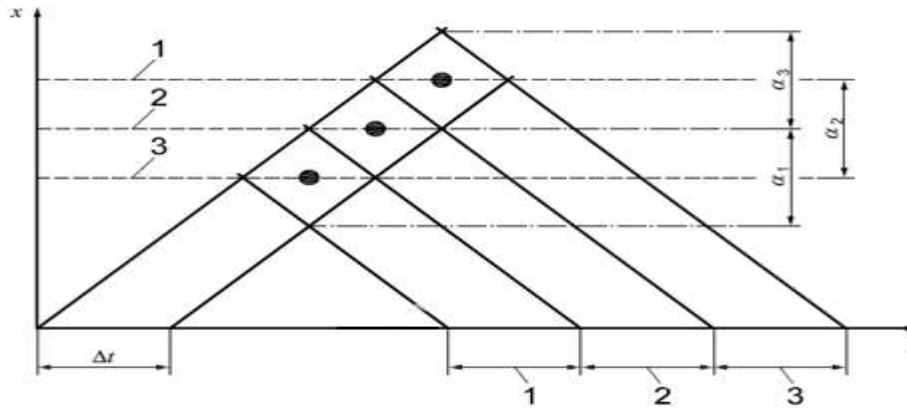
یادآوری- طول موج در طول فرایند پراکندگی تغییر نمی‌کند.

در لیدار، زمان انتشار نور از منبع به جسم و برگشت آن برای تعیین فاصله استفاده می‌شود. فاصله تا حجم پراکنده با استفاده از سرعت نور (C)، از زمان طی شده پس از گسیل پالس لیزر تعیین می‌شود:

$$x = \frac{ct}{2} \quad (1)$$

ضریب $\frac{1}{2}$ به دلیل دو برابر شدن مسیر رفت و برگشتی نور گسیل شده قبل از ثبت مجدد توسط لیدار، اعمال می‌شود.

بعد از گسیل هر پالس لیزر، سیگنال پس‌پراکنده شده در بسته‌های^۱ زمانی متوالی آشکارسازی می‌گردد. هر کدام از این‌ها با یک بازه ارتفاع یا برد متناظرند و بوسیله ارتفاع یا فاصله مرکز آن بازه مشخص می‌شوند (شکل ۱ را ببینید).



1, 2, 3	مرکز بازه ارتفاع یا برد و بازه زمانی دریافت متناظر	t	زمان بر حسب ثانیه
x	فاصله بر حسب متر	Δt	طول پالس لیزر بر حسب ثانیه
α_i	ضریب خاموشی بر حسب m^{-1}		

شکل ۱- ارتباط شماتیک بین زمان و برد انتشار

در آرایشی مانند آنچه به طور شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است، آشکارساز سیگنال $P(x, \lambda)$ را بعد از گسیل پالس لیزر ثبت می کند. پروفایل زمانی سیگنال به یک پروفایل مکانی تغییر شکل می دهد. با صرف نظر از طول پالس عبوری (Δt)، پروفایل مکانی سیگنال می تواند بوسیله معادله (۲) نشان داده شود [10]:

$$P(x, \lambda) = \frac{c\Delta t}{2} P_0 \frac{A\eta O(x)}{x^2} \beta(x, \lambda) \tau^2(x, \lambda) \quad (2)$$

که در آن:

c	سرعت نور،
Δt	طول پالس (لیزر)،
P_0	توان متوسط لیزر در طول پالس،
A	مساحت گیرنده اپتیکی،
η	بازده گیرنده اپتیکی،
$O(x)$	تابع همپوشانی وابسته به برد، بین باریکه عبوری و میدان دید گیرنده [همپوشانی کامل در $O(x)=1$]
λ	طول موج،

$\beta(x, \lambda)$ ضریب پس پراکندگی،

$\pi(x, \lambda)$ تراگسیلندگی جو بین لیدار و حجم پراکننده،

X فاصله بین لیدار و حجم پراکننده .

در شکل ۲-الف، یک سیگنال گیرنده معمول رسم شده است. با فرض هندسه باریکه لیزر، ساده شده به میدان‌های دور و نزدیک، چهار ناحیه از هم متمایز شده‌اند.

۱- تا فاصله x_1 که مخروط عبور هنوز وارد میدان دید گیرنده نشده است، گیرنده هیچ تابشی به جز حاصل از پراکندگی چندگانه^۱ را دریافت نمی‌کند. فاصله شروع سیگنال به شکل هندسی گیرنده و فرستنده‌های اپتیکی بستگی دارد. تابع همپوشانی $O(x)$ در این منطقه خیلی کوچک است

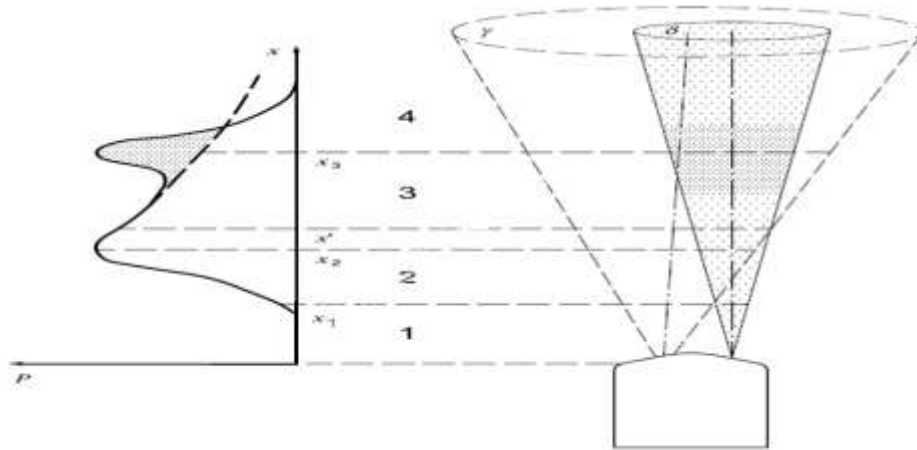
۲- در فاصله x_2 سیگنال بیشینه شده که نمایانگر ترکیب اثر همپوشانی و خاموشی است. در x' تابع همپوشانی برابر ۱ می‌شود، $O(x')=1$. تصویر سطح مقطع کامل باریکه نور روی آشکارساز ایجاد می‌گردد.

۳- در x_3 بیشینه دیگری پدیدار می‌شود که ناشی از ناهمگنی جو مانند مه یا ابر است. اگر این ناهمگنی در پراکندگی وجود نداشته باشد، سیگنال مسیر خط‌چین را دنبال می‌کند.

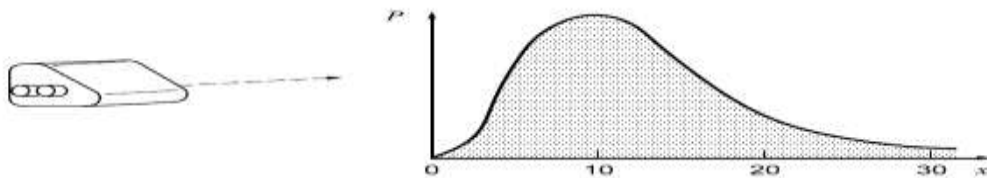
۴- ابر یا مه باعث کاهش نور می‌شود، بنابراین سیگنال حاصل از آنسوی این مناطق به سرعت به حد نوفه^۲ می‌رسد.

شکل ۲- ب یک سیگنال گیرنده معمول را نشان می‌دهد که در مه همگن بدست می‌آید. برای ثبت شرایط دید در نزدیک ترین فاصله از لیدار، سامانه‌ای با گیرنده و فرستنده دهانه بزرگ نیاز است. به دلیل هندسه متفاوت سامانه‌های لیدار، معادل نواحی ۱ تا ۳ در شکل ۲-الف تماماً در ۳۰ متر اول شکل ۲-ب محصور می‌شوند.

۱- وقتی فوتون‌ها بیش از یکبار در طول مسیرشان از منبع نور به گیرنده، پراکنده می‌شوند پراکندگی چندگانه نامیده می‌شود.



الف) سیگنال گیرنده معمول



ب) سیگنال گیرنده معمول در مه همگن

1,2,3,4 سطوح با هندسه باریکه و پس پراکندگی متفاوت

x_i فاصله بر حسب متر

P توان بر حسب وات

یادآوری - مخروط نقطه چین: میدان دید سامانه آشکارساز (γ)؛ مخروط پرنج: مخروط عبور لیزر (δ).

شکل ۲- مبنای اندازه گیری لیدار

سه عامل در معادله لیدار (۲) برای پروفایل سیگنال دریافت شده مهم هستند که تابعی از دینامیک سیگنال در سامانه داده برداری می باشند:

- وابستگی به فاصله، $1/x^2$: عاملی هندسی است که از همسانگردی پراکندگی در تقریب اول ناشی می شود؛

- ضریب پس پراکندگی، β : به طور کلی ابر قویتر از مولکول های هوا و ذرات معلق نور را پراکنده می سازد و بوضوح به صورت یک ناهمگنی در پروفایل سیگنال وارد می شود؛

- تراگسیلندگی جو، $\tau(x, \lambda)$: از ضریب خاموشی جو $\alpha(x, \lambda)$ با انتگرال گیری روی متغیر برد ξ بر طبق معادله (۳) بدست می آید. τ معرف شفافیت جو در مقابل نور با طول موج λ در طول مسیر آن است:

$$\tau(x, \lambda) = \exp\left[-\int_0^x \alpha(\xi, \lambda) d\xi\right] \quad (3)$$

معادله (۴) سیگنال پس‌پراکنده شده تصحیح شده بردی لیدار، یا مشخصه لیدار را تعیین می‌کند:

$$S(x) = P(x, \lambda)x^2 = B(x)\beta(x, \lambda)\tau^2(x, \lambda) \quad (4)$$

که در آن $B(x)$ پارامتر سامانه وابسته به برد بوده و بوسیله هندسه سامانه مشخص می‌شود.

معادله (۴) در زیربند ۹-۱ ارزیابی می‌شود. در اصل روش‌های دیگری همچون روش تفکیک طیفی بالا (HSR) [14][13] هم می‌تواند استفاده شود. روش HSR می‌تواند خاموشی و پس‌پراکنده‌گی را مستقل از هم تفکیک کند، اما نیاز به لیزر با پهنای باند کوچک و گیرنده تفکیک بالا دارد؛ این روش در این استاندارد مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

۲-۵ مفهوم اندازه‌گیری‌های لیدار گستره دید

۱-۲-۵ کلیات

این بند مفهوم اندازه‌گیری‌های گستره دید بوسیله لیدار را مشخص می‌کند.

۲-۲-۵ گستره اپتیکی هواشناسی

بر اساس نظریه گستره دید کشمیدر [7]، گستره اپتیکی هواشناسی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V_{MOR} = -\frac{1}{\alpha} \ln K' = \frac{3}{\alpha} \quad (5)$$

که در آن

V_{MOR} گستره اپتیکی هواشناسی،

α ضریب خاموشی،

K' آستانه کنتراست روشنایی چشم .

مقدار K' در ابتدا بوسیله کشمیدر ۲٪ قرار داده شد. برای کاربردهای عملی (به طور مثال خدمات هوای فرودگاه و کاربردهای هواشناسی) مقدار آستانه K' به منظور احتساب محدودیت مکانی و فیزیولوژیکی بوسیله ICAO [3] و WMO [1] ۵٪ تعیین می‌شود. از این رو گستره اپتیکی هواشناسی هم در آستانه ۵٪ تعریف می‌گردد.

معادله (۵) تحت شرایط زیر معتبر است:

- شرایط نوری یکسانی در امتداد خطی از ناظر به جسمی در افق حاکم باشد؛
- ضریب خاموشی α در طول کل گستره ثابت باشد؛
- جسم سیاه باشد؛
- جسم مرئی باشد.

MOR می‌تواند بوسیله شفافیت‌سنج نوری، یا با استفاده از روش کنتراست- نور^۱ یا روش نور پراکنده شده و یا با لیدار گستره دید تعیین شود.

اگر ضریب خاموشی بین ناظر و افق ثابت نباشد، MOR در این راستا بوسیله رابطه زیر داده می‌شود:

$$\int_0^{V_{MOR}} \alpha(\xi) d\xi = 3 \quad (6)$$

۳-۲-۵ گستره اپتیکی قائم

با استفاده از معادله (۶) در راستای قائم، گستره اپتیکی قائم به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\int_0^{V_{VOR}} \alpha(\xi) d\xi = 3 \quad (7)$$

۴-۲-۵ گستره اپتیکی مایل

برای ناظری که در ارتفاع h بالای زمین قرار دارد گستره اپتیکی مایل به صورت تصویر افقی بیشترین فاصله‌ای که یک جسم سیاه در آن صفحه مایل با آستانه ۰.۵٪ قابل تشخیص است تعریف می‌شود.

بر اساس معادله (۶) و با شرط $V_{VOR} > h$ و همگنی توزیع افقی ضریب خاموشی، داریم:

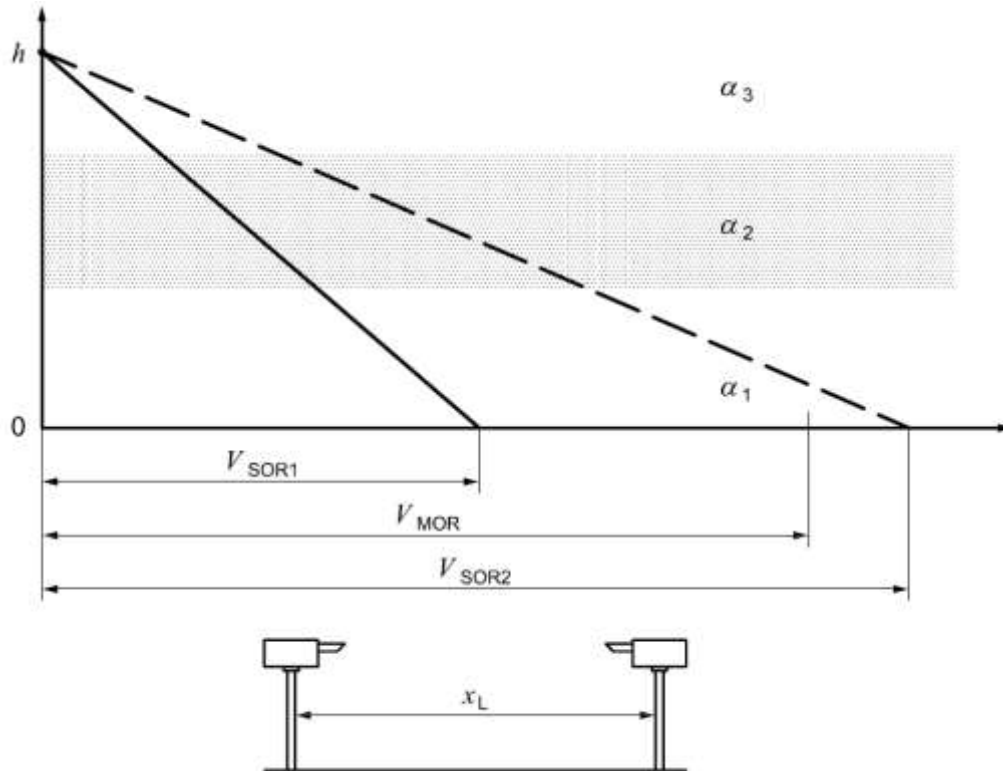
$$V_{SOR}(h) = h \sqrt{\left(\frac{3}{\int_0^h \alpha(\xi) d\xi} \right)^2 - 1} \quad (8)$$

معادله (۸) فقط وقتی استفاده می‌شود که:

- $V_{VOR} > h$ و
- α به طور افقی همگن و تنها تابع ارتفاع (h) باشد.

اگر $V_{VOR} < h$ باشد، خلبان در ارتفاع h زمین را نمی‌تواند ببیند و در این حالت گستره اپتیکی مایل تعریف نمی‌شود.

اگر α در راستای افق همگن نباشد، SOR (گستره اپتیکی مایل) که بوسیله دستگاه تعیین می‌شود با SOR تعیین شده توسط ناظر لزوماً یکسان نیست.



در شکل نشان داده می‌شود که گستره اپتیکی مایل، V_{SOR} ، به صورت فاصله‌ای در سطح زمین تعریف می‌شود و می‌تواند کاملاً متفاوت از گستره اپتیکی هواشناسی، V_{MOR} ، باشد.

شکل ۳- نمایش شماتیک وضعیتی با دیدهای افقی همگن متناظر با ضرایب خاموشی α_1 ، α_2 و α_3 .

مثال: شکل ۳ وضعیت را در طول فرود یک هواپیما نشان می‌دهد. یک شفافیت‌سنج نوری در روی زمین (با خط پایه x_L) V_{MOR} (معادله (۵)) را با فرض ضریب خاموشی همگن افقی α_1 اندازه می‌گیرد. در این مثال V_{MOR} بزرگتر از خط پایه x_L است. برای تعیین V_{SOR} نیاز است انتگرال‌گیری روی ضریب خاموشی در جهت قائم انجام شود (معادله (۸)). به این ترتیب در شرایط ابر پوششی^۱ کم ارتفاع ($\alpha_2 > \alpha_1, \alpha_3$) نسبت به شرایط مه زمینی ($\alpha_1 > \alpha_2, \alpha_3; V_{SOR2}$)، خلبان در ارتفاع h ، زمین را تحت زاویه تندتری می‌بیند.

۵-۲-۵ تعیین گستره دید بوسیله لیدار

نظریه کشمیدر محدوده نور مرئی را در نظر می‌گیرد. با این وجود روش‌های لیدار برای تعیین گستره دید، ناحیه فرابنفش نزدیک تا فروسرخ نزدیک یعنی طول موج‌های ۳۱۵ تا ۱۶۰۰ نانومتر^۲ را در بر می‌گیرند.

1 - Stratus

۲- از تابش گرمایی جو در $\lambda \leq 2\mu\text{m}$ می‌توان صرف‌نظر کرد. اما در $\lambda > 2\mu\text{m}$ لازم است تصحیحی صورت گیرد. به همین دلیل است که تعیین گستره دید با وسایل دید در شب فروسرخ ممکن نیست.

کاربرد نظریه کشمیدر در روش‌های لیدار در صورتی ممکن است که پراکندگی به طول موج وابسته نباشد. این شرط در حالت‌های مختلف جوی وقتی محقق می‌شود که ذرات پراکننده از نظر شکل و قطر همگن باشند (به طور مثال مه و دمه یا غبار). در غیر اینصورت اگر ناهمگنی یا تنوع ذرات را داشته باشیم، آنگاه ناچار به استفاده از نظریه‌های مختلف هستیم چرا که در این حالت وابستگی به طول موج وجود دارد.

بر طبق نظریه کشمیدر، کاربرد این استاندارد ملی به طور قراردادی به V_{MOR} کمتر یا برابر با ۲۰۰۰ متر ($V_{MOR} \leq 2000m$)^۱ محدود می‌شود. این گستره اپتیکی هواشناسی کاربردهای مطرح شده در ۳-۸ را پوشش می‌دهد. مثال‌های کاربرد در V_{MOR} بیش از ۲۰۰۰ متر ($V_{MOR} > 2000m$) در پیوست پ داده می‌شود.

اندازه‌گیری تفکیک شده گستره‌ای ضریب خاموشی بوسیله لیدار، امکان تعیین گستره اپتیکی هواشناسی را حتی در شرایط لایه‌های ناهمگن فراهم می‌کند. این تفاوت اساسی با ۲-۲-۵ و مزیت تعیین گستره دید بوسیله لیدار در مقایسه با روش‌های درجا یا روش‌های اندازه‌گیری نقطه ای و یا اندازه‌گیری توسط دیدبان‌ها است.

۶ الزامات

۱-۶ متغیرهای اندازه‌گیری

متغیر اندازه‌گیری لیدار گستره دید، $P(x)$ ، توان پس پراکنده شده از فاصله x است (معادله (۲)).

۲-۶ متغیرهای هدف

مطابق روش ارزیابی در ۹-۱، ضریب خاموشی ذره، $\alpha(x)$ ، از $P(x)$ اندازه‌گیری شده سیگنال پس پراکنده شده بدست می‌آید. به این ترتیب متغیرهای هدف اصلی ارائه شده زیر می‌توانند در صورتیکه حداقل الزامات فهرست شده در ۳-۶ برآورده شود، در طول مسیر اپتیکی تعیین گردند:

- ضریب خاموشی ذره، α ؛
- گرادیان ضریب پس پراکندگی ذره، $d\beta/dx$ ؛
- گستره اپتیکی هواشناسی، V_{MOR} ؛
- گستره دید استاندارد، V_N ؛
- گستره اپتیکی قائم، V_{VOR} ؛
- گستره اپتیکی مایل، V_{SOR} .

۳- برای طول موج‌های فرابنفش نزدیک نمی‌توان از پراکندگی مولکولی به طور کامل چشمپوشی کرد. با محدود کردن گستره اپتیکی هواشناسی به کمتر از ۲۰۰۰ متر یا برابر با آن، سهم پراکندگی مولکولی در عدم قطعیت MOR پائین محدوده پذیرفته شده در جدول ۱ قرار می‌گیرد.

تعریف این متغیرهای هدف در بند ۵ داده شده و تعیین آنها در ۸-۳ شرح داده می‌شود.

۳-۶ ویژگی‌ها و حداقل الزامات خصوصیات عملکردی

۱-۳-۶ کلیات

پروفایل‌های ضریب خاموشی ($\alpha(x)$) که از اندازه‌گیری بدست می‌آیند، به کمک مقادیر چند خصوصیت عملکردی تعیین می‌شوند. هر یک از این خصوصیات تابعی از وضعیت سایر متغیرها هستند. برای دستیابی به عملکرد مناسب لیدار برای تعیین گستره دید با یک انحراف قابل پذیرش از مقدار واقعی، این مشخصه‌ها باید در گستره داده شده در بندهای بعدی قرار گیرند.

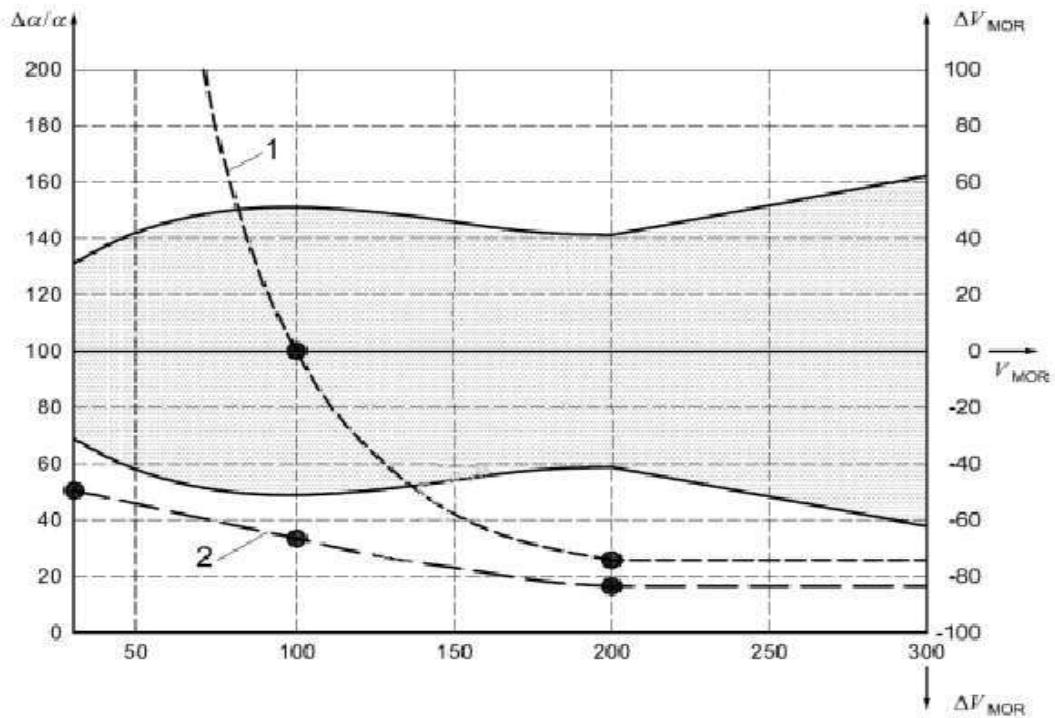
تفکیک مناسب در اینجا به معنی مقدار عددی کوچک متغیر متناظر است. مقدار وارون یا کمیتی متناسب با آن نشان‌دهنده توان تفکیک است، یعنی تفکیک مناسب متناظر با توان تفکیک بالاست.

۲-۳-۶ الزامات پایه سامانه‌های لیدار گستره دید

الزامات سامانه‌های لیدار گستره دید در جدول ۱ ارائه شده است. این الزامات باید برای کسب نتایج معتبر در اندازه‌گیری‌های لیدار گستره دید رعایت شوند. سامانه لیدار باید برای چشم ایمن باشد و الزامات ایمنی مشخص شده در IEC 60825-1 را برآورده سازد. برای اطلاعات بیشتر مرجع [15] را ببینید.

جدول ۱- الزامات سامانه‌های لیدار گستره دید

اندازه‌گیری گستره دید	نماد	
۳۰ تا ۲۰۰۰ متر	V_{SOR}, V_{MOR}	گستره اپتیکی هواشناسی / گستره اپتیکی مایل (الزامی)
۳ متر (MOR - صنعت خودروسازی) ۵۰ متر (VOR - کاربرد هواشناسی)	x_{min}	حداقل گستره (جهت اطلاع) ^(الف)
۳۱۵ تا ۱۶۰۰ نانومتر	λ	طول موج (الزامی)
کمتر از ۱ ثانیه (صنعت خودروسازی) ۳۰ تا ۶۰ ثانیه (ایمنی ترافیک) ۶۰ ثانیه (هوانوردی) ۶۰۰ ثانیه (کاربردهای هواشناسی همدیدی ^۱)	Δt_{eff}	تفکیک زمانی مؤثر ^(الف) (الزامی)
کوچکتر یا مساوی یک دهم حداقل گستره اپتیکی هواشناسی (MOR) تعیین شده	Δx_{eff}	تفکیک گستره مؤثر (جهت اطلاع)
$\alpha_{measured} < \alpha_{reference}$ ^(پ)	$\Delta \alpha / \alpha$	عدم قطعیت نسبی ضریب خاموشی ^(ب) (الزامی)، به شکل ۴ مراجعه شود
کمتر از ۵۰ درصد برای $V_{MOR}=30m$		
کمتر از ۳۳ درصد برای $V_{MOR}=100m$		
کمتر از ۱۰۰۰ درصد برای $V_{MOR}=30m$		
کمتر از ۱۰۰ درصد برای $V_{MOR}=100m$		
کمتر از ۲۵ درصد برای $V_{MOR}>200m$		
کمتر از ۱۰۰ درصد برای $V_{MOR}=30m$	$\Delta V_{MOR} / V_{MOR}$	عدم قطعیت نسبی MOR ^(ب) (الزامی)، به شکل ۴ مراجعه شود
کمتر از ۵۰ درصد برای $V_{MOR}=100m$		
کمتر از ۲۰ درصد برای $V_{MOR}>200m$		
$\pm 2^\circ$	$\Delta \theta$	عدم قطعیت زاویه شیب (جهت اطلاع)
<p>(الف) بسته به کاربرد</p> <p>(ب) شامل تمامی سهم‌های سامانه لیدار و جو</p> <p>(پ) $\alpha_{measured}$: ضریب خاموشی اندازه‌گیری شده با سامانه لیدار گستره دید؛ $\alpha_{reference}$: ضریب خاموشی اندازه‌گیری شده بوسیله یک روش مرجع به طور مثال شفافیت‌سنج؛ $\Delta \alpha = \alpha_{measured} - \alpha_{reference}$.</p>		



$\Delta\alpha/\alpha$ عدم قطعیت نسبی ضریب خاموشی α بر حسب درصد

ΔV_{MOR} عدم قطعیت مطلق MOR بر حسب متر

V_{MOR} گستره اپتیکی هواشناسی بر حسب متر

منحنی ۱ $\alpha_{measured} > \alpha_{reference}$

منحنی ۲ $\alpha_{measured} < \alpha_{reference}$

یادآوری- عدم قطعیت نسبی ضریب خاموشی با منحنی‌های خطچین ۱ و ۲ و محور سمت چپ مشخص می‌گردد. عدم قطعیت مطلق قابل پذیرش MOR در ناحیه تیره با توجه به محور سمت راست نشان داده می‌شود.

شکل ۴- عدم قطعیت نسبی ضریب خاموشی α

۳-۳-۶ سیگنال پس‌پراکنده، $P(x)$

نسبت سیگنال به نوفه در $P(x)$ سیگنال پس‌پراکنده روی کل محدوده گستره کاربردی که در آن ضریب خاموشی تفکیک شده گستره‌ای تعیین می‌شود، باید بیش از ۶ db باشد. این موضوع برای آنکه عدم قطعیت ناشی از نوفه در تعیین α زیر حد قابل پذیرش نگاه داشته شود، الزامی است.

۴-۳-۶ تفکیک زمانی و تفکیک زمانی مؤثر

تفکیک زمانی متغیری مربوط به تجهیزات است. تفکیک زمانی مؤثر بازه زمانی بین دو پروفایل متوالی ضریب خاموشی است. برای استفاده از لیدار گستره دید، تفکیک‌های زمانی مؤثر معمول به شرح زیر توصیه می‌شوند:

- کمتر از ۱ ثانیه برای اندازه‌گیری زمان واقعی در وسیله نقلیه؛

- ۶۰ ثانیه برای هوانوردی و پایش بزرگراه؛

- ۶۰۰ ثانیه یا کمتر از آن برای کاربردهای هواشناسی (به غیر از هوانوردی).

تفکیک زمانی مؤثر کمتر از ۱ ثانیه معمولاً فقط در گستره‌های اندازه‌گیری خیلی کوچک (کمتر از ۵۰ متر)، مقادیر MOR کوچکتر از ۵۰۰ متر و عدم قطعیت بالا (۵۰ یا ۱۰۰ درصد) موجودند. مقادیر MOR با استفاده از سیگنال پس‌پراکنده کالیبره شده و روش‌های درونیابی، از گستره‌های اندازه‌گیری کوچکتر محاسبه می‌شوند ولی در کاربردهای هواشناسی دقت بیشتری نیاز است (عدم قطعیت کمتر از ۱۰ درصد). به این منظور تفکیک زمانی مؤثر چند دقیقه و حداکثر گستره اندازه‌گیری بیش از مقادیر محاسبه شده MOR لازم است. به طور خلاصه، بسته به کاربرد و عمل اندازه‌گیری، ویژگی‌ها نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱ تجاوز کنند.

۶-۳-۵ تفکیک گستره و تفکیک گستره مؤثر

تغییر ناگهانی ضریب خاموشی (به طور مثال به شکل تابع پله‌ای هویساید^۱) به صورت تغییر تدریجی در پروفایل اندازه‌گیری شده ظاهر می‌شود. بازه گستره‌ای که تغییر از ۲۵ تا ۷۵ درصد کل ارتفاع پله را در پروفایل اندازه‌گیری شده شامل می‌شود، تفکیک گستره نامیده می‌شود. تفکیک گستره یک متغیر وابسته به تجهیزات است که با طول پالس، حد بالای پهنای باند آشکارساز و تقویت‌کننده‌ها و تفکیک زمانی لازم برای رقمی کردن^۲ سیگنال تعیین می‌شود.

برای محاسبه‌ی پروفایل ضریب خاموشی α ، تفکیک گستره‌ی مؤثر باید تعریف شود. در اینصورت میانگین‌گیری روی تفکیک گستره‌های اولیه‌ای که در پهنای تفکیک گستره مؤثر جای گرفته‌اند انجام می‌شود. میانگین‌گیری به طریقی انجام می‌گیرد که هر تفکیک گستره فقط یکبار بررسی شود (میانگین‌گیری به روش جعبه یا مستطیلی). به این ترتیب مقادیر سیگنال‌های پس‌پراکنده متوالی که میانگین‌گیری شده‌اند، مستقل از هم می‌شوند و در حد مقادیر متوسط متناظر در طبیعت تغییر می‌کنند. از طرف دیگر میانگین‌گیری می‌تواند به طریقی صورت گیرد که مقدار سیگنال پس‌پراکنده یک تفکیک موضعی در چند مقدار متوسط وارد شود (متوسط‌گیری لغزان^۳). در آنصورت مقادیر سیگنال‌های پس‌پراکنده میانگین‌گیری شده مستقل از هم نبوده و نمایش گرافیکی مقادیر متوسط یک منحنی هموار خواهد بود حتی اگر اختلاف میان سیگنال پس‌پراکنده بسته‌های مجاور زیاد باشد.

تفکیک گستره مؤثر همان تفکیک اولین متغیر هدف یعنی ضریب خاموشی α است و معمولاً متناظر با مضربی از تفکیک گستره می‌باشد. برای گستره‌های دید زیر ۲۰۰ متر، تفکیک گستره مؤثر باید کوچکتر یا مساوی ۱۰ متر باشد ($\Delta x_{\text{eff}} \leq 10\text{m}$)؛ برای گستره‌های دید بین ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متر این مقدار کوچکتر یا مساوی ۵۰ متر می‌شود ($\Delta x_{\text{eff}} \leq 50\text{m}$).

1 - Heaviside step function

2 - Digitize

3 - Sliding averaging

۶-۳-۶ تفکیک گستره مؤثر بهینه

عدم قطعیت ضرایب خاموشی محاسبه شده و دیگر متغیرهای هدف (۶-۲ را ببینید) با بهینه‌سازی تفکیک گستره مؤثر بهبود می‌یابد. تفکیک گستره مؤثر بهینه تابع شرایط جوی است (شکل ۵).

محدودیت‌های مربوط به نوفه ذاتی آشکارساز و دیگر نوفه‌های زمینه اپتیکی در این زیربند به حساب نمی‌آیند.

برای مثال تغییر تفکیک گستره مؤثر (Δx_{eff}) در گستره اپتیکی هواشناسی (MOR) ثابت به دو طریق عدم قطعیت نسبی در تعیین گستره اپتیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد:

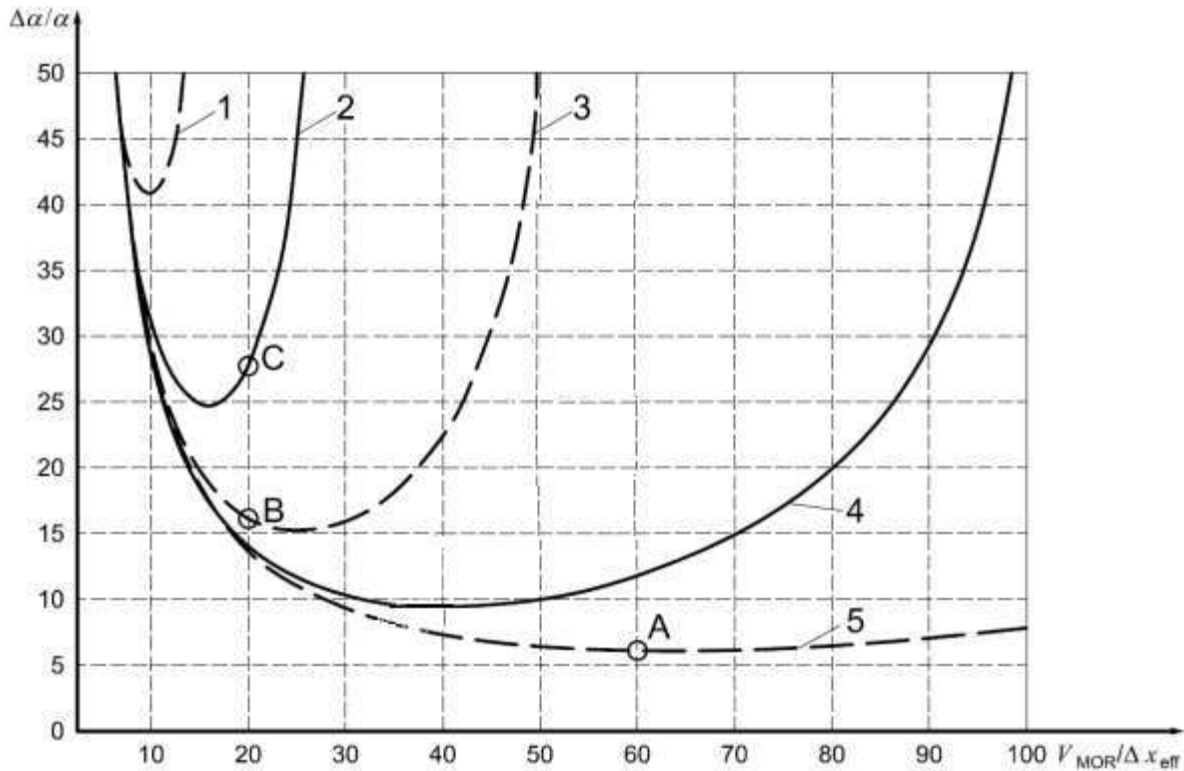
الف) کاهش تفکیک گستره مؤثر تعداد داده‌های نقطه‌ای در دسترس برای ارزیابی مطابق معادله‌ی (۱۱) را کاهش می‌دهد. این موضوع باعث افزایش عدم قطعیت نسبی $\left(\frac{\Delta\alpha}{\alpha}\right)$ می‌شود.

ب) افزایش تفکیک گستره مؤثر با کم کردن تعداد متوسط‌گیری‌ها باعث تأثیر بیشتر عدم قطعیت قرائت سیگنال بر مقادیر بدست آمده می‌شود. این موضوع هم عدم قطعیت نسبی $\left(\frac{\Delta\alpha}{\alpha}\right)$ را افزایش می‌دهد.

اثر مربوط به بند الف در قسمت سمت چپ منحنی‌های شکل ۵ و اثر مربوط به بند ب در سمت راست این منحنی‌ها غالب است. تفکیک کوچکتر در بند ب تأثیرگذارتر است. بنابراین کمینه منحنی در اندازه‌گیری با تفکیک بزرگتر به سمت راست جابجا می‌شود. وضعیت بهینه وقتی حاصل می‌گردد که از ترکیب دو اثر، کمینه مقدار عدم قطعیت نسبی $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ حاصل می‌شود.

عدم قطعیت نسبی $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ در تعیین گستره اپتیکی لیدار با الگوریتم کلت^۱ (۹-۱ را ببینید) به صورت تابعی از $\frac{V_{\text{MOR}}}{\Delta x_{\text{eff}}}$ (نسبت MOR به طول انتخاب شده‌ی تفکیک گستره مؤثر) برای تفکیک‌های مختلف رقمی‌سازی در شکل ۵ نشان داده شده است. مطابق بند ۹-۲ محاسبه با $x_f = V_{\text{MOR}}$ انجام می‌شود. تفکیک رقمی‌سازی^۲، عدم قطعیت سیگنال $P(x, \lambda)$ را تعیین می‌کند. وقتی میانگین‌گیری روی n پالس لیزر صورت می‌گیرد، عدم قطعیت دستگاه باید در $\frac{1}{\sqrt{n}}$ ضرب شود.

1- Klett
2- Digitization resolution



$\Delta\alpha/\alpha$	عدم قطعیت نسبی ضریب خاموشی α بر حسب درصد
$V_{MOR} / \Delta x_{eff}$	نسبت MOR به طول انتخاب شده تفکیک گستره موثر (Δx_{eff}) بر حسب درصد
منحنی ۱	تفکیک رقمی سازی ۶ بیتی
منحنی ۲	تفکیک رقمی سازی ۸ بیتی
منحنی ۳	تفکیک رقمی سازی ۱۰ بیتی
منحنی ۴	تفکیک رقمی سازی ۱۲ بیتی
منحنی ۵	تفکیک رقمی سازی ۱۴ بیتی

شکل ۵-عدم قطعیت نسبی اندازه‌گیری ضریب خاموشی با لیدار گستره دید به صورت تابعی از $V_{MOR} / \Delta x_{eff}$ برای مقادیر مختلف تفکیک رقمی سازی

مثال: با تفکیک گستره موثر ۲۰ متر و تفکیک رقمی ۱۴ بیت، اگر روی ۶۰۰۰۰ پالس لیزر متوسط‌گیری شود، با $V_{MOR}=1200m$ عدم قطعیت ۶ درصد تعیین می‌شود (نقطه A). در $V_{MOR}=100m$ با تفکیک گستره موثر ۵ متر و تفکیک رقمی ۱۰ بیت، عدم قطعیت ۱۶ درصد بدست می‌آید (نقطه B)؛ این مقدار در تفکیک رقمی ۸ بیت به ۲۸ درصد افزایش می‌یابد (نقطه C).

۶-۳-۷ گستره‌ی کمینه و گستره‌ی بیشینه

سامانه‌های لیدار گستره دید به شرط آنکه الگوریتم ارزیابی داده مجاز به استفاده از سیگنال‌های دریافتی از فاصله کوتاه باشد ($O(x)<1$) باشد و پراکندگی چندگانه به طور مثال ناشی از مه غلیظ را در نظر بگیرد،

می‌توانند درست در مقابل سامانه به اندازه‌گیری بپردازند. اگر این شرط برقرار نباشد، گستره‌ی کمینه (x_{min}) باید در فاصله‌ای قرار داده شود که تابع همپوشانی برابر یک می‌شود ($O(x)=1$) یا در فاصله‌ای قرار گیرد که سیگنال پس پراکنده بیشینه می‌گردد.

این موضوع برای اطمینان از صحت نتایج لازم است (شکل ۲ را ببینید). گستره کمینه لیدار گستره دید به هندسه وسایل اپتیکی آن بستگی دارد و معمولاً بین ۳ تا ۵۰ متر قرار می‌گیرد. هر الگوریتم ارزیابی داده‌ای که سیگنال حاصل از فواصلی با $O(x) < 0.8$ را استفاده می‌کند، مستقل از طراحی سامانه به دلیل اثرات پایداری سامانه و پراکندگی چندگانه، فاقد دقت است. به همین دلیل است که $O(x)$ در گستره‌ی کمینه باید بیش از 0.8 باشد.

گستره‌ی بیشینه بیشترین فاصله‌ای است که از آن V_{MOR} برابر با ۲۰۰۰ متر یا کمتر از آن بدست می‌آید. بنابراین گستره‌ی بیشینه به ضریب خاموشی متوسط، همگنی آن و همینطور روشنایی زمینه که عامل افزایش نوفه است بستگی دارد. علاوه بر این گستره‌ی بیشینه به شدت به مدت اندازه‌گیری و تفکیک گستره مؤثر وابسته است. پارامترهای سیستم همچون انرژی پالس لیزر، فرکانس تکرار پالس، قطر تلسکوپ دریافت کننده، حساسیت آشکار ساز و تفکیک رقمی‌سازی مبدل آنالوگ به دیجیتال هم روی گستره‌ی بیشینه مؤثرند. در اغلب موارد تجربی گستره‌ی بیشینه بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر است.

۶-۳-۸ گستره اندازه‌گیری و حد آشکارسازی ضرایب خاموشی

این استاندارد ملی به تعیین گستره اپتیکی هواشناسی ۲۰۰۰ متر یا کمتر (دامنه کاربرد و بند ۵-۲-۵ را ببینید) متناظر با ضریب خاموشی $1.5 \times 10^{-3} m^{-1}$ یا بیشتر (معادله ۶) محدود می‌شود. در مورد ضریب خاموشی بالا^۱ محدودیت بنیادی وجود ندارد اما دامنه کاربرد این استاندارد ملی به V_{MOR} های بیش از ۳۰ متر محدود می‌گردد.

در تعیین گستره اپتیکی اگر V_{MOR} برابر با ۲۰۰۰ متر یا کمتر باشد، حد آشکارسازی ضریب خاموشی (α) برابر $1.5 \times 10^{-3} m^{-1}$ می‌شود. این الزام برای عملیات ثابت لیدار گستره دید باید محقق شود. برای عملیات سیار همچون آشکارسازی مه، حد پائین $\alpha = 10 \times 10^{-3} m^{-1}$ (متناظر با $V_{MOR} = 300m$) کفایت می‌کند.

۶-۳-۹ تعریف گستره‌ی قراردادی برای اندازه‌گیری گستره‌ی دید

گستره‌های $X_{CR}(200)$ و $X_{CR}(1000)$ به طور قراردادی برای تعیین گستره‌ی دید تعریف می‌شوند. هدف از این تعریف کسب اطمینان است از آنکه ویژگی‌های سامانه‌های اندازه‌گیری مختلف بر اساس مجموعه پارامترهای یکسانی بوده و داده‌های اندازه‌گیری شده‌ی آنها می‌تواند مستقیماً مقایسه شود. بدین منظور، گستره‌های قراردادی باید با استفاده از تفکیک‌های زمانی مؤثر برای کاربردهای مختلف اندازه‌گیری شوند

۱- اگر $V_{MOR} < 30m$ باشد اثر پراکندگی چندگانه و همچنین مسائل فنی (تفکیک‌پذیری داده‌ها، تابع همپوشانی و غیره) دارای اهمیت بیشتری شده و باید در نظر گرفته شوند. دود می‌تواند منجر به تداخل گردد (بند ۷).

(جدول ۱). این تفکیک‌های زمانی مؤثر شامل کوچکتر از ۱ ثانیه برای خودروسازی، ۳۰ تا ۶۰ ثانیه برای ایمنی ترافیک، ۶۰ ثانیه برای هوانوردی و ۶۰۰ ثانیه برای کاربردهای هواشناسی می‌باشد.

گستره‌ی قراردادی $x_{CR}(200)$ عبارت از بیشینه فاصله‌ای است که در آن لیدار گستره‌ی دید، نسبت سیگنال به نوفه‌ی ۱۰ (یعنی سیگنال پس‌پراکنده‌ی ۱۰ دسی‌بل) را از یک هدف بازتابی استاندارد^۱ دریافت می‌کند در حالتی که V_{MOR} برابر ۲۰۰ متر بوده و اندازه‌گیری در شرایط جوی همگن صورت می‌گیرد.

گستره‌ی قراردادی $x_{CR}(1000)$ بیشینه فاصله‌ی متناظر با $V_{MOR} = 1000m$ است. تعیین $x_{CR}(1000)$ باید در روشنایی زمینه بیش از 1000 cd/m^2 انجام شود.

۷ طرح‌ریزی اندازه‌گیری و الزامات مکان

انتخاب مکان اندازه‌گیری بر اساس نوع اندازه‌گیری صورت می‌گیرد. انتخاب دقیق مکان اندازه‌گیری بویژه برای سامانه‌های ساکن یا استفاده شبه ساکن از سامانه‌های متحرک در طول عملیات اندازه‌گیری طولانی مدت، ضروری است. نکات زیر باید در انتخاب مکان اندازه‌گیری مورد توجه قرار گیرد:

- دید بدون مانع: مناطق ساختمانی پرتراکم، درختان و ساختمان‌های نزدیک مکان نصب لیدار می‌توانند دید را محدود کنند؛
 - وجود منابعی که جلوی دید را می‌گیرند (برای مثال دودکش پخش‌کننده‌ی دود)؛
 - ارتفاع خورشید در زمان اندازه‌گیری: از اندازه‌گیری‌های مستقیم در مقابل نور خورشید باید اجتناب شود؛
 - منابع محلی و فصلی که روی اندازه‌گیری دید اثرگذار هستند (مثل دریاچه، رود یا جنگل).
- بازرسی اولیه از مکان اندازه‌گیری با مشارکت افراد متخصص (نظیر هواشناسان) توصیه می‌شود.

۸ روش اجرایی اندازه‌گیری

۸-۱ کلیات

اگر سامانه‌های لیدار گستره‌ی دید به دقت آزمون و کالیبره شوند، نتایج اندازه‌گیری دقیق و مطمئنی در طول سالیان بدست می‌آید. بدین منظور ابزار آزمون و گواهینامه‌ی ویژه سازنده برای کارکرد و تأیید مورد نیاز است. دامنه کاربرد و روش‌های اندازه‌گیری در ۸-۳ شرح داده شده است.

نصب و راه‌اندازی در مکان اندازه‌گیری، آزمون عملکردی، روش‌های اجرایی اندازه‌گیری و پردازش داده‌ها باید مطابق توصیه‌های تولیدکننده انجام شود. توصیه‌های تولیدکننده باید مشخص نماید که کدام روش اجرایی، آزمون عملکردی و رویه‌های تنظیم به کار گرفته شوند و در چه فواصل زمانی تکرار گردند. پیوست ب آزمون آزمایشگاهی و آزمون‌های میدانی انجام شده بوسیله تولیدکننده را مشخص می‌نماید.

۱- بازتابش هدف بازتابی استاندارد در گستره طول موجی فرابنفش تا $1.6 \mu m$ ، برابر ۵٪ تا ۱۰٪ است.

۲-۸ نگهداری و آزمون عملکردی

۱-۲-۸ کلیات

به منظور آزمایش کارکرد سامانه طبق مشخصات داده شده و جلوگیری از انحراف و خطاهای فنی همچون خارج شدن از تنظیم [16]، عملیات نگهداری و آزمون عملکردی باید در فواصل زمانی منظم انجام شوند.

۲-۲-۸ نگهداری

عملیات نگهداری مانند تمیز کردن اجزاء اپتیکی و غیره به طور منظم، باید به صورت یک الزام اساسی در جهت تضمین کیفیت اجرا شود. لزوم اجرای عملیات تعمیر و نگهداری، بوسیله اپراتور و یا با استفاده از آشکارسازی نرم‌افزاری خودکار کاهش سیگنال (به طور مثال بواسطه‌ی لایه‌های غبار) تعیین می‌شود. بازه زمانی تعمیر و نگهداری به طور معمول سه ماهه است، ولی این بازه با توجه به شرایط محیطی می‌تواند تغییر کند.

۳-۲-۸ آزمون عملکردی

آزمون‌های عملکردی می‌بایست هر ۶ تا ۱۲ ماه انجام شوند. این آزمون‌ها برای سامانه‌های مختلف متفاوت می‌باشند. سازنده باید روش اجرایی آزمون را مشخص کرده و ابزار لازم را فراهم آورد.

۱- توان خروجی و فرکانس منبع لیزر می‌بایست در دوره‌های زمانی که توسط سازنده مشخص می‌شود، اندازه‌گیری گردد.

۲- سیگنال خروجی سامانه داده‌برداری در واکنش به پالس نور یا هدف معین، می‌بایست در دوره‌ی زمانی که بوسیله سازنده تعیین می‌گردد اندازه‌گیری شود.

۳- برای سامانه‌های روبشگر^۱ یا هدایت‌کننده^۲، می‌بایست آزمون هم‌ترازی با استفاده از تجهیزات کالیبره شده (به عنوان مثال سنجنده‌ی زاویه میل - جهت قطب‌نمایی^۳) صورت گیرد.

۳-۸ کاربردها و روش اجرایی اندازه‌گیری

۱-۳-۸ کلیات

مثال‌هایی که در ادامه می‌آید، دامنه‌ی وسیع پتانسیل کاربرد سامانه‌های لیدار گسترده دید را نشان می‌دهد.

۲-۳-۸ گستره‌ی اپتیکی افقی

برای تعیین MOR افقی حاصل از اندازه‌گیری با لیدار گسترده دید، از معادله (۵) استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری درست، دستگاه می‌بایست به طور معمول در یک سکوی ثابت به کار گرفته شود. اندازه‌گیری در جهت‌های مختلف قابل انجام است، اما معمولاً پالس‌ها می‌بایست در یک جهت افقی ارسال شوند. کاربرد

1 -Scanning systems

2 -Steering systems

3 -Compass.inclination meter

متداول این روش شامل تعیین گستره دید در نقطه فرود روی باند فرودگاه به روش درجا^۱، هشدار مه در جاده‌ها و بزرگراه‌ها و همینطور آبراهه‌ها و سکوه‌های حفاری در دریا است.

دقت اندازه‌گیری لیدار گستره دید، بخصوص در V_{MOR} بیش از ۱۰۰۰ متر، کمتر از شفافیت‌سنج‌ها و دستگاه‌های مبتنی بر پیش‌پراکنش^۲ است اما لیدار گستره دید امکان اندازه‌گیری تفکیک شده مکانی گستره اپتیکی افقی و مایل (۳-۳-۸) را ببینید) را در نقاطی که در دسترس روش‌های اندازه‌گیری دیگر نیست، فراهم می‌آورد.

۳-۳-۸ گستره اپتیکی مایل

گستره اپتیکی مایل (SOR) وابسته به ارتفاع که مطابق معادله (۸) تعیین می‌شود، برای فرودگاه‌ها این امکان را فراهم می‌آورد تا خلبان‌های در حال فرود از شرایطی همچون مه زمینی یا مه زمینی مرتفع مطلع شوند.

اندازه‌گیری تفکیک شده‌ی مکانی ضریب خاموشی، امکان تعیین SOR با یک اندازه‌گیری را برای ارتفاع‌های مختلف ممکن می‌سازد. زاویه ارتفاع اندازه‌گیری می‌بایست بر طبق بیشینه ارتفاعی که مقدار SOR آن نیاز است، تعیین شود. اندازه‌گیری در چندین زاویه، کارایی اندازه‌گیری را بهبود بخشیده و عدم قطعیت ناشی از ناهمگنی افقی در توزیع افقی ضریب خاموشی را کاهش می‌دهد.

دقت زاویه اندازه‌گیری در کیفیت تعیین گستره اپتیکی مایل (SOR)، بسیار حیاتی است. عدم قطعیت ناشی از نادرستی زاویه با مقدار مطلق گرادیان ضریب خاموشی افزایش می‌یابد.

مطابق دستورالعمل‌های عملیاتی فرودگاه، شفافیت‌سنج افقی یا پیش‌پراکنش‌سنج^۳ باید نزدیک نقطه فرود روی باند فرودگاه نصب شود. داده‌های حاصل از این دستگاه در خدمات مشاوره‌ی وضع هوا در هوانوردی استفاده می‌شود. بوسیله‌ی لیدار گستره دید، امکان انجام اندازه‌گیری در طول مسیر مایل جو تا نقطه‌ی فرود فراهم می‌شود؛ بنابراین می‌توان گستره دید را در طول مسیر فرود تعیین کرد. این موضوع فایده‌ی استفاده از اندازه‌گیری‌های مایل اپتیکی لیدار در جایی که نصب دکل ممنوع است و در نتیجه استفاده از شفافیت‌سنج مقدور نیست (فرودگاه، سکو و کشتی‌ها) را بوضوح نشان می‌دهد.

۴-۳-۸ گستره‌ی دید باند فرودگاه (RVR) و گستره‌ی دید مایل (SVR)

دید خلبان بلافاصله بعد از فرود بوسیله کمیتی که گستره دید باند فرودگاه نامیده می‌شود، توصیف می‌گردد؛ این کمیت در ICAO, 2007 [3] مشخص شده است.

1 -In-situ

2 -Forward scattering devices

3 -Forward-scatter meter

RVR بیشترین فاصله‌ای است که خلبان با چشمانی در تراز ۵ متر بالاتر از خط مرکزی باند فرودگاه می‌تواند چراغ‌های خط مرکزی و کناره‌های باند و یا خود باند و علائم آن را تشخیص دهد. در اینجا فاصله موازی باند فرودگاه است، بنابراین RVR طول تصویر فاصله میان خلبان و هدف روی خط مرکزی باند می‌باشد.

RVR می‌تواند از گستره اپتیکی هواشناسی (MOR) همراه با شدت درخشندگی لامپ‌ها و روشنایی زمینه به عنوان متغیرهای کمکی، محاسبه شود. در شدت درخشندگی کم چراغ‌های باند و روشنایی زمینه زیاد RVR با MOR برابر می‌شود.

در مقایسه با RVR یک کمیت وابسته به ارتفاع به نام "گستره دید باند در حال فرود مایل" یا برای سادگی "گستره دید مایل" برای مشخص کردن شرایط دید خلبان قبل از فرود تعریف می‌شود. این کمیت از مقادیر SOR بدست می‌آید.

بر طبق تعریف برای محاسبه RVR، می‌بایست MOR در ارتفاع ۲/۵ متر اندازه‌گیری شود و یا از ضریب خاموشی متوسط تا ارتفاع ۵ متر بدست آید. تعیین SVR به آگاهی از پروفایل ضریب خاموشی تا بیشینه ارتفاع مورد نظر نیاز دارد.

یادآوری- زیربند ۴-۲-۱-۱ در ICAO, 2007 [3] توصیه می‌کند که RVR از MOR اندازه‌گیری شده در ارتفاع تقریباً ۲/۵ متر بالای باند فرودگاه بدست آید و اگر در دسترس باشد، ضریب خاموشی متوسط تا ارتفاع ۵ متر می‌بایست استفاده شود. تعیین SVR نیاز به اطلاع از پروفایل ضریب خاموشی تا بیشینه ارتفاع مورد نظر دارد. RVR و SVR در گام‌های ۲۵، ۵۰ یا ۱۰۰ متر به خلبان‌ها گزارش داده می‌شوند.

۸-۳-۵ گستره اپتیکی قائم (VOR)

گستره اپتیکی قائم حاصل از اندازه‌گیری بوسیله‌ی لیدار گستره دید با معادله (۷) تعیین می‌شود. برای مقاصد ایمنی پرواز در شرایط مه یا غبار، VOR به جای ارتفاع پایه‌ی ابر گزارش داده می‌شود. برای اندازه‌گیری درست، دستگاه می‌بایست از یک سکوی ثابت در راستای تقریباً قائم به کار گرفته شود. گستره بیشینه‌ی سامانه باید بیش از VOR باشد.

۸-۳-۶ اخطار مه در تردد وسایل نقلیه موتوری

در تردد وسایل نقلیه موتوری، تعیین گستره دید بوسیله‌ی لیدار در کاربردهای زیر اهمیت پیدا می‌کند:

- کاربری ساکن، موازی با سطح جاده برای تعیین حد سرعت در مناطق با ریسک زیاد مه؛
- کاربری متحرک در وسایل نقلیه برای کنترل نور چراغ‌های عقب یا لامپ‌های مه‌شکن عقب خودرو؛
- کاربری متحرک در وسایل نقلیه برای اخطار مه.

تعداد تصادف در مه منجر به تهیه اطلاعات بیشتر در مورد گستره دید برای رانندگان شده است. تعیین حد سرعت بوسیله‌ی حسگرهای دید نصب شده در کنار جاده در مناطق با ریسک مه زیاد، در حال حاضر بسیار پیشرفته است. لیدار گستره دید می‌تواند:

- جایگزین حسگرهای دید شود،
- حجم اندازه‌گیری بزرگتری را ممکن سازد،
- در درون وسایل نقلیه برای اخطار مه و تعیین چگالی آن قرار گیرد و همچنین با توجه به گستره دید آشکارسازی شده، شدت نور چراغ‌های عقب را کنترل نماید.

۹ ارزیابی سیگنال

۹-۱ الگوریتم کلت-فرنالد^۱

هدف از فرایند ارزیابی داده، تعیین تضعیف نور در گذر از جو برای هر بازه گستره‌ای است. در ارزیابی سیگنال‌های لیدار فقط تک پراکندگی^۲ به حساب می‌آید. معادله کلاسیکی لیدار (معادله (۲)) و معادله (۴) به عنوان مشخصه‌ی لیدار دو مجهول دارند:

$$\beta \quad \text{ضریب پس‌پراکندگی؛}$$

$$\alpha \quad \text{ضریب خاموشی.}$$

برای حل معادله (۲) یا (۴) روش‌های مختلفی به کار می‌رود [20].

وارون معادله لیدار به طریقی که در ادامه شرح داده می‌شود، الگوریتم کلت-فرنالد نام دارد [21][22][23]. موفقیت این الگوریتم در لیدار تعیین دید به دلیل عدم نیاز به پارامتر سیستم $B(x)$ در معادله (۴) است. با مشتق‌گیری از لگاریتم مشخصه‌ی $S(x)$ داریم:

$$\frac{\partial \ln[S(x)]}{\partial x} = \frac{1}{\beta(x)} \frac{\partial \beta(x)}{\partial x} - 2\alpha(x) \quad (9)$$

در این استاندارد، رابطه‌ی بین α و β خطی و مستقل از گستره فرض می‌شود (۵-۲-۵ را ببینید). به علاوه پراکندگی ریلی^۳ که سهم نسبتاً کوچکی در ضرایب خاموشی بزرگ مدنظر در این استاندارد دارد، به واسطه‌ی حد $V_{MOR} < 2000m$ صرف‌نظر می‌شود. با این ساده‌سازی و با فرض یک مقدار اولیه $\alpha(x_n)$ برای ضریب خاموشی α ، جواب معادله دیفرانسیل (۹) می‌شود:

$$\alpha(x) = \frac{S(x)}{\frac{S(x_n)}{\alpha(x_n)} - 2 \int_{x_n}^x S(\xi) d\xi} \quad (10)$$

1 -Klett-Fernald algorithm

2 -Single scattering

3 -Rayleigh scattering

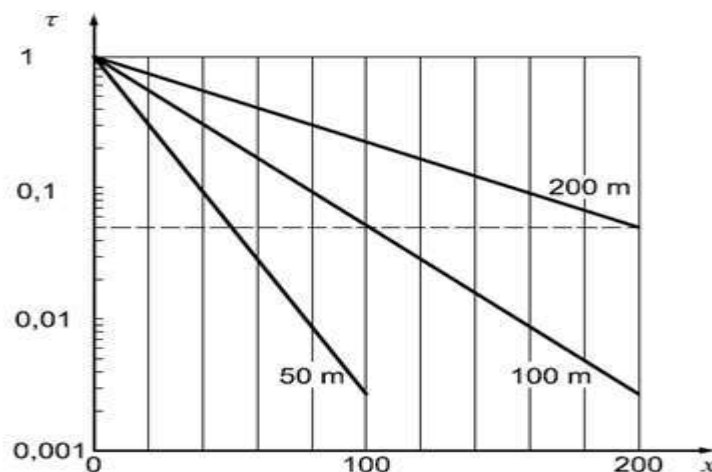
در این معادله به دلیل علامت منفی در مخرج کسر، نوفه‌ی فوتونی همیشه حاضر، تغییرات $S(x_n)$ و همینطور عدم قطعیت کوچک در انتخاب $\alpha(x_n)$ ، مقادیر α خیلی بزرگ، نوسانی و یا منفی (بی‌معنی) می‌شود. بنابراین جواب این معادله برای کاربرد عملی، نامناسب و ناپایدار است. اگر حدود انتگرال‌گیری جابجا شود، علامت منفی در مخرج کسر مثبت شده و مشکل ناپایداری عددی رفع می‌گردد:

$$\alpha(x) = \frac{S(x)}{\frac{S(x_f)}{\alpha(x_f)} + 2 \int_x^{x_f} S(\xi) d\xi} \quad (11)$$

حال مقدار اولیه α باید در انتهای گستره (x_f) تعیین شود. این مقدار $\alpha(x_f)$ اغلب فقط می‌تواند تخمین زده شود. پیوست الف مثالی از تخمین مقدار اولیه را ارائه می‌دهد؛ الف-۸ محاسبه‌ای را با در نظر گرفتن عدم قطعیت مقادیر MOR حاصل از این الگوریتم نشان می‌دهد.

۲-۹ گستره ارزیابی

در جو همگن، رابطه خطی میان گستره و تراگسیلابی لگاریتمی از معادله (۳) تبعیت می‌کند. شیب خط متناظر، معیاری از خاموشی متوسط و بنابراین گستره اپتیکی هواشناسی است (شکل ۶). با کم شدن شفافیت جو در مقابل نور لیدار، فاصله‌ای که مقادیر اندازه‌گیری شده تا آن فاصله برای ارزیابی سیگنال در دسترس هستند کاهش یافته و در همان مرتبه گستره اپتیکی هواشناسی است. خط چین شکل (۶) متناظر تراگسیل برای مقدار آستانه کنتراست $K'=5\%$ است؛ این خط، ۳ خط مایل را در فاصله‌های $x=V_{MOR}$ از مبدأ قطع کرده و این رابطه را تشریح می‌کند. در تفکیک گستره یکسان، در گستره دید کوتاهتر مقادیر اندازه‌گیری شده کمتری برای تعیین گرادیان مشخصه لیدار (معادله (۹)) موجود هستند. از طرف دیگر گرادیان و در نتیجه دقت تعیین گستره اپتیکی هواشناسی (MOR) با کاهش گستره دید افزایش می‌یابد.



یادآوری - خط چین متناظر با $K'=5\%$ است.

شکل ۶ - تراگسیلابی به صورت تابعی از فاصله برای سه حالت مختلف جو همگن نشان داده شده است.
($V_{MOR}=50m, 100m, 200m$)

۳-۹ عدم قطعیت

جدول ۲ سهم عدم قطعیت متغیرهای اندازه‌گیری و هدف را گردآوری کرده است. سهم عدم قطعیت متغیرهای اندازه‌گیری، متغیرهای هدف و سایر متغیرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اغلب عدم قطعیت‌ها ناشی از موارد زیر هستند:

- مقدار خاموشی مرجع تخمین زده شده در طول ارزیابی بر اساس الگوریتم کلت-فرنالد (بند ۹-۱)
- فرایند کالیبراسیون اولیه سامانه بوسیله سازنده
- شرایط محیطی حاکم

جدول ۲- عوامل مؤثر در ایجاد عدم قطعیت

عوامل مؤثر در ایجاد عدم قطعیت		متغیرهای اندازه‌گیری
نوفه شامل نوفه‌ی آشکارساز نوری	-	توان، P
برآورد تابش زمینه	-	سیگنال تصحیح شده‌ی زمینه و گستره، S
سهم عدم قطعیت		متغیرهای هدف و سایر متغیرها
مقدار کالیبراسیون در گستره‌ی دور	-	ضریب خاموشی ذره، $\alpha(x)$
پروفایل ضریب پس‌پراکندگی مولکولی (T, P)	-	
پارامتر سامانه (به طور مثال حساسیت گیرنده، توان لیزر)	-	
تفکیک گستره مؤثر	-	
ضریب خاموشی ذره، $\alpha(x)$	-	گرادیان ضریب پس‌پراکندگی ذره، $d\beta/dx$
برآورد سهم لیدار (سهم خارجی)	-	
ضریب خاموشی ذره، $\alpha(x)$	-	گستره‌ی اپتیکی هواشناسی، V_{MOR}
ضریب خاموشی ذره، $\alpha(x)$	-	ارتفاع پایه ابر
آستانه چگالی اپتیکی (سهم خارجی)	-	
گرادیان ضریب پس‌پراکندگی ذره، $d\beta/dx$	-	چینه‌بندی لایه مرزی
فرایند محاسبه، الگوریتم‌های استفاده شده، فرض عددی مقدار آغازین	-	

۱۰ اختلال‌ها

تعیین گستره دید بوسیله ناهمگنی در کدوری جو مختل می‌شود. لیدار گستره دید نمی‌تواند مؤلفه‌های مختلف مؤثر بر گستره دید را از هم تشخیص دهد. اختلال‌ها انسان‌ساخت و یا طبیعی هستند مانند:

- بارش به هر شکلی (باران، تگرگ و یا برف)
- خروجی از دودکش کارخانجات صنعتی و نیروگاه‌ها: آب به شکل بخار یا ابر، ذرات معلق یا گازهایی که در طول موج لیدار قابلیت جذب دارند
- خاکستر آتشفشان، گرد و غبار مواد معدنی معلق

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

انواع ارزیابی داده

الف - ۱ کلیات

معادله (۴) تعیین پروفایل‌های (تفکیک‌شده‌ی گستره‌ای) ضریب خاموشی جو را در محدوده بیشینه گستره لیدار گستره دید، ممکن می‌سازد. براساس بند ۶-۳-۷، بیشینه دامنه تابعی از خاموشی جو است.

برای حل معادلات (۱۰) و (۱۱) به ترتیب مقادیر اولیه $S(x_n) / \alpha(x_n)$ و $S(x_f) / \alpha(x_f)$ نیاز است. این مقادیر عموماً به دلیل نامشخص بودن ضرایب خاموشی، نامعلوم می‌باشند.

با توجه به محدودیت‌های شرح داده شده در بند ۹-۲، معادله (۱۰) (انتگرال پیش‌رو) در موارد خاص استفاده می‌شود. انتگرال پس‌رو (معادله (۱۱)) از پایداری بهتری برخوردار بوده و برای کاربردهای خودکار قابل استفاده است. الگوریتمی مناسب برای پردازش داده‌های اولیه لیدار در زیر شرح داده شده است. این الگوریتم شامل شش مرحله الف-۲ تا الف-۷ است.

الف - ۲ تعیین گستره فاصله‌ها برای اندازه‌گیری گستره دید

فاصله آغازین لیدار (کمترین فاصله قابل سنجش برای سامانه‌ی لیدار) معمولاً بوسیله پارامترهای سامانه تعیین می‌شود و با شرایط جوی تغییر نمی‌کند؛ این در حالیست که بیشترین فاصله قابل سنجش (x_f) باید از مشخصات (اندازه، نسبت سیگنال به نوفه) سیگنال برگشتی $P(x, \alpha)$ تعیین شود.

الف - ۳ تعیین مقدار اولیه $\alpha(x_f)$ برای استفاده در ارزیابی اولین اندازه‌گیری‌ها از یک سری

مقدار بزرگ $\alpha(x_f)$ متناظر با گستره دید کوتاه به عنوان مقدار آغازین برای اطمینان از پایداری عددی الگوریتم استفاده می‌شود. واضح است که $\alpha(x_f)$ باید در محدوده ضرایب خاموشی قابل اندازه‌گیری توسط سامانه قرار گیرد. کوتاهترین گستره دید قابل اندازه‌گیری، بوسیله تعداد نقاط اندازه‌گیری تعیین می‌شود درحالیکه بلندترین گستره دید بوسیله توان لیزر و اندازه و حساسیت گیرنده و سامانه آشکارساز تعیین می‌شود که یک ثابت دستگاه خاص می‌باشد.

الف - ۴ محاسبه پروفایل $\alpha(x)$

با مقدار اولیه $\alpha(x_f)$ که بر اساس بند الف-۳ محاسبه شده، پروفایل سیگنال پس‌پراکنده اندازه‌گیری شده برای محاسبه پروفایل ضریب خاموشی $\alpha(x)$ ، یا مقادیر گستره دید محلی در محدوده‌های تعیین شده در بند الف-۲ (فاصله آغازین و بیشینه فاصله) بکار می‌رود.

الف-۵ محاسبه گستره دید متوسط

نتیجه داده‌های گستره دید محلی مختلف متوسط‌گیری شده و داده‌های متناظر با مقادیر α کمتر از کمینه آستانه قابل آشکارسازی α در نظر گرفته نمی‌شوند.

الف-۶ تصمیم‌گیری درباره کیفیت نتیجه میانی

نتیجه با مقدار اولیه مقایسه می‌شود. اگر این دو با هم اختلاف داشته باشند (معمولاً برابر یا بیش از ۱۰٪)، در آنصورت مقدار متوسط محاسبه شده به عنوان مقدار اولیه جدید بکار می‌رود و فرایند مطابق بند الف-۴ تکرار می‌گردد. این روش تا زمانی تکرار می‌شود که یا اختلاف مقادیر یاد شده به اندازه کافی کوچک باشد (معمولاً کمتر از ۱۰٪)، یا حلقه تکرار بیش از مقدار از پیش تنظیم شده فراخوانده شود.

الف-۷ تعریف نتیجه‌ی نهایی و مقدار شروع برای اندازه‌گیری بعدی

اگر شرایط داده شده در بند الف-۶ تحقق یابد، آخرین پروفایل به‌عنوان نتیجه اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود. گستره دید متوسط بدست آمده یا ضریب خاموشی متوسط به عنوان مقدار شروع برای ارزیابی داده در اندازه‌گیری بعدی بکار می‌رود. هر اندازه‌گیری بطور معمول بین ۱ تا ۳۰ ثانیه طول می‌کشد. نقطه شروع برای ارزیابی داده‌ی بعدی بند الف-۲ است و به دنبال آن با صرف‌نظر از بند الف-۳، بند الف-۴ انجام می‌گیرد. به عنوان جایگزین، روش دیگر به نام روش شیب^۱ می‌تواند بکار رود [20]. این روش مبتنی بر فرض یک سری بازه‌های ضریب پراکندگی همگن β در معادله (۹) بوده و مستقیماً پروفایل متناظر $\alpha(x)$ را بدست می‌دهد. برای افزایش دقت این روش، بازه گستره می‌بایست تا حد ممکن بزرگ باشد به‌طوری‌که متوسط‌گیری روی نقاط اندازه‌گیری متعدد امکانپذیر گردد (برازش خطی^۲). ایراد این روش در لایه‌بندی همگن تکه تکه است، به عنوان مثال ابرها و توده‌های مه این روش را محدود می‌کنند.

الف-۸ مثال محاسباتی

الف-۸-۱ برای نشان دادن رابطه معادله (۱۱) با مقادیر اولیه تخمین‌زده شده‌ی $\alpha(x_f)$ ، مثال زیر از یک محاسبه ساده شده در جدول الف-۱ داده می‌شود. در این مثال از مراحل شرح داده شده در الف-۵، الف-۶ و الف-۷ صرف‌نظر شده است. برای این منظور موارد زیر فرض می‌گردد:

(۱) ضریب خاموشی α در جو ثابت و برابر با 0.03 m^{-1} است،

1-Slope method

2-Linear fit

۲) شرایط مرزی برای فرایند انتگرال گیری (معادله (۱۱)) $\alpha(x_f) = 0.06 \text{ m}^{-1}$ و $x_f = 150 \text{ m}$ در نظر گرفته می شود [بر اساس فرض $\alpha(x_f) > \alpha$ (بند الف-۳)]،

۳) تفکیک گستره مؤثر $\Delta x_{eff} = 10 \text{ m}$ است و بر اساس جدول ۱ انتخاب می شود.

الف-۸-۲ با این مفروضات، جدول الف-۱ روش محاسباتی شامل مراحل زیر را نشان می دهد:

۱) سیگنال پس پراکنده شده لیدار ($S(x)$) که به صورت تئوری تصحیح گستره ای شده است، بر اساس معادله (۴) محاسبه می شود،

۲) ضریب خاموشی α بر اساس معادله (۱۱) محاسبه می گردد،

۳) گستره اپتیکی هواشناسی محلی در رابطه $V_{MOR} = \frac{3}{\alpha}$ برای نشان دادن بیشینه عدم قطعیت α و V_{MOR} ، از ضریب خاموشی بدست آمده در مرحله قبل محاسبه می شود،

۴) مقدار کدری $\int_0^x \alpha(\xi) d\xi$ در آخرین ستون جدول الف-۱ محاسبه شده است. دیده می شود در $x = V_{MOR}$ مقدار کدری مطابق معادله (۶) برابر ۳ است.

اختلاف زیاد میان ضریب خاموشی فرض شده ($\alpha = 0.03 \text{ m}^{-1}$) و شرط مرزی فرایند انتگرال گیری، یک عدم قطعیت نسبی جزئی $\Delta V_{MOR}/V_{MOR}$ بعد از چند متر انتگرال گیری نتیجه می دهد. این موضوع قابلیت کاربرد معادله (۱۱) را بوضوح نشان می دهد.

جدول الف-۱ - مثال محاسباتی برای ضریب خاموشی و گستره اپتیکی هواشناسی

x	V_{MOR} فرض شده	α فرض شده	$S(x)$ محاسبه شده بر اساس معادله (۴)	$\alpha(x)$ محاسبه شده بر اساس معادله (۱۱)	V_{MOR} حاصل از α بدست آمده	$\Delta V_{MOR}/V_{MOR}$	کدری $\int_0^x \alpha(\xi) d\xi$
m	m	m^{-1}	a.u.	m^{-1}	m	%	
10	100	0.030	2.99E-04	0.029	103.0	3	0.29
20	100	0.030	1.64E-04	0.029	103.0	3	0.58
30	100	0.030	9.02E-05	0.029	102.9	3	0.87
40	100	0.030	4.95E-05	0.029	102.9	3	1.17
50	100	0.030	2.72E-05	0.029	102.9	3	1.46
60	100	0.030	1.49E-05	0.029	102.8	3	1.75
70	100	0.030	8.18E-06	0.029	102.6	3	2.04
80	100	0.030	4.49E-06	0.029	102.3	2	2.33
90	100	0.030	2.46E-06	0.029	101.7	2	2.63
100	100	0.030	1.35E-06	0.030	100.7	1	2.93
110	100	0.030	7.42E-07	0.030	98.9	-1	3.23
$x_f = 150$ (شرط مرزی)	50	$\alpha(x_f) = 0.060$	7.39E-08	0.060	50.0		

a.u. واحدهای اختیاری

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

کالیبراسیون توسط سازنده

ب-۱ کلیات

کالیبراسیون سامانه و آزمون هم‌ترازی می‌بایست توسط سازنده انجام شود. سازنده می‌بایست سامانه لیدار را تحت شرایط آزمایشگاهی (آزمون‌های آزمایشگاهی، ب-۲) و همچنین تحت شرایط آزمون میدانی (آزمون‌های میدانی، ب-۳) آزمایش کند. سازنده می‌بایست تضمین نماید که آزمون‌های انجام شده بر اساس ب-۲ برای تأیید کیفیت لیدار گستره دید کافی هستند.

سازنده می‌بایست اطمینان حاصل نماید که تجهیزات دارای یک کنترل خودکار در بازه‌های زمانی منظم است (حداقل هر ۱۰ دقیقه). این کنترل می‌بایست شامل پایش لیزری در جهت تضمین ایمنی چشم باشد. همچنین برای وسایل دارای لیزر چرخان^۱ ممکن است دستورالعمل‌های ایمنی دیگری نیاز باشد.

ب-۲ آزمون‌های آزمایشگاهی

ب-۲-۱ کلیات

این آزمون‌ها یکبار توسط سازنده انجام می‌شوند.

ب-۲-۲ آزمون‌های پایه

سازنده می‌بایست پارامترهای زیر را برای هر دستگاه آزمون نموده و همراه با آن یک برگه آزمون شامل موارد زیر تحویل دهد:

- (۱) توان خروجی و فرکانس تکرار پالس منبع لیزر
- (۲) پارامترهای کیفی تنظیم: بیشینه عدم قطعیت واگرایی، انحراف زاویه میل در برابر مرجع بیرونی (نظیر محفظه)، گستره کمینه (۶-۳-۷) و گستره بیشینه (۶-۳-۷)
- (۳) سیگنال خروجی سامانه داده‌برداری در مقابل یک پالس نور یا هدف معین که نتیجه آن دقت گستره و حساسیت گیرنده است

ب-۲-۳ آزمون‌های پیشرفته

بسته به کلاس دستگاه، پارامترهای بیشتری شامل موارد زیر می‌بایست آزمون شود:

(۱) سیگنال خروجی سامانه حاصل از شلیک به هدف‌های بازتابی استاندارد در یک بازه زمانی مشخص (۱۰ ثانیه) و مسافت معین که بستگی به کلاس دستگاه داشته و می‌تواند بین ۳۰ متر تا چندین کیلومتر متفاوت باشد.

(۲) سیگنال خروجی حاصل از اندازه‌گیری‌های اتاقک ابر برای احراز شرایط (کالیبراسیون و تضمین کیفیت) انواع معین حسگرها لازم است. در اتاقک ابر یک شفافیت‌سنج باید به عنوان مرجع به کار گرفته شود.

ب-۳ آزمون‌های میدانی

آزمون‌های میدانی در یک محیط طبیعی تحت شرایط خاص جوی انجام می‌شوند. بدین منظور مکانی با تجهیزات کاملاً تعریف شده مورد نیاز است. این آزمون‌ها می‌بایست توسط سازنده حداقل برای هر سری انجام شود. بعلاوه توصیه می‌شود این آزمون‌های میدانی سالی یکبار انجام گیرد. انتخاب روش آزمون میدانی مناسب، تابعی از نوع اندازه‌گیری است (به طور مثال ایمنی ترافیک، همچنین موارد موجود در دامنه کاربرد این استاندارد). برای سامانه‌های بزرگ به خصوص، تلفیقی از این آزمون‌های میدانی می‌بایست صورت گیرد.

در صورت درخواست کاربر، مدرکی شامل نتایج آزمون‌های میدانی می‌بایست ارائه شود. محتویات این مدرک بستگی به نوع اندازه‌گیری و آزمون دارد.

(۱) یک فیلم کوتاه یا عکس که نشان‌دهنده شرایط محیطی در هنگام مه است برای مقایسه MOR محاسبه شده توسط حسگر در سامانه‌های اندازه‌گیری افقی کفایت می‌کند (بطور مثال ایمنی ترافیک).

(۲) شفافیت‌سنج و سنجنده‌های پیش‌پراکنش در محل، دستگاه‌های ایده‌آلی هستند که برای مقایسه مقادیر MOR محاسبه شده لیدار گستره دید تراز شده بصورت افقی بکار می‌روند. دستگاه‌ها فقط در شرایط همگن می‌بایست مقایسه شوند. این همگنی می‌تواند با محاسبه‌ی نسبت انحراف استاندارد به مقدار میانگین MOR در یک بازه ۱۰ دقیقه‌ای مورد آزمون قرار گیرد. اگر نسبت کمتر از ۰/۱ باشد، این شرایط همگن در نظر گرفته می‌شود.

(۳) لیدار مرجع برای مقایسه مقادیر VOR یا SOR اندازه‌گیری شده بوسیله لیدار گستره دید مناسب است. اگر لیدار مرجع بتواند به طور مستقیم اندازه‌گیری‌های خاموشی را انجام دهد، لازم است تأیید شود که لیدار مرجع همان طول موج لیدار گستره دید را بکار می‌برد یا از طول موج‌های چندگانه برای برون‌یابی طول موج لیدار گستره دید استفاده می‌کند. علاوه بر این پارامترهای اپتیکی همچون تابع همپوشانی، حداقل باید رابطه ثابتی داشته باشند تا مقایسه انجام شود.

(۴) انواع رادیوسوندها^۱ برای مقایسه VOR اندازه‌گیری شده لیدار گستره دید با پارامترهای رطوبت یا ذرات معلق در جو استفاده می‌شود.

1 -Tethersondes and/or backscatter sondes on balloons

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

کاربردهای بیشتر

اندازه‌گیری گستره دید برای V_{MOR} کمتر یا برابر با ۲۰۰۰ متر در مه یا دمه توسط لیدار با فناوری پس‌پراکندگی کشسان در این استاندارد شرح داده می‌شود. سایر انواع موجود تکنیک‌های لیدار شامل موارد زیر است:

- گمانه‌زنی پروفایل باد با لیدار دوپلری [24]
- اندازه‌گیری غلظت بخار آب بوسیله لیدار رامان^۱ (موارد بسیار جزئی نیز قابل شناسایی است)
- اندازه‌گیری غلظت گازهای خاص بوسیله DIAL (لیدار جذب تفاضلی^۲) [26]
- اندازه‌گیری پروفایل پس‌پراکندگی و خاموشی توسط لیدار رامان یا لیدار HSR [14][13]
- مشخصه‌یابی ذرات معلق بوسیله لیدار چند طول موجی [25][27]
- گمانه‌زنی پروفایل دما بوسیله لیدار رامان [25]

مروری بر این تکنیک‌ها در مراجع [25] و [28] آمده است. این تکنیک‌ها خارج از دامنه کاربرد این استاندارد می‌باشند.

علاوه بر آنچه در این پیوست آمده، لیدارهای پس‌پراکندگی کشسان برای سایر مقاصد که شامل V_{MOR} بیش از ۲۰۰۰ متر نیز می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنها می‌توانند برای شناسایی ساختار قائم جو که بوسیله ذرات معلق یا لایه‌های ابر مشخص می‌شوند، به کار روند. پایه‌ها و در بعضی موارد قله‌های ابر قابل شناسایی می‌باشد، به عنوان مثال در ابرهای بالا به نام پرسا^۳ که شفاف و نازک هستند. بیشتر لیدارها یک معیار آستانه را به منظور تشخیص پایه ابر و ساختار قائم لایه مرزی بکار می‌برند. چندین روش به عنوان تکنیک‌های مقدماتی و اخیراً تحلیل موجک سیگنال لیدار^۴ وجود دارد [29].

برای لیدارهای هدایت‌شونده، پره‌های آلودگی می‌تواند بسته به چگالی ذرات معلق در پره و در تفکیک زاویه روبشگر، با دقت خوبی پایش شود. هر انتشار مستقیم یا پخشی آلودگی از کارخانه‌های صنعتی یا پایانه‌های حمل و نقل مثال‌های خوبی برای بررسی هستند.

1- Raman lidar
2- Differential absorption lidar
3- Cirrus
4- The lidar signal wavelet analysis

کتابنامه

- [1] World Meteorological Organization (WMO). *International Meteorological Vocabulary*. WMO-No.182, Geneva, 1992
- [2] World Meteorological Organization (WMO). *Manual on the Global Observing System*. WMO-No.544, Geneva, 2003
- [3] International Civil Aviation Organization (ICAO). *Convention on International Civil Aviation. Annex 3: Meteorological Services for International Air Navigation*. Ed. 16, 2007, 202 pp., ISBN 92-9194-918-3
- [4] IEC 60050-845:1987-12, *International Electrotechnical Vocabulary. Lighting*
- [5] IEC ELECTROPEDIA 845-11-23. IEC Online Electrotechnical Vocabulary <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=845-11-23>
- [6] *World Meteorological Organization (WMO). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (CIMO Guide)*. WMO-No. 8, Ed 7 (2008) http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO_Guide_7th_Edition-2008.html
- [7] Koschmieder, H. Theorie der horizontalen Sichtweite. *Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre*. **12**, 1924, pp. 33/53
- [8] International Civil Aviation Organization (ICAO). *Manual of Runway Visual Range Observing and Reporting Practices, Doc 9328*. Ed. 3, 2005, 118 pp., ISBN 92-9194-480-7
- [9] Middleton, W.E.K., Spilhaus, A.F. *Meteorological instruments*. 3rd ed. rev. Toronto: University of Toronto Press, 1953
- [10] Measures, R.M. *Laser Remote Sensing*. Originally published: New York: John Wiley & Sons, 1984. Reprint: Malabar, Fla.: Krieger Pub. Co., 1992
- [11] Deirmendjian, D. *Electromagnetic Scattering on Spherical Polydispersions*. New York: Elsevier, 1969
- [12] Bohren, C.F., Huffman, D.R. *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*. New York: John Wiley & Sons, 1983
- [13] Shipley, S.T., Tracy, D.H., Eloranta, E.W., Trauger, J.T., Sroga, J.T., Roesler, F.L., Weinman, J.A. High spectral resolution lidar to measure optical scattering properties of atmospheric aerosols. Part 1: Theory and instrumentation. *Appl. Opt.* **22**, 1983, pp. 3716-3724
- [14] Sroga, J.T., Eloranta, E.W., Shipley, S.T., Roesler, F.L., Tryon, P.J. High spectral resolution lidar to measure optical scattering properties of atmospheric aerosols. Part 2: Calibration and data analysis. *Appl. Opt.* **22**, 1983, pp. 3725-3732
- [15] ANSI Z 87.1:2003, *Practice for occupational and educational personal eye and face protection devices*
- [16] Jörgensen, H., Mikkelsen, T., Streicher, J., Herrmann, H., Werner, C., Lyck, E. Lidar Calibration Experiment. *Appl. Phys. B* **64**, 1997, pp. 355-361
- [17] Frügel, F., Gelbk e, E. Nebelwarngeräte für den Straßenverkehr. *Straßenverkehrstechnik*. **18**, 1974, S. 156-165
- [18] Streicher, J., Werner, C., Apitz, J., Jünemann, O. Intelligent tail light: adaption of brightness using lidar technique. *Europto Proceedings* 4167, Atmospheric propagation,

adaptive systems, and laser radar technology for remote sensing, Barcelona, 25-28 Sept. 2000, pp. 252-258

[19] Grüner, R., Schubert, J. Intelligent rear light for compensation of environmental effects on car. *SPIE conference proceedings* 5240, SPIE Remote Sensing, Barcelona, Sept.8-12, 2003

[20] Krichbaumer, W., Werner, C. Current state-of-the-art of LIDAR inversion methods for atmospheres of arbitrary optical density. *Appl. Phys. B* 59, 1994, pp. 517-523

[21] Klett, J.D. Stable analytical inversion solution for processing lidar returns. *Appl. Opt.* 20, 1981, pp. 211-220

[22] Klett, J. D. Lidar inversion with variable backscatter/extinction ratios. *Appl. Opt.* 24, 1985, pp. 1638-1643

[23] Fernald, F.G. Analysis of Atmospheric Lidar Observations: Some Comments. *Appl. Opt.* 23, 1984, pp. 652-653

[24] VDI 3786 Part 14:2001-12, *Environmental meteorology; Ground-based remote sensing of the wind vector - Doppler wind LIDAR*. Berlin: Beuth-Verlag

[25] Weitkamp, C. (Ed.). *Lidar: range resolved optical remote sensing of the atmosphere: Springer series in optical sciences 102*. New York: Springer Science+Business Media Inc., 2005, ISBN 0-387-40075-3

[26] VDI 4210 Part 1:1999-06 *Remote sensing; Atmospheric measurements with LIDAR - Measuring gaseous air pollution with DAS LIDAR*. Berlin: Beuth-Verlag

[27] Böckmann, C. Hybrid regularization method for the ill-posed inversion of multiwavelength lidar data to determine aerosol size distribution. *Appl. Opt.* 40, 2001, pp. 1329-1342

[28] Emeis, S. *Measurement Methods in Atmospheric Sciences*. Berlin Stuttgart: Borntraeger Science Publishers, 2010, ISBN: 3-443-01066-0

[29] Emeis, S., Schäfer, K., Münkel, C. Surface-based remote sensing of the mixing-layer height – a review. *Meteorol. Z.* 17, 2008, pp. 621-630