TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE

آکوستیک و روشنایی روز

تهیه و ترجمه: داکتر انجنیر محمدعمر "تیموری"
مولفین: پروفیسور انجنیر دوشان کاتونسکی،
اسوشید پروفیسور انجنیر ستانیسلاو داروله،
داکتر انجنیر کریستیان کونداش

۱۴۰۰

منع فروش

آکوستیک و روشنایی روز

ACOUSTICS AND DAYLIGHTING

Afghanic

TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE

ACOUSTICS AND DAYLIGHTING

Preparation and translation:
Dr. Eng. Mohammad Omar Temori

Autors:
Prof. Dipl. Ing. Dušan Katunský, PhD.
Associate Professor Dipl. Ing. Stanislav Darula, PhD.
Dipl. Ing. Kristián Kondáš, PhD.

9788055339726

With CD

سي ډي سره

NOT FOR SALE

2021

بسم الله الرحمن الرحیم

آکوستیک و روشنایی روز

Acoustics and Daylighting

تهیه و ترجمه: داکتر انجنیر محمدعمر " تیموری "

مولفین: پروفیسور انجنیر دوشان کاتونسکی، اسوشید پروفیسور ستانیسلاو داروله، داکتر انجنیر کریستیان کونداش

Preparation and tanslation: Dr. Eng. Mohammad Omar Temori

Autors:
Prof. Dipl. Ing. Dušan Katunský, PhD.
Associate Professor Dipl. Ing. Stanislav Darula, PhD.
Dipl. Ing. Kristián Kondáš, PhD.

نام کتاب: آکوستیک و روشنایی روز

تهیه و ترجمه: داکتر انجنیر محمد عمر " تیموری "

مولفین:

Prof. Dipl. Ing. Dušan Katunský, PhD.
Faculty of Civil Engineering of the Technical University of Košice, Slovakia

Associate Professor Dipl. Ing. Stanislav Darula, PhD.
Institute of Construction and Architecture Slovak Academy of Sciences Bratislava, Slovakia

Dipl. Ing. Kristián Kondáš, PhD.
Faculty of Civil Engineering of the Technical University of Košice, Slovakia

تصحیح ادبیات دری: احمد فرید عارفی

تصحیح تخنیکی: پوهنوال سلیمان عثمان خیل

واژه نامه (Glossary):
Associate Professor of Architecture Mojtaba (Moji) Navvab
University of Michigan, A. Taubman College of Architecture and Urban Planning, Ann Arbor, USA

طراحی پوش جلد کتاب: انجنیر محمد مصطفی ح تیموری

ناشر: (Published by)

© Technical University of Košice, Slovakia and
© Faculty of Engineering, Kabul University, Afghanistan

چاپ و صحافی:

University Library, TUKE, Letná 9, 040 01 Košice, Slovakia

چاپ اول: سال 1400 خورشیدی (2021 میلادی)

تیراژ : 100 جلد

شماره بین المللی ستندرد ثبت کتاب (ISBN): 978-80-553-3972-6

همه حق چاپ و نشر محفوظ به ناشر است

فهرست

1 آکوستیک 13

1.1 ماهیت فیزیکی صوت و پارامترهای فیزیکی آن 13

1.1.1 تعریف فیزیولوژیکی صوت 15

1.1.2 فریکونسی - اصلاح وزن دستگاه سنجش صوت 17

1.1.3 معادل سطح سر و صدا 19

1.1.4 معادل سطح فشار آکوستیکی A 20

1.1.5 محدودیت های سروصدا 21

1.1.6 شخص متقبل - معنی لیمت ها (محدودیت ها) 23

1.2 منبع صوت در محیط زنده گی کاری 23

1.2.1 شرایط عمومی برای پخش سر و صدا 25

1.2.2 انتشار صوت در فضای آزاد 26

1.2.3 انتشار صوت در فضای باز پشت مانع 26

1.2.4 انتشارصوت در فضای محصور(بسته) 29

1.2.5 ساحهء های امواج مستقیم و منعکس شده، ساحهء صوت نفوذ پذیر 32

1.2.6 عناصر ها برای جذب صوت 35

1.2.6.1 متخلخل های جذب کننده 35

1.2.6.2 غشاء و تخته های ارتعاشی 36

1.2.6.3 تشدید کننده های حفره ای (cavity resonators) 37

1.2.6.4 جذب کننده های ترکیبی 37

1.3 اصول آکوستیک شهری 38

1.3.1 ارتباطات زمینی 38

1.3.2 کاهش سطح سر و صدا به کمک ایجاد فاصله از منبع 39

1.3.3 گزینه های دیگر برای کاهش سر و صدای ترافیکی 40

1.3.4 اقدامات در برابر سر وصدا ترافیکی 40

1.3.4.1 اقدامات شهری(اوربانیستی) علیه سر و صدا ترافیکی 41

1.3.4.2 اقدامات تخنیکی در برابر سر و صدا ترافیکی 42

1.3.4.3 حل نمودن وضعیت سروصدا توسط فراهم نمودن ساختمان های ذیل میتواند فراهم گردد 43

1.3.4.4 اقدامات ترافیکی سازمان یافته و قانونی در برابر سر و صدا 43

1.4 اصول آکوستیک فضایی 44

1.4.1 تئوری موج 44

1.4.2 آکوستیک هندسی 45

1.4.3 طراحی انعکاس شعاع صوت از سطح منعکس کننده 4646

1.4.3.1 سطح منعکسی بیضوی - جایگزینی دایره 47

1.4.3.2 سطوح انعکاس دهنده دیگر - جایگزین نمودن با دایره با روشی مشابه میتوان از سطوح پارابولیک، هایپربولیک، مسطح و دیگر استفاده کرد 48

1.4.4 طراحی ابعاد ادیتوریوم 49

1.4.5 آکوستیک آماری 50

1.4.6 اثر رستورانت 51

1.4.6.1 مدت زمان مطلوب طنین در ادیتوریوم 52

1.4.6.2 شرایط برای ارزیابی مدت زمان مطلوب طنین (زمان طنین) 53

1.5 اساسات آکوستیکی عناصر ساختمانی 54

1.5.1 صوت منتشره توسط هوا 55

1.5.2 انتشار صوت از طریق عناصر ساختمان 57

1.5.3 صوت قابل تعریف و غیر قابل تعریف 58

1.5.4 عایق صوت ساختمانی 59

1.5.5 عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) عناصر های ساده 61

1.5.6 عناصرهای ساختمانی با لایه شکاف هوا 61

1.5.7 اصول اساسی طراحی عایق بودن در مقابل نفوذ عناصر ساختمانی 64

1.5.8 عایق بودن در مقابل نفوذ صوت عناصر های پر کننده (کلکین و دروازه) 64

1.6 ارزیابی صوتی سیستم های شیشه ای 65

1.6.1 زاویه وارده صوت 66

1.6.2 فریکونسی صوت 67

1.6.3 مقاومت موج آکوستیکی شیشه ای 67

1.6.4 وابستگی به فریکونسی خود شیشه 68

1.6.5 ارتباط عایقیت صوتی(در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) از فریکونسی 68

1.6.6 سیستم های چندگانه شیشه ای 70

1.7 محافظت در مقابل سروصدا ناشی از برداشتن قدم 71

1.8 پروگرام های محاسباتی برای ارزیابی آکوستیک در ساختمان ها 75

مثال های محاسباتی 75

منابع 90

2 روشنایی روز 95

2.1 پارامترهای اساسی فتومتریکی 95

2.1.1 زاویه فضایی (جامدزاویه مخروطی مرکزی) 95

2.1.2 شدت نور (Luminous intensity) 97

2.1.3 جریان یا سیلان نوری 97

2.1.4 درخشنده گی یا تراکم نور (Luminance) 98

2.1.5 شدت روشنایی یا قابلیت تنویر (Illuminance) 99

2.1.6 تضاد (Contrast) 101

2.1.7 مشخصه ارائه رنگ 101

2.1.8 درک نور و محیط اطراف 101

2.2 خواص آپتیکی (OPTICAL) مواد ساختمانی 103

2.2.1 انعکاس نور 103

2.2.2 عبور و یا انتقال نور 105

2.2.3 جذب نور 109

2.2.4 انکسار نور 109

2.3 موقعیت مکان بر روی زمین و موقعیت خورشید در آسمان 109

2.4 آفتاب 114

2.5 تشعشع خورشیدی 117

2.6 نور افتاب 122

2.7 روشنایی بیرونی 123

2.7.1 شدت روشنایی مستقیم خورشیدی 128

2.7.2 نور آسمانی 130

2.7.3 پخش و توزیع روشنایی آسمانی 133

2.7.4 توزیع ستدردی درخشنده گی آسمانی 136

2.7.5 CIE (کمیسیون بین المللی روشنایی) مجموع آسمان (CIE of the general sky) 136

2.7.6 توزیع نسبی درخشنده گی (International Commission on Illumination CIE) آسمان عمومی ستندردی . 136

2.7.7 توزیع درخشنده گی ستندردی در قیمت های مطلق 140

2.8 شدت روشنایی داخلی 145

2.9 طراحی و ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها 147
2.9.1 اجزاء آسمانی ضریب شدت روشنایی ر روز 148
2.9.2 اجزای انعکاس دهنده ه داخلی شدت روشنایی روز 150
2.9.3 اجزای منعکس کننده بیرونی ضریب شدت روشنایی روز 153
2.10 پروگرام های محاسباتی برای طراحی و ارزیابی شدت روشنایی روز در ساختمان ها 154
2.11 ستندردها و دستورالعمل های مورد نیاز برای ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها 164
2.12 الزامات ستندردی برای ارزیابی روشنایی روز در سلواکیا 166
2.13 ارزیابی اثرات سایه انداز 168
2.13.1 تعیین زاویه معادل سایه انداز 169
2.14 بررسی قرار گرفتن تحت تابش آفتاب در ساختمان ها (ASSESSMENT OF INSOLATION IN BUILDINGS) 170
2.14.1 تعیین زمان تابش آفتاب با استفاده از دیاگرام های سایه انداز 172
2.15 نظریه اروپایی ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها 174
2.15.1 دسترسی شدت روشنایی روز، جریان های $E_{v,g}$ و $E_{v,d}$ 174
2.15.2 ستندرد اروپایی برای روشنایی روز در ساختمان ها 174
2.15.3 الزامات مورد نیاز برای شدت روشنایی روز نظر به طرح استندرد CEN 175
2.15.4 الزامات برای چشم انداز (Requirements for view out) 177
2.15.5 الزامات برای قرار گرفتن تحت تابش آفتاب 178
2.15.6 الزامات برای تابش خیره کننده (Glare requirements) 179
2.16 اندازه گیری روشنایی روز 180
2.17 ارزیابی تخنیکی نور 182
2.18 روش های روشن ساختن ساختمان ها با روشنایی روز 183
منابع 188
فهرست نمادها (سمبول ها) و اختصارات 193
Appendix Vocabulary 194
Glossary 201
اصطلاحات صوتی 223
Abstract 246
Short characteristics of authors 247

پیشگفتار

صنعت ساخت و ساز یک کشور زمانی می‌تواند جوابده نیازمندی های روز باشد و همگام با استندرد های پذیرفته شده جهانی حرکت نماید که بکارگیری علم و تکنولوژی روز در آن به صورت واضح دخیل گردد.

تطبیق همین امر باعث می‌گردد که ساختمان های اعمار شده از لحاظ کیفیت اعمار در سطح بالا قرار گیرد و همچنان بستری خوبی زیستن با کیفیت برای افراد مقیم ساختمان، در یک مدت طولانی فراهم شود.

در پهلوی چالش های بزرگ دیگر که در فراراه صنعت ساخت و ساز کشور قرار دارد، عدم دانش کافی علمی و تخنیکی در مورد آکوستیک (صدا) و روشنایی روز باعث گردیده تا سپری نمودن زندگی آرام در ساختمانهای اعمار شده در افغانستان از لحاظ انتشار صوت که می‌تواند عوامل داخلی و بیرونی داشته باشد و همچنان عدم استفاده معقول از روشنایی روز، را دچار ناملایمی ها نماید.

برای حل همین مشکلات یاد شده، تهیه مواد آموزشی لازمه، ترجمه و چاپ این کتاب به کمک همه دست‌اندرکاران که اسم های شان در صفحه چهارم این کتاب ذکر شده است انجام گرفت و بدسترس انجنیران و مهندسان ساختمان و فاکولته های انجنیری کشور قرار می‌گیرد.

در اینجا از فرصت استفاده نموده و از همه این بزرگواران نهایت سپاس گذاری خود را ابراز می‌نمایم، هر یک ایشان بدون هیچ دستمزد مالی از دل و جان با من کمک کردند و مرا در مسیر تکمیل نمودن این کتاب فوق العاده یاری نمودند. من ممنون این همکاری های مخلصانه ایشان می باشم.

امیدوار هستم که با مطالعه و تدریس این کتاب، پاره ی از مشکلات ساختمانهای کشور ما از ناحیه صوت و استفاده از روشنایی روز حل گردد. تا باشد آنچه محیط مصنوعی را که برای زیستن با پول هنگفت مهیا می‌سازیم، شایسته زیست افراد باشد.

ما نباید در هنگام اعمار ساختمانها به تطبیق ستندردهای گذشته اکتفا نماییم و باید در جستجو آن باشیم که ساختمانهای را که در قرن 21 اعمار می‌نماییم، چگونه از لحاظ صوت و استفاده از روشنایی روز در تطابق با الزامات یک ساختمان مدرن امروزی قرار گیرد.

داکتر انجنیر محمدعمر تیموری

آکوستیک

1 آکوستیک

آکوستیک علمی است که پخش صوت را تحت مطالعه قرار می‌دهد.
آکوستیک را می‌توانیم به سه گروپ اصلی تقسیم نماییم:

- ***آکوستیک شهری*** (انتشار صوت در فضای بیرونی)،
- ***آکوستیک ساختمانی*** (انتشار صوت از طریق عناصر های ساختمانها)،
- ***آکوستیک فضایی*** (پخش صوت در محیط که از لحاظ پخش آکوستیک خیلی حساس می‌باشد مانند سینما، سالون تیاتر، سالون های عروسی و غیره).

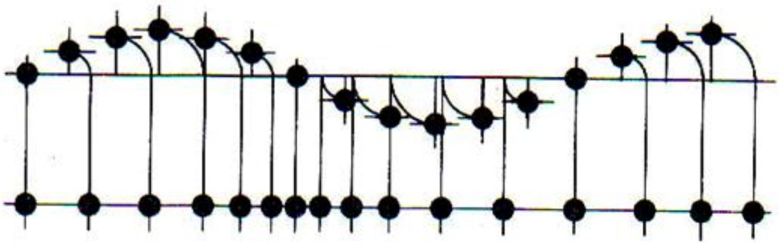
صوت، انتشار امواج(موج زدن) میخانیکی محیط الاستیکی (انعطاف پذیر) می‌باشد که توسط حس شنوایی درک می‌شود.
صوت را می‌توان در دو بخش ذیل تعریف نمود:
- از لحاظ فیزیکی " انتشار امواج میخانیکی محیط انعطاف پذیر"
- از لحاظ فیزیولوژیکی "صوت آن است که از طریق حس شنوایی درک می‌شود"

فرق میان صوت ، سر و صدا

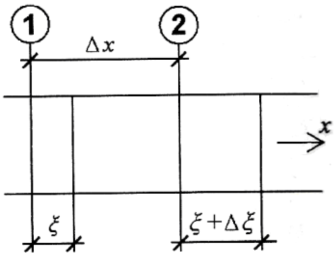
از نقطه نظر فیزیکی هیچ تفاوتی بین این دو وجود ندارد.
اما از نقطه نظر فیزیولوژیکی این هر دو دارای تفاوت های می‌باشد و این تفاوت چنین بیان می‌گردد:
- صوت: آنچه شنیدن آن مورد نیاز می‌باشد
- سر و صدا: آنچه که شنیدن آن غیر ضروری بوده و ما را اذیت می‌نماید.

1.1 ماهیت فیزیکی صوت و پارامترهای فیزیکی آن

در مواد جامد ممکن است امواج به شکل طولی و یا عرضی و یا هم ترکیبی از این هر دو مانند انتشار امواج خمشی انتشار یابد. اما در گاز ها و مایعات، تونها انتشار امواج طولی صورت می‌گیرد. به این خاطر به این شرح مشخص می‌گردد که جهت ارتعاش هر یک از قطعات ماده که به اندازه کافی کوچک می‌باشند، سازگار با جهت انتشار موج می‌باشد. رابطه فی مابین امواج عرضی و طولی در شکل1 نشان داده شده است.



شکل1. حرکت امواج صاف

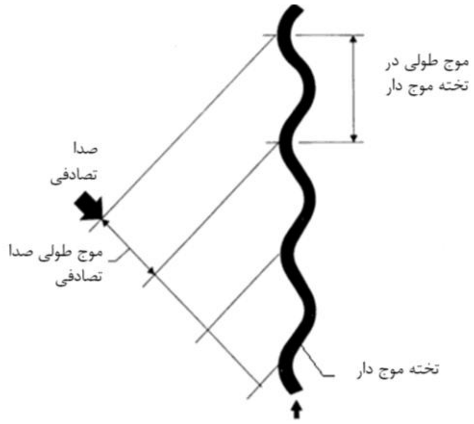


شکل2. تفاوت بین انتشار امواج طولی و عرضی

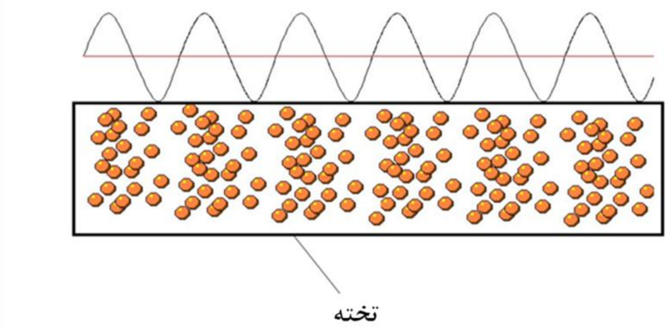
از محل ایجاد انتشار امواج(منبع صوت)، حرکت موج به تدریج انتشار می‌یابد. این عمل به دلیل آن می‌باشد که ذرات ماده همسایه همیشه با فاز مختلف ارتعاش می‌کنند و این مانند آن است که انتشار امواج به مکان های مختلف با تاخیر زمانی متفاوت می‌رسند. نتیجه این حرکت ناهموار ذرات، تغییرات محلی و زمانی در تراکم و فشار گاز می باشد. این تغییرات معادله

موج را تعریف می‌نماید. حرکت امواج مسطح، ذرات در سطح 1 دارای انحراف فوری ζ می‌باشد و ذرات در سطح 2 که از سطح 1 به فاصله Δx متر قرار دارد دارای انحراف فوری چنین می‌باشد:

$$\xi + \Delta\xi = \xi + \frac{\partial \xi}{\partial x}.\Delta x \qquad (1)$$



شکل3. امواج خمشی



شکل4. موج طولی در صفحه یک تخته

فشار بارومتریک p_o با واحد اندازه گیری (Pa)، به آرامی و در ارتباط به شرایط جوی تغییر می‌نماید. تفاوت فی مابین فشار اتموسفیر و فشار واقعی گاز در یک عمل آکوستیکی، بنام **فشار صوتی p** نامیده می‌شود که واحد **اندازه گیری آن پاسکال** (Pa) می‌باشد.

تغییرات در فشار صوتی به سرعت رخ می‌دهد، و آنهم طوریکه در این زمان کوتاه هیچ تبادل حرارت قابل توجهی بین ذرات فردی گاز به وجود نمی‌آید. .بنابراین، این تغییرات ذکر شده در جمله adiabatic (یک فرایند آدیاباتیک یا مساویتروپیک یک فرآیند ترمودینامیکی با گاز ایده آل است که در آن هیچ تبادل حرارت بین گاز و محیط وجود ندارد) در نظر گرفته می‌شود.

$$p_c.V_0^{\gamma} = (p_c + p).(V_0 + \Delta V)^{\gamma} \qquad (2)$$

از آنجاییکه:

p_c - فشار کلی اولیه، Vo - حجم اولیه گاز که در طول زمان تغییر می کند و آنهم به $Vo + \Delta V$،

γ - به توان، عبارت از شماره ای است که ما آنرا در توان می‌نویسیم و نسبت ظرفیت حرارتی ویژه ناخالص گاز می‌باشد.

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} \qquad (3)$$

از آنجاییکه:

c_p - ظرفیت حرارتی مخصوصه در فشار ثابت با واحد اندازه گیری J/kg.K می باشد.

c_v - ظرفیت حرارتی مخصوصه در حجم ثابت با واحد اندازه گیری J/kg.K می‌باشد.

بعد از اصلاحات چنین بیان می‌گردد:

$$\frac{\partial^2 .p}{\partial .t^2} = \frac{K}{\rho} . \frac{\partial^2 p}{\partial .x^2} = c^2 . \frac{\partial^2 .p}{\partial .x^2} \qquad (4)$$

$$K = \gamma \; . \; p_c \qquad \text{(Pa)} \qquad (5)$$

از آنجاییکه:

K - ماژول حجمی انعطاف پذیری گاز،

c - سرعت صوت با واحد اندازه گیری (m/sec) در درجه حرات 0^oC و فشار عادی 101,325 kPa و همچنان وزن حجمی $1,29\ kg/m^3$ مساوی به 331,5 m/sec می باشد .

برای محاسبات تخنیکی مقدار **c_o = 340 m/sec** مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مقدار جوابده درجه حرارت $14,2^oC$ می باشد.

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \qquad \text{(m/sec)} \qquad (6)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad \text{(m)} \qquad (7)$$

از آنجاییکه:

λ- طول موج، f -فریکونسی تعداد ارتعاش در واحد زمانs^{-1}، T - زمان یک دوره می‌باشد.

$$T = \frac{1}{f} \qquad \text{(s)} \qquad (8)$$

$$I = \frac{P}{S} \qquad (W/m^2) \qquad (9)$$

شدت صوتی I با واحد اندازه گیری **(W/m^2)** - تراکم سطحی توان صوتی (توانایی پخش در یک واحد سطح).

به عنوان مثال، قیمت آستانه شدت آکوستیکی $I_o = 10^{-12}$ با واحد اندازه گیریW/m^2جوابده قیمت آستانه فشار آکوستیک $p_o = 0,00002 = 2.10^{-5}$ Pa می‌باشد.

قدرت آکوستیکی P با واحد اندازه گیری **(W)** - توانایی منبع آکوستیکی صوت (تجهیزات صوتی، زنگ خطر، ترانسپورت، صنعت، سر و صدا جمعی و غیره).

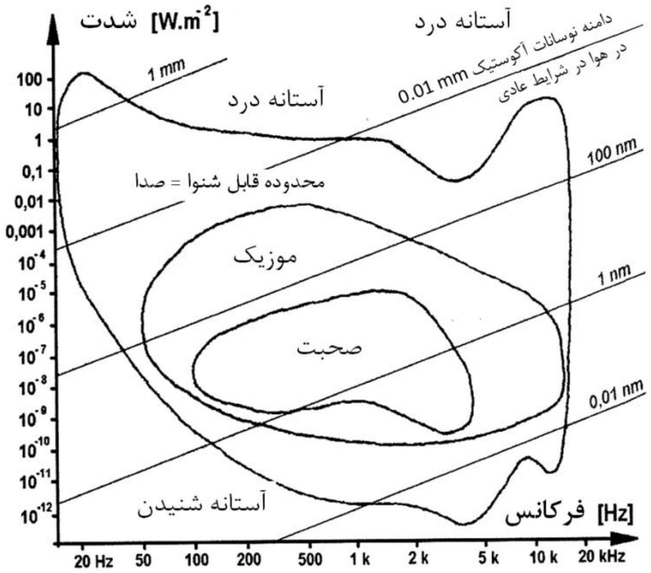
1.1.1 تعریف فیزیولوژیکی صوت

در انسان، ساحهء شنوایی با محدوده فریکونسی های قابل شنیدن تقریبا از 16 تا 16000 هرتز (Hz) تعیین شده است که این حالت جوابده طیف وسیعی از شدت صوت در محدود ذیل می‌باشد:

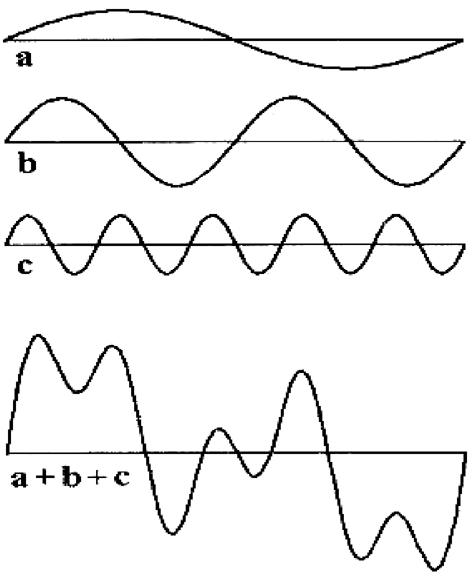
آستانه شنوآیی $I_o = 10^{-12}\ W/m^2$ .... $p_o = 2.10^{-5}$ Pa

آستانه درد $I = 10\ W/m^2$ .... $p = 60$ Pa

البته این رقم، درفریکونسی های مختلف، متفاوت می‌باشد.



شکل5. محدوده قابل شنیدن صوت در وابستگی به فریکونسی



شکل6. پرنسیپ شمارش تموج

محدوده قابل شنیدن فریکونسی ها و شدت ارتعاش مخانیکی مقید در آستانه قابلیت شنوایی و در آستانه درد، زمانی می-باشد که اگر هوا $\rho = 1,29\ kg/m^3$ و سرعت $c = 340\ m/sec$ باشد.

وبر- قانون سایکوفیزیک فخنر (Weber - Fechner's law of psychophysics)

شدت احساس و یا درک متناسب با محرک لگاریتم می‌باشد. در افزایش شدت آکوستیکی، حالتی رخ می‌دهد که در آن ارگان شنوایی (گوش) انسان به طور فزاینده توانایی درک در ارزش کامل شنیدن صوت را از دست می‌دهد و بیشتر شدن شدت آکوستیک را دیگر هیچ احساس نمی‌نماید.

جدول سطح شدت صوتی با واحد اندازه گیری دیسی بل (dB)

فشار آکوستیکی p با واحد اندازه گیری پاسکال (Pa)	شدت آکوستیکی I با واحد اندازه گیری (W/m^2)	سطح فشار آکوستیکی L با واحد اندازه گیری (dB)	مثال وقوع
تقریباً در حدود 60	تقریباً در حدود 10	تقریباً در حدود 130	آستانه درد
2	10^{-2}	100	دیسکوتیک
0,2	10^{-4}	80	سرک پر سر و صدا
0,02	10^{-6}	60	دفتر اداری
0,002	10^{-8}	40	اطاق نشیمن
0,0002	10^{-10}	20	اطاق خواب در شب
0,00002	10^{-12}	0	آستانه قابلیت استماع

جدول 1. نمونه های از محدوده شنوایی

L را می‌توان چنین محاسبه نمود:

$$L = 10.\log \frac{I}{I_{ref.}} = 10\log \frac{p^2}{p^2{}_{ref}} = 20\log \frac{p}{p_{ref}} \quad \text{(dB)} \quad (10)$$

$I_{ref.} = I_o = 10^{-12}$ W/m^2

$p_{ref.} = p_o = 2.10^{-5}$ Pa

این رابطه فقط زمانی قابل اعتبار می‌باشد که در سطحی که سیگنال های صوتی وارد می شود عمود بر جهت انتشار صوت باشد.

تعیین مجموع سطح صوت در نتیجه عملکرد همزمان منابع مختلف:

در حقیقت سطح های مختلف چون:

- سطح قدرت صوت L
- سطح فشار صوت L
- سطح شدت صوت، سر و صدا L (طرز بیان نمودن مهم نمی‌باشد) $L = L = L =$

مجموع سطح صوت ، که به صورت حاصل جمع انرژی محاسبه می‌شود:

$$L = 10\log(\frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + ...+ \frac{I_n}{I_0}) \quad \text{(dB)} \quad (11)$$

$$L = 10\log(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + ...10^{\frac{L_n}{10}}) \quad \text{(dB)} \quad (12)$$

اینرا بنام حاصل جمع انرژی سطوح یاد می‌نمایند.

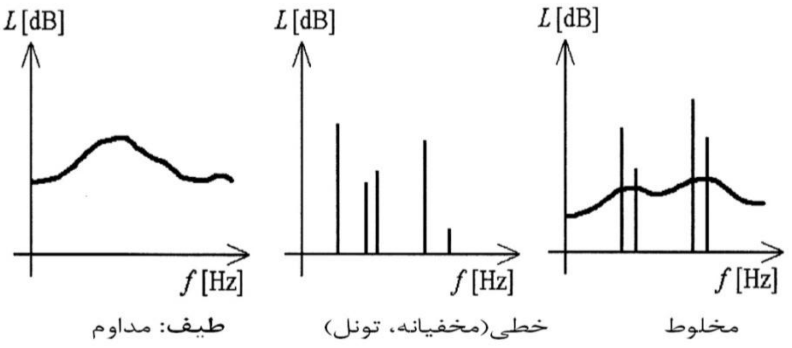
1.1.2 فریکونسی – اصلاح وزن دستگاه سنجش صوت

دومین خواص بسیار مهم صوت، ترکیب فریکونسی آن می‌باشد. فریکونسی تعداد تغییرات دوره ای در فشار آکوستیک در یک ثانیه می‌باشد. به لحاظ ذاتی، آن را می‌توان به عنوان ارتفاع تون درک نمود. صوت تون (tone sound) فقط دارای یک فریکونسی می‌باشد که در آن جریان قیمت فشار آکوستیک در یک زمان، هارمونیک می باشد، به عنوان مثال، شکلموج سینوس را دارا می‌باشد. اعظمی قیمت فشار آکوستیک A در جریان هارمونیک، دامنه (amplitude) می‌باشد. پارامتر ثانویه وابستگی هارمونیک فشار آکوستیک در یک زمان، طول موج بوده که مرتبط با فریکونسی می‌باشد.

تصور خوب از ماهیت صوت با توجه به موجودیت فریکونسی های مختلف، طیف های صوتی (acoustic spectrum) آنرا ارائه می‌نماید. طیف آکوستیکی عبارت است از مجموع قیمت های تعقیب شده پارامتر های آکوستیکی است که در وابستگی به فریکونسی ارایه می‌گردد. اغلب در قالب یک گراف و یا جدول ارائه می‌شود.

f (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
K_A (dB)	-56,7	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	+1,2	+1,0	-1,1	-6,6

جدول 2. فریکونسی و قیمت های اصلاح شده فیلتر وزن دستگاۀ سنجش صوت



شکل7. انواع طیفی چرخش صوت (types of spectral sound rotation)

به هدف نظارت از ترکیب فریکونسی صوت، محدوده فریکونسی شنوایی را می‌توان به 11 دسته به اصطلاح اکتاو تقسیم کرد که هر کدام با فریکونسی متوسط آن مشخص می‌شوند. اکتاو فاصله(محدوده) بین دو فریکونسی می‌باشد، از آن جایکه دومی دو چند اولی می‌باشد.

قیمت های متوسط - دسته اکتاو در جدول های آینده نشان داده خواهد شد. قیمت سطح فشار آکوستیکی در دسته اکتاو L_{okt} با واحد اندازه گیری (dB) عبارت از مجموع انرژی سطوح فشار آکوستیک صوت تمام فریکونسی های می‌باشد که به همان دسته وارد می شود . این قیمت ها به خواص صوت در فریکونسی مرکزی مربوطه نسبت داده می‌شود. با تجزیه و تحلیل اکتاوی، آکوستیک تخنیکی جایگزین یک تحلیل دقیق از فریکونسی ها می‌شود. در نتیجه، ما یازده جزء شبه تونال (pseudo-tonal) را به دست می‌آوریم که طول موج آن با فریکونسی اواسط اکتاو و قیمت دامنه L_{okt} تعیین می‌شود. طول موجی آن توسط فریکونسی متوسط اکتاو و دامنه *قیمت* L_{okt} تعیین می‌شود.
در محاسبات و اندازه گیری ها، تونها از یک طیف اکتاو از 125 تا 4000 هرتز (Hz) استفاده می‌شود.

از نظر اثرات نا مطلوب از منابع معمولی صوتی، دسته های دیگر از اهمیت کمتری برخوردار می‌باشند. صوت با فریکونسی پایین 16 تا 63 هرتز (Hz) توسط حس شنوایی با حساسیت نسبتاً پایین درک می‌شود. صوت با فریکونسی بالا 8000 تا 16000 هرتز (Hz) به طور کلی توسط محیط اطراف خود تقریبا به خوبی تضعیف می‌گردد. خطا ها اغلب در فریکونسی های متوسط 125 تا 4000 هرتز (Hz) رخ می‌دهد.

در تشریح صوت و تاثیر آن بر انسان، لازم است که با این واقعیت برخورد کنیم که صوت در فریکونسی های مختلف درگوش انسان با حساسیت های متفاوتی درک می‌گردد. آستانه شنوایی برای فریکونسی های مختلف متفاوت می باشد در هنگام درک صوت می‌تواند به ذات خود به کج شدن و انحنا مواجه شود. شنوایی انسان، درک و احساس آن نهایتا در حدود 1000 هرتز (Hz) بوده که اساساً با محتوای فریکونسی گفتار انسان مطابقت می‌داشته باشد. نزدیک شدن نسبتاً خوب به این خواص عضو شنوایی، بکار گیری فیلترهای وزنی بوده که مطابق با حساسیت شنوایی انسان، حساسیت صوت سنج را تنظیم می‌نماید. از بین فیلترهای طراحی شده اولیه، فیلتر وزن "A" مورد توجه قرار گرفت. صوت سنج سطح فشار آکوستیک را هم زمان در دسته های فریکونسی فردی اندازه گیری می‌نماید، به هر قیمت اندازه گیری شده، قیمت اصلاح شده فیلتر وزن K_A با واحد اندازه گیری dB اضافه می‌گردد. بعداً همین قیمت های اصلاح شده شمارش می‌گردد. در این حالت، تأثیر برخی از فریکونسی ها نادیده گرفته شده است و بعضی از دیگر آنها تقویت شده است. به این ترتیب پارامتر به نام L_A با واحد اندازه گیری (dB) بوجود می‌آید – سطح فشار آکوستیک A. در کتاب های قدیمی تر، ما می‌توانیم با انتصاب L_A [dB(A)] بر بخوریم. سطح فشار A نظر به رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

(13) (dB) $$L_A = 10\log\left[\sum_{i=1}^{n}\left(10^{0,1(L_i + K_{Ai})}\right)\right]$$

از آنجاییکه:

n - تعداد دسته فریکونسی ها می‌باشد.

1.1.3 معادل سطح سر و صدا

در صورتیکه سطح؛ نظر به زمان قیمت خود را تغییر می‌دهد، از لحاظ ذهنی به عنوان یک تغییر در حجم صوت و یا هم به اصطلاح قدرت صوت درک می‌شود. نظارت بر این تغییرات مربوط به تحلیل سطح می‌باشد. مقدار کمی از صوت ها می‌باشد که می‌توان آنرا به عنوان ثابت قلمداد کرد، این حالتی است که تغییر به حداکثر 5 دیسی بل (dB) می رسد. بیشتر محرک های ایجاد صوت، نا منظم و متغیر می‌باشند (به طور مثال، تغییرات بیشتر از 5 دیسی بل(dB)). یک گونه خاص، پالس صوت (impulsive - sound pulse) می‌باشد (افزایش سریع در سطح فشار صوت و کاهش بعدی در مدت زمان تا 0,2 ثانیه می باشد، از آنجا که فاصله بین هر یک از پالس ها بیشتر از 0,01 ثانیه می‌باشد) - به طور مثال ضربه چکش، تیراندازی، انفجار و غیره.

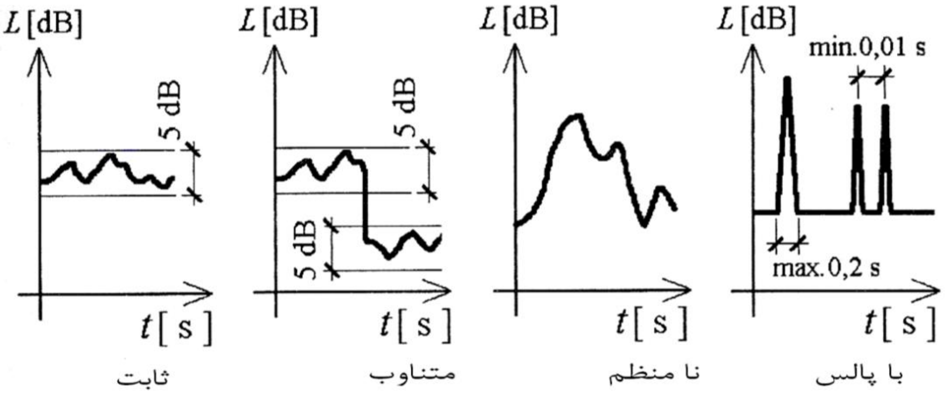
صوت :ثابت الی 5 dB

وقفه یی ± 5 dB

نامنظم

پالس حد اعظمی 0,2 ثانیه.

شکلذیل این نوع صوت (سروصدا) سیگنال ها - محرک ها را نشان می‌دهد.



شکل8. تغییر سطح سروصدا در زمان

در هنگام عملکرد سر و صدا بر سلامتی انسان، مقدار مجموعی انرژی آکوستیکی تاثیری تعیین کننده ای بر فردی که برای مدت طولانی در معرض آن قرار دارد می‌داشته باشد. بنابراین، سر و صدا متغیر نظر به پارامتر ارزیابی می‌شود که به عنوان.L_{Aeq} مشخص شده است و به نام **معادل سطح فشار آکوستیکی A** یاد می‌شود. واحد اندازه گیری آن دیسی بل (dB) می‌باشد.

سطح معادل فشار صوت A همواره برای یک فاصله زمانی معین (به طور مثال 8 ساعت زمان کاری یا 10 ساعت در شب و غیره) اعمال می‌شود و به عنوان ***سطح فشارآکوستیکی صوت تعریف می‌شود که در همان فاصله زمانی تعیین شده باید دارای محتوای انرژی برابر هم مانند همان سر و صدای متغیر زمانی و همچنین اثرات مضر پیش بینی شده بر روی سلامتی انسان باشد***. این به عنوان حد اوسط انرژیکی از سطوح فشار صوت و سطوحی که در طی همان محدوده زمانی رخ می دهند تعیین می‌شود:

$$L_{Aeq.} = 10\log\left[\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} t_i}.\sum_{i=1}^{n}\left(t_i.10^{0,1.L_{Ai}}\right)\right] \quad \text{(dB)} \quad (14)$$

از آنجاییکه:

n - تعداد انتروال های (intervals) جزئی در i فاصله طول، t_i زمان (با حد اقل قیمت)، زمانی که سطح L_{Ai} با واحد اندازه گیری (dB) عمل می‌نماید.

1.1.4 معادل سطح فشار آکوستیکی A

به عنوان یک سطح معادل(equivalent) فشار آکوستیکی A با واحد اندازه گیری دیسی بل (dB) برای بسیاری از محدودیت حفظ الصحه ای تعیین شده است. لازم به ذکر است که سطح معادل تعریف خیلی ساده با جریان و مدت زمان صوت (سر و صدا) در یک زمان معین می‌باشد. بنابراین، در جایی که ضرورت بررسی اثرات اختلال صوت در آنجا باشد، ما اغلب نه تنها سطح معادل فشار صوت A (dB) را ارزیابی می‌کنیم بلکه $L_{Amax.}$ (dB) را هم ارزیابی می‌نماییم.

این فیصدی سطح، بیانگر قیمت سطح فشار آکوستیک است که در X فیصدی از فاصله زمانی که در آن اندازه گیری انجام شده بود تجاوز کرده است. این چنین صوت سنج های که به طور اتومات قیمت ها را به $L_{Aeq.}$ (dB) تبدیل می‌نمایند آنرا به اصطلاح صوت سنج های ادغام کننده یاد می‌نمایند.

$L_{Amax.}$ (dB) حد اعظمی سطح صوت A می‌باشد که در همان فاصله زمانی معین بدست می‌آید.

به خصوص در هنگام اندازه گیری سروصوت، همچنین با پارامتر های دیگر مانند ذیل در تماس می‌شویم:

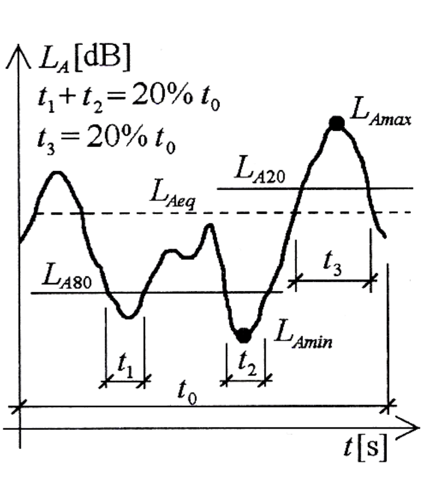
$L_{Amin.}$ (dB) حداقل سطح فشار صوت Aدر یک فاصله زمانی معین اندازه گیری شده می‌باشد. حالت وضعیت صوت را در یک زمانی مشخص می‌نماید که منبع اندازه گیری سرو صوت متغیر در حالت آرام بوده است.

فلهذا، این قیمت صوت (سر و صدا) در پس زمینه می‌باشد و برای تجزیه و تحلیل بیشتر سطح از آن استفاده می‌شود.

$L_{Ax.}$ (dB) - فیصدی سطح فشار آکوستیک A می‌باشد.

X - فیصدی از 1 الی 99 می‌باشد.

L_{A80} - به این معنی است که قیمت 80% از مجموعی وقوع سطوح، بالاتر از وقوع در بخش های زمانی $t_1 + t_2$ می‌باشد.



شکل9. تعیین وقوع سطح در بخش های زمانی

1.1.5 محدودیت های سروصدا

هسته مزاحمت صوت نه فقط به پارامترهای فیزیکی صوت ارتباط دارد، بلکه تحت تأثیر نگرش مردم نظر به همان صوت و منبع آن قرار می‌گیرد. استفاده کنندگان ساختمانها عموما تحمل ورود سر و صدای بیشتری را به داخل ساختمانها که از خارج وارد می‌گردند را در مقایسه با سر و صدا که در داخل ساختمانها ایجاد می‌شوند دارند. تحمل بیشتر سر و صدا عموما از منابعی می‌باشد که به طور کلی به عنوان غیر قابل کنترول تلقی می‌شوند، به ویژه از منابعی که شناسایی عامل اصلی آن یک عمل بسیار دشوار می‌باشد (به عنوان مثال حمل و نقل جاده ای). توسعه یک روش ارزیابی که در برگیرنده محتوای معلومات صوت که در عمل قابل استفاده باشد، تا کنون غیر ممکن به نظر می‌رسد.

در هنگام ارزیابی این موضوعات موارد ذیل در نظر گرفته می‌شود:

- روش های دیگر، رویکردهای دیگر برای ارزیابی سروصوت،
- محدودیت های سر و صداهای مختلف برای محیط های مختلف،
- زمان های مختلف عملکرد صوت،
- منابع مختلف سر و صدا،
- محدودیت های مختلف برای محیط های کاری،
- رویکرد های مختلف برای ارزیابی در محیط داخلی،
- رویکرد های مختلف برای ارزیابی در فضای باز.

تقسیم بندی دیگر بر اساس محدودیت های سطح سر و صدا. لازم است که سه قیمت اساسی محدودیت ها را به خاطر داشت:

- 85 dB
- 65 dB
- 35 dB

برای مثال، در هنگام ارزیابی محیط کار، مهم است که این حد را حفظ کرد:

85 dB

این قیمت نظر به محیط کار و طول زمان کار (شیفت کاری) اعمال می‌شود. اگر قیمت از این حد تجاوز می‌نماید، ما در مورد به اصطلاح خطر در محل کار و یا محل کار همراه با ریسک می‌توانیم صحبت نماییم. کارگران در چنین شرایطی باید به یک طرح خاصی که شامل چنین موارد می‌گردد مجهز شوند:

- استفاده اجباری از تجهیزات حفاظتی در برابر سر و صدا (دمپر یا خفه کننده)،
- استفاده از تجهیزاتی که بتواند قرار گرفتن در معرض سر و صدا را در حالت کار بطی و آهسته بسازد،
- حضور در معاینات طبی به طور منظم.

در معیار بعدی که سطح در چنین حالت باشد:

65 dB

ممکن است که ارتباط بین کارگران متوقف شود، به طور مثال، ارتباط های گفتاری که توسط فاصله ای که در بین کارگران به وجود می‌آید به خطر انداخته شود (در حالتی که تماس شکلی امکان پذیر نیست).

در محیط خارج کاری، یک قیمت بسیار مهم می‌باشد:

35 dB

به عنوان یک لیمت (محدودیت) که شرایط خواب شدن را مختل می‌نماید قلمداد می‌گردد.

بطور مثال در جهوری سلواکیا - قیمت لیمت اعظمی سر و صدا قابل مجاز برای حفاظت از سلامتی انسان در برابر اثرات سوء سر و صدا و ارتعاش در فرمان و مقرره دولتی تعیین شده است. این مقرره شامل جزئیات در قیمت های مجاز سر و صدا، اینفرا سوند (فرو مادون صوت) و ویبریشن (لرزه) در محیط زیست می‌باشد.

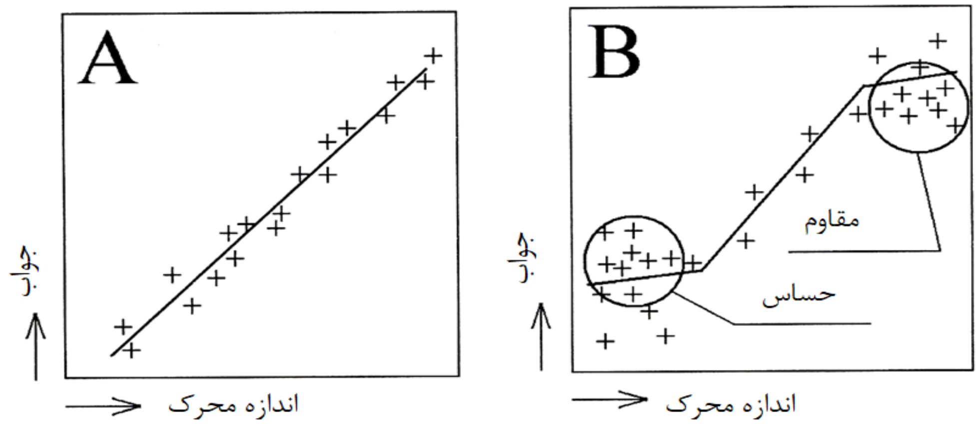
کتگوری منطقه ها	شرح منطقه حفاظت شده	فاصله زمانی مرجع	قیمت های مجاز [الف] (dB)				
			سر و صدای ترافیکی				سر و صدا از منابع دیگر
			حمل و نقل زمینی و آبی [ب]	حمل و نقل توسط ریل [چ]	حمل و نقل هوایی		
			$L_{Aeq,p}$ [چ]	$L_{Aeq,p}$	$L_{Aeq,p}$	$L_{ASmax,p}$	$L_{Aeq,p}$
I.	منطقه با محافظت ویژه در برابر سر و صدا (به عنوان مثال چشمه های آبگرم و درمانگاه ها)	روز	45	45	50	-	45
		شب	45	45	50	-	45
		شب	40	40	40	60	40
II.	محیط مقابل کلکین های اطاق های مسکونی، آپارتمانها و خانه ها، محیط مقابل کلکین های اطاق های محافظت شده ساختمانهای مکاتب، مراکز حفظ الصحه ای و دیگر ساختمانهای محافظت شده، د) منطقه تفریحی	روز	50	50	55	-	50
		شب	50	50	55	-	50
		شب	45	45	45	65	45
III.	مناطق همانند در کتگوری II و شاهراه (highway) های مجاور، جاده های درجه اول و دوم جاده های محلی با حمل و نقل عمومی، راه آهن و ساحهء های هوایی، مراکز شهر ها	روز	60	60	60	-	50
		شب	60	60	60	-	50
		شب	50	55	5	75	45
IV.	مناطق غیر مسکونی که فضای باز آن بدون محیط های محافظت شده می باشد، مناطق تولیدی، پارک های صنعتی	روز	70	70	70	-	70
		شب	70	70	70	-	70
		شب	70	70	70	95	70

جدول 3. فریکونسی و قیمت های اصلاح شده فیلتر وزن دستگاهٔ سنجش صوت

سر و صدا خاص	برای تعیین ارزیابی K L_R (dB)
سر و صدا به خصوص مزاحمت کننده، سر و صدای تونال(tonal noise)،سر و صدا پالس عادی	+5 [الف]
سر و صدا با پالس زیاد	+12 [الف]
سر و صدا با پالس انرژی بالا	نظر به [ب]
الف، اصلاحات برای یک فاصله زمانی در طول مدتی که سر و صدا خاص جریان دارد مدار اعتبار می‌باشد. ب، در ارزیابی سر و صدا با پالس انرژی بالا، نظر به ستندرد تخنیکی، به طور شایسته این ارزیابی دنبال می‌شود.	

جدول 4. اصلاح K برای تعیین ارزیابی قیمت های سروصوت در محیط زیست بیرونی

1.1.6 شخص متقبل – معنی لیمت ها (محدودیت ها)



شکل10. پاسخ به اندازه (قدرت) محرک

الف - غیرمعمول و نهادینه

ب - معمول

رابطه فی مابین شدت محرک و پاسخ

نوع عکس العمل الف: برای محرک آکوستیکی معمولی نمی‌باشد.

نوع واکنش ب: معمولی، هنگامی که با افراد مختلف در جمعیت مواجه می‌شویم، با حساسیت زیاد و حتی با بسیار مقاوم.

1.2 منبع صوت در محیط زنده گی کاری

به عنوان منابع، اشیاء یا بخشی از قطعات آن ظاهر می‌شوند، و یا هم بخش از محیط، که از آن انتشار امواجآکوستیکی به اطراف انتشار می‌یابد. خصوصیت آن در مجاورت منبع صوت تحت تأثیر اندازه منبع قرار می‌گیرد. منابع به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- نقطه ای - انتشار امواجبر روی سطوح موجی کره ای انتشار می‌یابد،
- خطی - انتشار امواجبر روی سطوح موجی استوانه ای انتشار می‌یابد،
- مسطحی - انتشار امواجدر سطوح موجی هموار انتشار می‌یابد.

تقسیم بندی دیگر منابع سروصوت چنین می‌باشد:

- منابع ثابت (صنعت، استیدیوم ها...)،
- غیر ثابت (حمل و نقل).

تا کنون، ما در مورد پارامتر های صحبت کردیم که صوت را در محل پذیرش آن مشخص می‌سازد، البته این ها پارامتر های نشر امواج آکوستیکی (acoustic emission) می باشد که قرار ذیل می‌باشد:

1. L (dB) سطح فشارصوتی (در نوارهای اکتاو نشان داده شده است)،
2. L_A (dB) سطح فشار آکوستیکی A،
3. L_{Aeq} (dB) معادل سطح فشار آکوستیکیA .

این پارامتر های نشر امواج آکوستیکی در هنگام ارزیابی تأثیرات آن بر صحت و سلامتی انسان و هم در هنگام ارزیابی حفاظت مردم در مقابل سر وصوت در اولویت می‌باشد. با این حال، اگر نیاز به پیش بینی بعضی از پارامتر ها توسط محاسبات باشد، لازم است که اطلاعات درباره منبع سروصوت وجود داشته باشد. این اطلاعات قرار ذیل می‌باشد:

- سطح توان آکوستیکی(dB) L_P ،
- ضریب جهت (-) Q.

توان یا قدرت آکوستیکی P با واحد اندازه گیری وات (W)، مقدار انرژی صوتی است که منبع در یک واحد زمانی به فضای اطراف خود انتشار می‌دهد.

P - توان آکوستیکی می‌باشد که در مقیاس لوگاریتمی بیان شده است و بنام سطح قدرت صوت L_Pنامیده می‌شود. گاهی اوقات بنام L_W هم یاد می‌شود.

$$L_P = L_W = 10.\log \frac{P}{P_{ref.}} \qquad \text{(dB)} \qquad (15)$$

از آنجاییکه:

P_{ref} - قیمت توان مرجع (reference) می‌باشد.

سطح توان آکوستیک از منابع مختلف ترجیحاً در دسته های اکتاو یا هم به صورت تک نمبر به شکل L_{PA} با اصلاح فیلتر وزن صوت سنج ارایه می‌شود. **معلومات** تک نمبر بیانگر از ترکیب فریکونسی از سر و صدا انتشار یافته نمی‌باشد و در نتیجه می‌تواند برای بسیاری از محاسبات آکوستیکی تونها به حیث یک راهنمایی عمومی مورد استفاده قرار گیرد.

عامل جهت (-) Q یک عدد بدون واحد می‌باشد که مشخص کننده جهت تشعشع صوت توسط منبع می‌باشد. قیمت آن تحت تأثیر سطوح بازتابنده که در نزدیکی منبع آکوستیکی می‌باشند قرار می‌گیرد و همچنان مربوط به این می‌شود که صوت تا چه اندازه در فضای همان محیط داخلی تشعشع می‌نماید.

- اغلب مواردی اتفاق می افتد که در آن:

- صوت به **نیمه ای از فضای محیط داخلی** تشعشع می نماید و از زمین اطراف ساختمان منعکس می‌گردد، در این حالت $Q = 2$ می‌باشد،
- صوت از از پی تهداب ساختمان تشعشع می نماید، در این حالت $Q = 4$ می‌باشد،
- صوت بدون ممانعت در تمام جهات تشعشع می نماید، در این حالت $Q = 1$ می‌باشد.

مثال: چگونه باید توان آکوستیکی تغیر بیابد تا سطح قدرت آکوستیکی به اندازه X دیسی بل (dB) افزایش یابد؟

$$L_{W2} - L_{W1} = X \quad \text{(dB)} \quad (16)$$

$$10.\log\frac{P_2}{P_0} - 10.\log\frac{P_1}{P_0} = X \quad (17)$$

$$10.\log\frac{P_2}{P_1} = X \quad (18)$$

$$P_2 = P_1.10^{0,1.X} \quad \text{(W)} \quad (19)$$

با نصب X = 1 و یا هم X = -1 در رابطه قبلی می‌توان نشان داد که تغییر با یک دسیبل نیاز به افزایش توان آکوستیکی P (W) به بیش از % 25 و یا هم کاهش توان آکوستیکی در حدود % 20 را در پی خواهد داشت.

بنابراین، تلاش برای تغییر وضعیت ناخوشایند از موجودیت سر و صدا از ماشین آلات با اصلاح آوردن در آن و یا جایگزین کردن آن با نوع دیگری، ناموفق تمام می‌شود. در صورت تغییر آوردن کلی در عناصر ماشین آلات و یا هم با تغیر آوردن در نظریه تکنولوژی، کاهش قابل توجه را می‌توان در آن به دست آورد. این بخاطری است که قدرت یا توان آکوستیکی متناسب با مساحت می‌باشد که در نتیجه ارتعاش (لرزش) سر و صدا را تشعشع می دهد ، همچنین می‌توان اندازه سطح که سر و صدا را تشعشع می‌دهد را محدود نمود.

1.2.1 شرایط عمومی برای پخش سر و صدا

مشکلکاهش سروصوت را می توان به سه گروپ تقسیم کرد:

1 - مشکلاتی که مربوط به منبع سر و صدا می‌گردد،

2 - مشکلاتی که مربوط به چگونگی راه های انتشار سر و صدا به شنونده می‌شود،

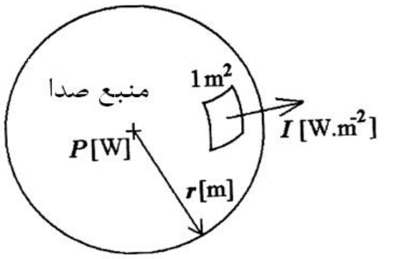
3 - مشکلاتی که به طور مستقیم به شنونده یا مرجع اخذ کننده بر می‌گردد (به طور مثال ، شیوه خاص درک او از سروصوت و بقاء آوردن او در وضعیت موجود بودن سروصوت).

مسیرهای انتشار سر و صدا برای دریافت راه حل های تخنیکی اهمیت زیادی دارند، زیرا در اینجا شدت انتشار سر و صدا بطور قابل توجهی می‌تواند تحت تاثیر قرار بگیرد.

سروصوت می تواند چنین انتشار یابد:

1. از منابع خارجی - حمل و نقل،
2. حمل و نقل هوایی،
3. مسیرهای فرعی خروج در حالت اضطرار،
4. ارتعاش، از حمل و نقل، تکنالوژی. تجهیزات،
5. منابع سر وصدا به طور مستقیم در اطاق (تلویزیون، رادیو، سخنرانی)،
6. سرو صدا ناشی قدم برداشتن،
7. سروصدا هوایی.

1.2.2 انتشار صوت در فضای آزاد

پخش سر و صدادر هوای آزاد: الف/ انعکاس نمودن ها ب/ شکسته شدن ها ج/ تضعیف نمودن ها د/ جذب نمودن ها سطح کره $S = 4.\pi.r^2$	از منبع نقطه ای، صوت از طریق حالت های موج کروی گسترش می‌یابد  **شکل11.** شدت صوت از منبع نقطه ای در فاصلهr (شعاع کره)

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4.\pi.r^2} \qquad (\text{W/m}^2) \qquad (20)$$

شدت صوت مقدار انرژی صوت می‌باشد که در سطح $1\ \text{m}^2$ گسترش می‌یابد، این منطقه عمود بر جهت انتشار امواج می‌باشد.

$$\frac{I}{10^{-12}} = \frac{P}{10^{-12}}.\frac{1}{4.\pi.r^2} \qquad (21)$$

$$10.\log\frac{I}{I_0} = 10.\log\frac{P}{P_0} + 10.\log\frac{1}{4.\pi.r^2} \qquad (22)$$

اگر عامل(ضریب) جهت $Q = 1$ باشد

$$L = L_P + 10.\log\frac{Q}{4.\pi.r^2} \qquad (\text{dB}) \qquad (23)$$

1.2.3 انتشار صوت در فضای باز پشت مانع

فیزیکدان فرانسوی بنام فرنسل، تئوری موج نور را توجیه کرد و به غیر از آن بر اساس پرنسیپ تداخل موجی هویگنس حرکت آنرا هم توضیح داد. قوانین مربوطه به صوت نیز اعمال می‌شود.

برای هر مانعی که در مسیر انتشار صوت باشد (آنهایی که ابعاد آن بیش از حد طول موج صوت انتشار یافته می‌باشد)، یک سایه صوت وجود می‌داشته باشد که در آن سطح فشار صوت کاهش می‌یابد، زیرا امواج صوت فقط در فضای پشت مانع تونها به شکل انحنایی می‌رسند.

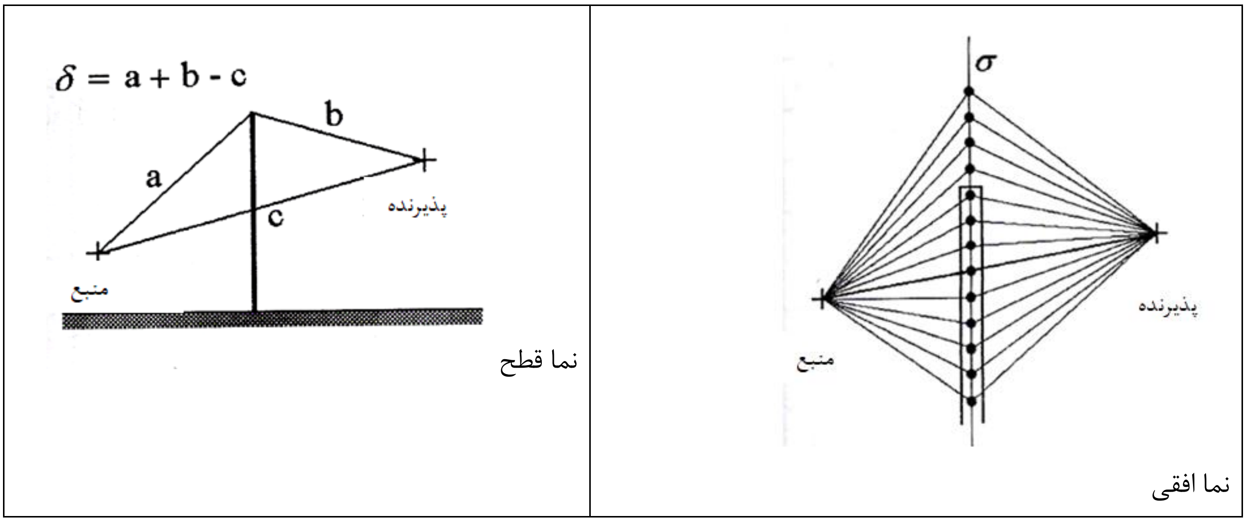
تضعیف D (dB) ارتباط به قیمت عدد فرنسل (-) N می‌داشته باشد

$$N = \frac{2.\delta}{\lambda} \qquad (24)$$

از آن جاییکه:

λ - طول موج صوت، δ - تفاوت مسیر می‌باشند، در حالی که بر اساس شکل12 چنین رابطه مدار اعتبار:

$$\delta = a + b - c \qquad (25)$$

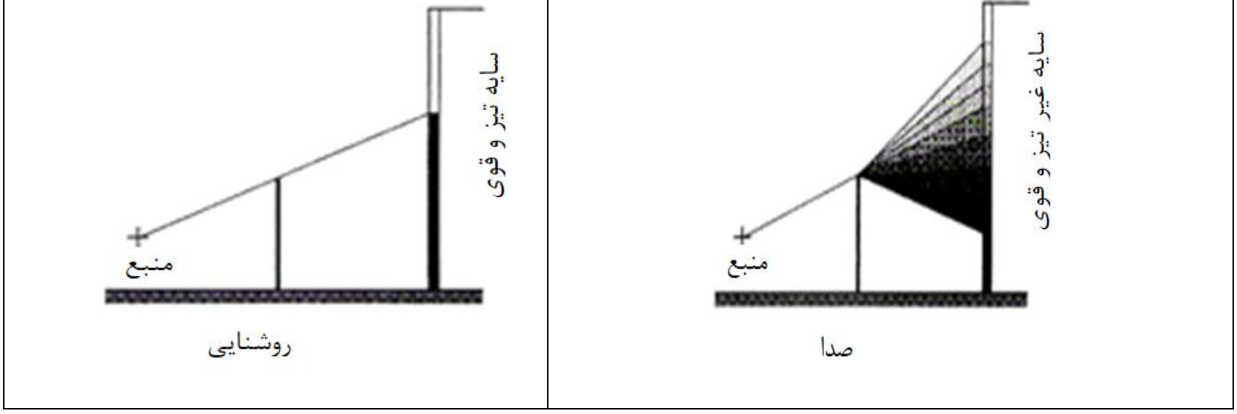


شکل12. سایه صوت

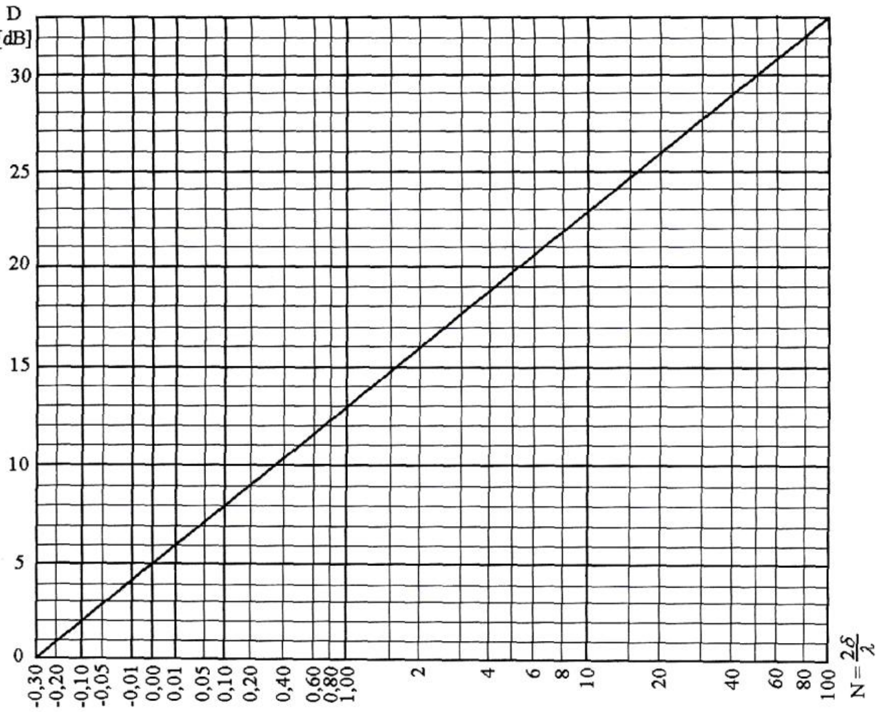
بیان تحلیلی وابستگی تضعیف صوت بر عدد فرنسل باید شامل موارد زیر نیز باشد:

- تاثیر شکلمانع،
- عرض نهایی آن،
- تاثیر زمین های اطراف،
- کیفیت زمین قبل و بعد از مانع،
- تاثیر انتیگرال فرنسل،
- و غیره

این یک پیشنهاد برای مانع ضد سر و صدا می‌باشد.
شکست صوت و نور متفاوت می‌باشد.



شکل13. سایه صوت



شکل14. وابستگی تضعیف ***D*** بر عدد فرنسل

رابطه فی ما بین قیمت عدد فرنسل *N* و تضعیف صوت *D* در هنگام انتشار از منبع نقطه ای از طریق مانع (نظر به Maekawy). محاسبه طبق روش مندرج در جدول 5 انجام می‌شود.

r.	*f* (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	∑
1	K_A (dB)	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	
2	L_W (dB)	قیمت های مشخص شده سطح *L*						
3	L_1 (dB)	*L* در محل پذیرش و در شرایط بدون مانع						
4	L_1+K_A	مجموع ردیف ها 1 و 3						
5	10^x	محاسبه سطح فشار صوت نظر به رابطه L_A						
6	L_{1A} (dB)	محاسبه سطح فشار صوت نظربه رابطه L_A						
7	*N*	قیمت های عدد فرنسل						
8	*D* (dB)	قیمت تضعیف بر اساس دیاگرام *N/D*						
9	$L_2=L_1-D$	*L* در محل پشت مانع مجموع ردیف های 1 و 9						
10	L_2+K_A	مجموع ردیف 1 و 9						
11	10^x	محاسبه میزان فشار صوت نظر به رابطه L_A						
12	L_{2A} (dB)	محاسبه میزان فشار صوت نظر به رابطه L_A						

جدول 5. محاسبه کاهش صوت در پشت مانع

1.2.4 انتشارصوت در فضای محصور(بسته)

در یک فضای محصور (به عنوان مثال در اطاق) انعکاس انرژی آکوستیکی از دیوار، سقف و کف به شکل برگشت به سمت منبع رخ می‌دهد. این امر باعث افزایش سطح صوت نسبت به شرایطی که می‌توانست در فضای آزاد به وجود بی آید می‌گردد. در اینجا جذب صوت از طریق سطوح نقش مهم را ایفا می‌نماید.

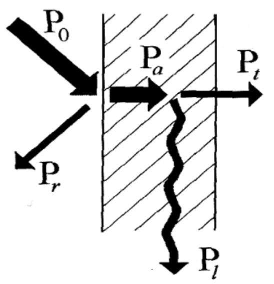
$$P = P_\tau + P_\alpha + P_\rho \quad (100\ \%) \quad (26)$$

ضریب انتشار صوت (-) $\tau = \frac{P_\tau}{P}$

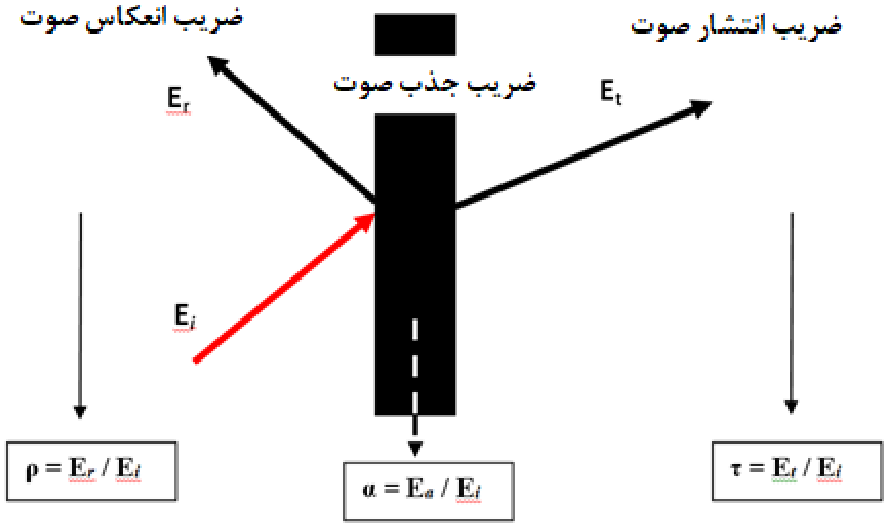
ضریب جذب صوت (-) $\alpha = \frac{P_\alpha}{P}$

ضریب انعکاس صوت (-) $\rho = \frac{P_\rho}{P}$

$\alpha + \tau + \rho = 1$



شکل15. انتشار صوت از طریق یک عناصر ساختماناتی



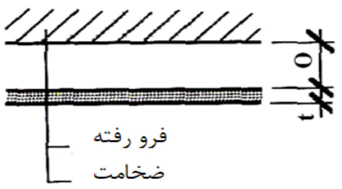
شکل16. ایزولشن در برابر جذب

جذب صوت - A (m^2) - جذب تمام محیط محصور منحیث مجموع جذب صوت هر یک از سطوح که همان فضای مذکور را ایجاد کرده اند.

$$A = \sum_{i=1}^{n} S_i . \alpha_i \quad (m^2) \quad (27)$$

جذب صوت - A_i (m^2) - جذب سطح چندین لایه عناصر ساختماناتی i توسط مجموع سطوح S_i و ضریب جذب مواد α_i که از آن لایه ها تشکیل شده اند تعیین می‌گردد:

$$A_i = S_i.\alpha_i \ \ (\text{m}^2)$$



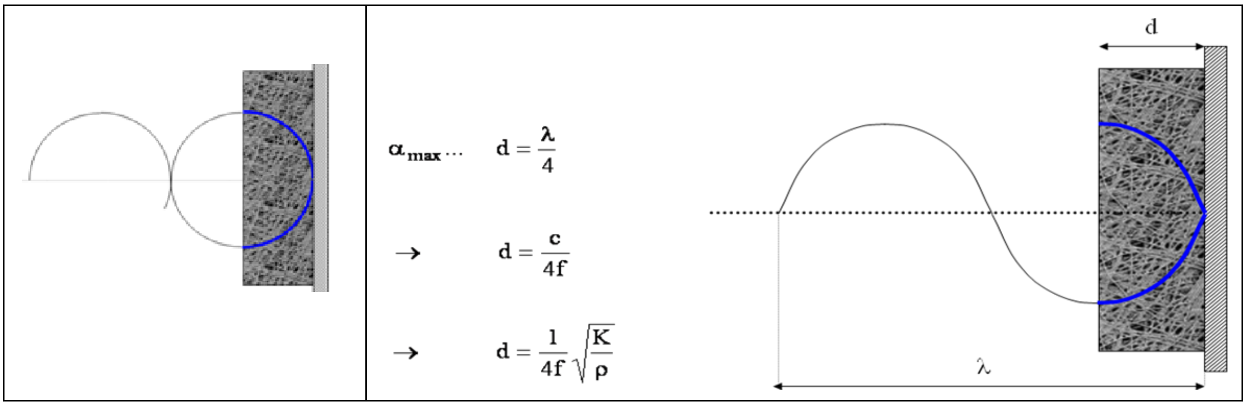
شکل17. جذب صوت A_i

از آنجائیکه قیمت های α وابسته به فریکونسی هستند، جذب A هم وابسته به فریکونسی بوده و باید در هریک از دسته های فریکونسی محاسبه شود.

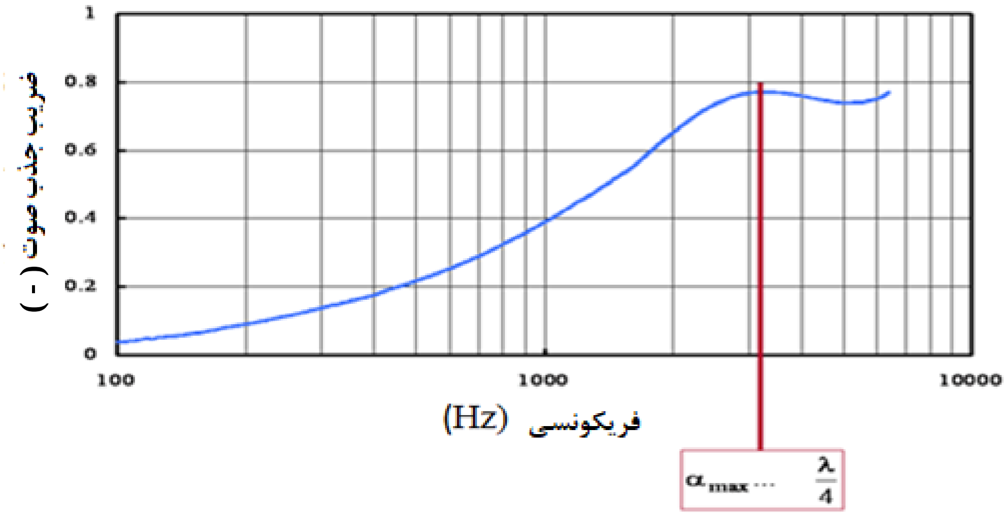
قیمت های ضریب جذب (-) α سطوح و عناصر های ساختمانی انتخاب شده را می‌توان در جدول 6. مشاهده کرد:

عناصر- مواد ضخامت / جابجایی	فریکونسی f (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
کانکریت متراکم	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05
کانکریت سبک	0,20	0,22	0,23	0,25	0,21	0,26
چوکی خالی روکش شده در صحن سالون /1 دانه	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30
چوکی اشغال شده روکش شده در صحن سالون /1 دانه	0,25	0,30	0,40	0,45	0,45	0,40
چوکی خالی چوبی در صحن سالون /1 دانه	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
تخته از بوره اره چوب (20/50 الی 150)	0,30	0,25	0,10	0,08	0,05	0,04
تخته از بوره اره چوب (بیرون بر آمده)	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
تخته فیبردار از چوب نرم	0,10	0,15	0,55	0,52	0,50	0,45
تخته از پلی استایرن فوم 18 الی 32	0,02	0,02	0,03	0,08	0,14	0,29
فرش بوکله (0/ 5)	0,08	0,10	0,10	0,21	0,43	0,78
فرش پشمی (0/ 10)	0,13	0,11	0,15	0,30	0,63	0,90
لینولیم (0 / -)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
دهنه کلکین شیشه ای	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04
پلاستر از خاک رس نقاشی شده (0/ -)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
پلاستر نقاشی شده با رنگ روغنی	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
تخته سه لایه یک ورقه (18/70)	0,27	0,08	0,11	0,09	0,09	0,20
تخته کاغذ گچ (100/ 9.5)	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03
تخته چوبی پارکیتی (0 / -)	0,03	0,04	0,06	0,12	0,10	0,17
سطح آب	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
دیوار خشتی بدون پلاستر(0 / -)	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07

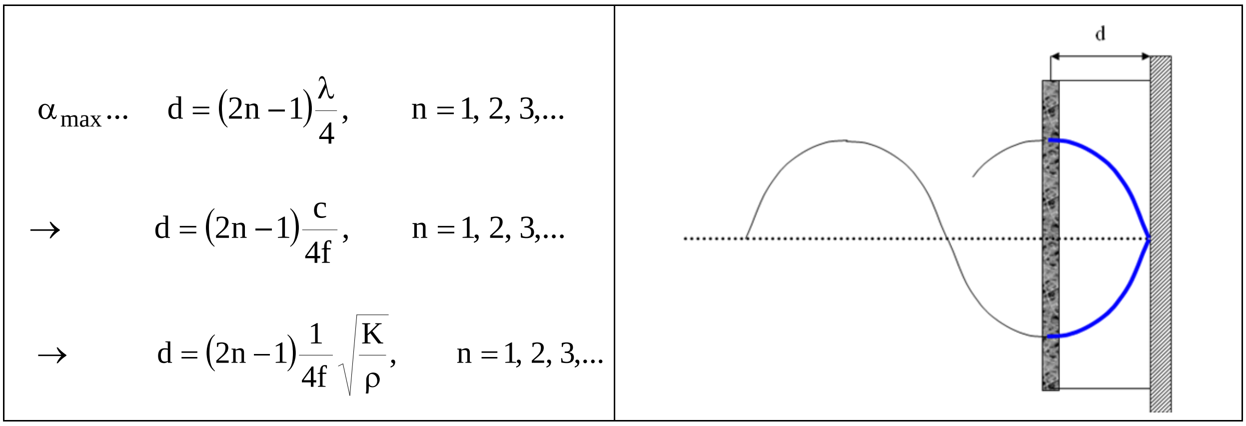
جدول 6. قیمت ضریب جذب سطوح انتخاب شده در وابستگی از فریکونسی



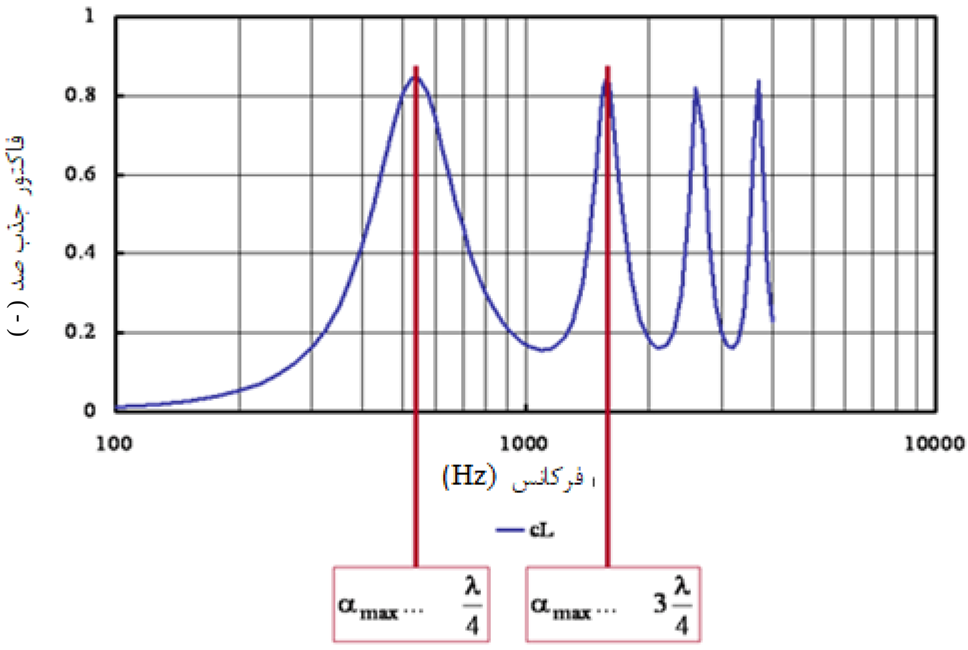
شکل18. پرنسیپ جذب صوت (مواد متخلخل)



شکل19. جریان فریکونسی α (مواد متخلخل)



شکل20. پرنسیپ جذب صوت (مواد متخلخل به دور از دیوار انعکاس دهنده)



شکل21. جریان فریکونسیي α (مواد متخلخل به دور از دیوار انعکاس دهنده)

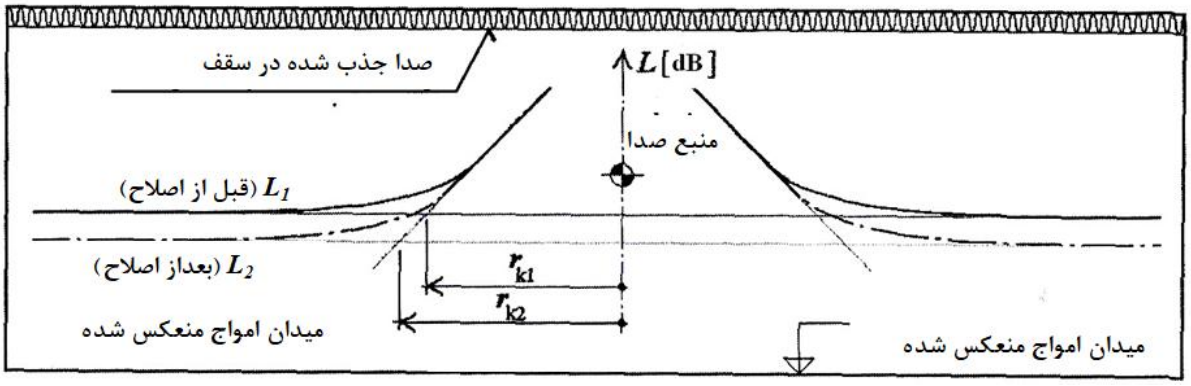
1.2.5 ساحهء های امواج مستقیم و منعکس شده، ساحهء صوت نفوذ پذیر

در مجاورت خیلی نزدیک به منبع، ساحهء امواج مستقیم وجود دارد. کاهش سطح فشار آکوستیکی همراه با فاصله در اینجا با قوانین مشابه ای که در فضای باز مدار اعتبار است بستگی دارد و شنونده قادر به شنیدن جهت صوت است که از کجا می‌آید. ساحهء امواج مستقیم با فاصله r_k (m) که بنام شعاع انعکاسی نامیده می‌شود، محدود می‌باشد. در مناطق دور افتاده فضای محصور، ساحهء امواج منعکس شده وجود دارد که تحت سلطه انتشار امواج آکوستیکی قرار می‌داشته باشد و پس از انعکاس های متعدد از سطوح احاطه کننده اطاق به محل مورد نظر می‌رسد.

قیمت سطح فشار صوت در ساحهء موج انعکاس یافته مستقل از منبع بوده و توسط جذب مجموعی صوت اطاق A (m^2) تعیین می‌شود. در ساحهء امواج منعکس شده، ماهیت انتشار ساحهء صوت پیش بینی می‌شود. این توسط سه شرایط تعیین می‌شود:

1. سطح فشار آکوستیکی در تمام مکان های ساحهء انتشار مشابه می‌باشد.
2. تراکم انرژی صوت ، مجموع تراکم انرژی تمام امواج صوتی بوده که هم زمان در همان محل از جهات مختلف وارد می‌شوند.
3. تمام جهت های افتادن صوت احتمالاً با هم مساوی می‌باشند.

مفهوم یا اندیشه یک **میدان(ساحهء) آکوستیکی نفوذ پذیر**، عبارت از یک مدل ساده از شرایط واقعی انتشار سریع سروصدا در فضاهای محصور می‌باشد. این ساده سازی به طور کلی زمینه انجام محاسبات نسبتاً دقیق را برای تعیین بار سروصوت بر ساختمان را امکان پذیر می‌سازد، اما برای نظارت بر کیفیت صوت در ادیتوریم (تئاتر)، سینما ها، سالون های تجمع افراد و غیره توضیحات بیشتر از جزییات ساحهء صوت ضروری پنداشته می‌شود. این موضوع را علم **آکوستیک فضایی** تحت مطالعه قرار می‌دهد.



شکل22. میدان(ساحهء) ساحهء امواج مستقیم و منعکس شده

سطح فشار آکوستیکی L (dB) در ساحهء موج منعکس شده می‌تواند توسط یک رابطه حاصل از خواص ساحهء آکوستیکی نفوذ پذیر تعیین شود و قانون حفاظت از انرژی در آن مراعات گردد. این به بدین معنی است که قدرت آکوستیکی تشعشع شده توسط منبع باید توسط مجموع سطوح احاطه شده اطاق جذب شود. پس از روشن کردن منبع صوت ، سطح فشار آکوستیکی در یک سطح تثبیت شده باقی می‌ماند که حالت تعادل بین توان آکوستیکی تشعشع یافته و جذب شده را تضمین می‌کند. نتیجه بدست آمده قرار ذیل می‌باشد:

$$L = L_P + 10.\log\frac{4.(1-\overline{\alpha})}{A} \qquad \text{(dB)} \qquad (28)$$

از آنجاییکه:

L_P - سطح توان آکوستیکی نیز می‌تواند به عنوان L_W نامیده شود.

$\overline{\alpha}$ - ضریب متوسط جذب صوت، که منحیث قیمت متوسط تمام سطوح داخل اطاق تعیین می‌شود (29).

$$\overline{\alpha} = \frac{S_1.\alpha_1 + S_2.\alpha_2 + S_3.\alpha_3 + ... + S_n.\alpha_n}{S_1 + S_2 + S_3 + ..S_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i.\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i} = \frac{A}{\sum S} \qquad (29)$$

از آنجاییکه:

S_i - سطوح i با ضریب جذب صوت (-) α_i

n - تعداد هر یک از سطح ها در اطاق: هر یک از سطوح می‌تواند سقف، دیوار، کلکین، دروازه، فرش و غیره باشد.

سطح فشار صوت را همان زمان در ساحهء امواج مستقیم و منعکس شده توسط رابطه ذیل مشخص می‌شود:

$$L = L_P + 10.\log\left[\frac{Q}{4.\pi.r^2} + \frac{4.(1-\overline{\alpha})}{A}\right] \qquad \text{(dB)} \qquad (30)$$

اگر از رابطه $\frac{4.(1-\bar{\alpha})}{A} = \frac{Q}{4.\pi.r^2}$ r حذف می‌گردد، رابطه برای محاسبه شعاع صوت انعکاس یافته r_k به دست می‌آید:

$$r_k = \sqrt{\frac{A.Q}{16.\pi.(1-\bar{\alpha})}} \qquad (31)$$

محاسبه در جدولی انجام می‌شود که در آن ردیف های فردی عبارت اند از:

1 - محاسبه جذب در سطوح پلاستر شده،

2 - محاسبه جذب سطوح فرش شده،

3 - محاسبه جذب برای سطوح کلکین و دروازه،

4 - جذب مجموعی سطوح A ، این عبارت از مجموع ردیف های 1 تا 3 می‌باشد،

5 - ضریب متوسط جذب بر اساس فورمول:

$$\bar{\alpha} = \frac{S_1.\alpha_1 + S_2.\alpha_2 + S_3.\alpha_3 + \ldots + S_n.\alpha_n}{S_1 + S_2 + S_3 + ..S_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i.\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i} = \frac{A}{\sum S} \qquad (32)$$

6 - محاسبه شعاع صوتی انعکاس یافته نظر به رابطه ذیل محاسبه می‌گردد:

$$r_k = \sqrt{\frac{A.Q}{16.\pi.(1-\bar{\alpha})}} \qquad (33)$$

7 - قیمت های تعیین شده سطح توان صوت (اندازه گیری شده در دسته اکتاوی)،

8 - سطح فشار آکوستیکی در ساحهء موج منعکس شده با نظر به رابطه ذیل محاسبه می‌شود،

$$L = L_P + 10.\log \frac{4.(1-\bar{\alpha})}{A} \qquad \text{(dB)} \qquad (34)$$

9 - قیمت اصلاح وزن "A" صوت سنج،

10 - مجموع ردیف 8 و 9،

11 - ...،

12 - ...،

13 - محاسبه سطح فشار آکوستیکی A نظر به رابطه ذیل:

$$L_A = 10\log\left[\sum_{i=1}^{n}\left(10^{0,1(L_i + K_{Ai})}\right)\right] \qquad \text{(dB)} \qquad (35)$$

1.2.6 عناصر ها برای جذب صوت

ضریب جذب صوت α در کتلاگ محصولات ذکر شده است. برای برخی از مواد، قیمت ها آنها قبلاً در جدول ها نشان داده شده است. جذب کننده های هدفمند، عبارت از عناصرهای می‌باشد که به شکل پوشش های روکش شده ضریب جذب سقف، دیوارها و یا هم مجموع اطاق را افزایش می‌دهد، این امر نه تنها موجب کاهش سطح فشار آکوستیکی در ساحهٔ موج های منعکس شده می‌شود، بلکه باعث به وجود آمدن تغییرات مهم دیگر در خواص صوتی اطاق می‌گردد.

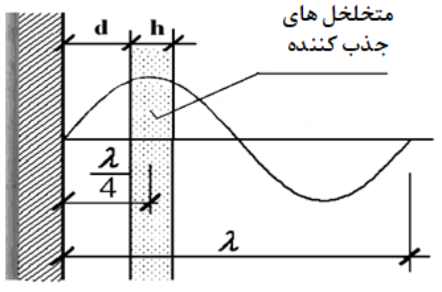
با توجه به تنظیم نمودن از لحاظ عناصری، می‌توان جذب هدفمند را چنین تقسیم نماییم:

- جذب متخلخل،
- غشاء های نوسان دار و تخته ها (oscillating the membrane and the plates)،
- تشدید کننده های حفره ای (cavity resonators)،
- جذب کننده های ترکیبی.

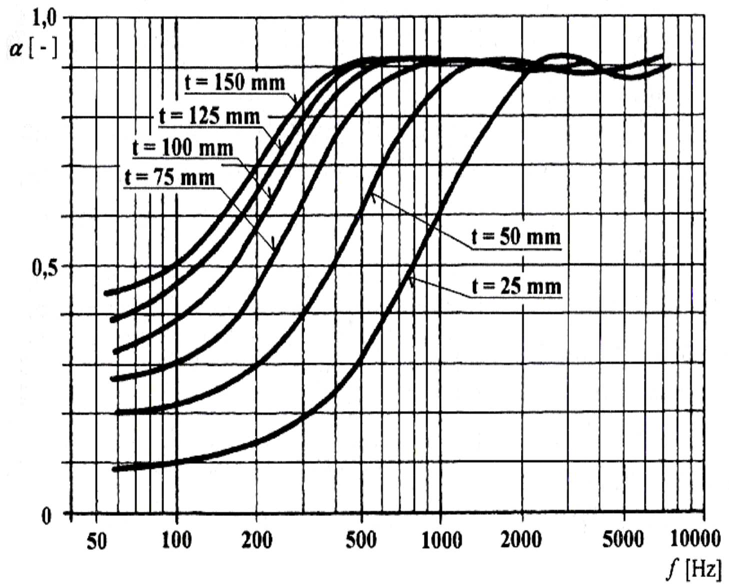
1.2.6.1 متخلخل های جذب کننده

اینها موادی با تخلخل بالا می‌باشند که اسکلت آنها از الیاف یا فوم سخت تشکیل شده است. منافذ باید فی مابین هم پیوند داشته باشد و به شکل باز در فضای آزاد قرار داشته باشند. بطور خاص از مواد چون بوریا بافی و یا هم عمدتاً از تخته های مواد معدنی و یا الیاف ارگانیک استفاده صورت می‌گیرد. مواد فوم پولی استرین (پالسترین) بخاطر بسته بودن منافذ آنها برای این منظور مناسب نمی‌باشند. همچنان روکش سطح منافذ نیز نباید با مواد نا مطبوع مانند رنگ روغنی مهر و موم شود. بر عکس، متخلخل هایکه از مواد تکه ای تشکیل شده اند می‌توان آنها را با جال ها و یا هم تخته هایکه دارای سوراخ ها می-باشند، مهر و موم نمود (آهن چادر سوراخ دار، تخته سوراخ دار وغیره). فیصدی سطوح سوراخ دار ها باید 25% و یا هم بیشتر باشد.

متخلخل های جذب کننده زمانی مؤثرتر می‌باشند که آنها در فاصله حداقل یک چهارم طول موج (λ . 1/4) از سطح سخت سقف یا دیوار قرار داشته باشند. این جذب کننده ها عمدتاً در فریکونسی های بالا جذب می شوند که طول موج آن کوچک می‌باشد. خواص جذب کننده پوشش های متخلخل را می‌توان توسط ضخامت آن h (m) و یا هم توسط ایجاد فاصله d (m) با تخته هایکه از مواد متخلخل تشکیل شده اند از سطح پوشش های که در سقف و یا هم در دیوار قرار دارد کنترول و تنظیم نمود.



شکل23. نمونه ای از ترکیب عناصر های متخلخل جذب کننده



در شکل دیاگرام طیفی، قیمت های ضریب جذب صوت برای تخته های هموار از الیاف معدنی با ضخامت های مختلف شان نشان داده شده است.

شکل24. دیاگرام طیفی قیمت های ضریب جذب صوت

1.2.6.2 غشاء و تخته های ارتعاشی

پرده های نازک غشاء ارتعاشی یک ورقه نازک یا فویل(foil) می‌باشد که به یک میله چهار خانه ای چوبی یا فلزی وصل شده است که ضخامت فاصله هوا بین سطح ثابت و غشاء را تعیین می‌کند d (m) . برای تولید غشا به طور مثال از چرم یا نوکور، فویل پلی اتیلن و دیگر فویل ها استفاده صورت می‌گیرد. چنین عناصر ها صوت را در یک دسته نسبتا باریک جذب می-نمایند، بطور عموم فریکونسی های پایین در اطراف به اصطلاح فریکونسی طنین f_r (Hz) ، که به طور خاص تحت تاثیر وزن سطحی غشا m' (kg/m^2) و ضخامت شکاف هوا d (m) قرار دارند.

فریکونسی طنین به انعکاس عناصر مذکور 176 Hz می‌باشد. در مجاورت این فریکونسی، عناصر با اثرات خیلی بالا می-تواند جذب نماید. خواص مفید غشاء های ارتعاشی، سطح صاف و هموار آنها می‌باشد. اگر غشاء در مقابل تخریب ضعیف می-باشد، همانند جذب کننده های متخلخل با جال که چهار خانه های شان از هم فاصله بیشتر می داشته باشند پوشش داده می-شود. با این حال، پوشش نباید ارتعاش آن را مختل کند. با قرار دادن جذب کننده متخلخل به داخل لایه هوا بین غشاء و یک سطح ثابت و هموار، می‌توان همزمان با پایین آوردن بیشترین قیمت در محل فریکونسی رزونانس، عرض دسته فریکونسی جذب را افزایش داد. حتی این جذب کننده قرار گرفته نباید از ارتعاش غشاء جلوگیری نماید. با افزایش وزن سطحی غشاء و ضخامت لایه هوا، فریکونسی رزونانس کاهش می‌یابد. وزن سطحی را می‌توان با استفاده از تخته سخت ارتعاشی مانند تخته بورهٔ اره افزایش داد. در این حالت، تخته باید به طور خیلی نرم به بستر متصل شود، به عنوان مثال، با چسباندن به نوار نمدی، با استفاده از اتصال به فوم رابری و یا با چسباندن به کمربند چرم مصنوعی. همه این نصب نمودن ها باید طوری باشند که توانایی آنرا داشته باشد که پس از پخش و یا وارد شدن موج صوت بتواند به طور کامل ارتعاش نماید. اتصال تخته به میله چهار خانه ای باید همانند غشاء مهر و موم شده (بدون نفوذ پذیری هوا) باشد. مزیت غشاء و تخته های ارتعاشی، امکان توانایی جذب صوت در فریکونسی پایین می‌باشد. به همین خاطر است که این عناصر ها به شکل مناسب جذب کننده های متخلخل را که بر عکس در مقابل فریکونسی های بالاتر کارآمدتر هستند تکمیل می‌نمایند.

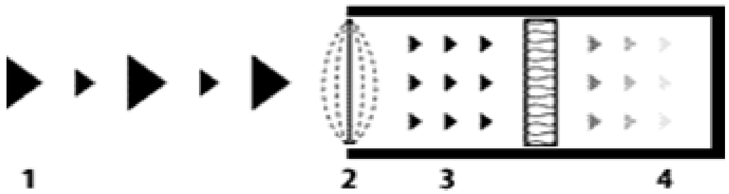
1.2.6.3 تشدید کننده های حفره ای (cavity resonators)،

جذب صوت از طریق رزوناتورهای حفره بر اساس اصل رزونانس می‌باشد. برای آنها عنصر ارتعاشی، ذرات هوا در دهانه که حفره هوا را با محیط خارجی وصل می‌نماید می‌باشد.

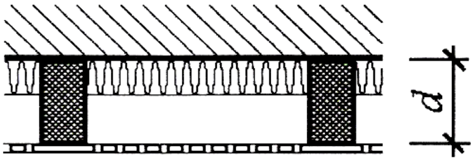
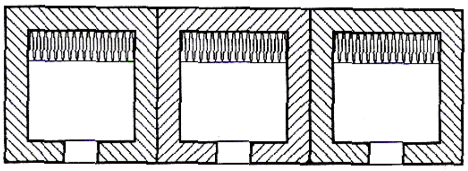
فریکونسی رزونانس توسط ابعاد حفره هوا و همچنین ابعاد و شکلدهانه اتصال کننده تعیین می‌شود. همانند انواع قبلی، دسته جذب شدن را باید با قرار دادن مواد متخلخل در حفره گسترش داد.

رزوناتورهای متخلخل را مردم در دوران باستان مورد استفاده قرار می‌دادند، نصب آمفورهای که در دیوارهای معابد باستانی و یا هم در آمفی تیاتر ها وجود دارد بیانگر این واقعیت می‌باشد. امروز به اصطلاح از تشدید کننده های حفره ای بلوک یی که در آن سیستم تشدید کننده توسط یک بلوک خاص یا عنصر سرامیکی ایجاد شده است استفاده صورت می‌گیرد. تخته های سوراخدار که در آن فریکونسی رزونانس را می‌توان با انتخاب اندازه و تراکم دهانه و همچنین ضخامت (m) d کنترول نمود، زمانی میسر می‌شود که تخته سوراخ شده را از بستر جامد نصب نماییم.

بر خلاف تخته های ارتعاشی، تخته های سوراخ دار به میله چهار خانه ای وزن بردار به شکل محکم متصل می‌شوند. برای ساخت پوشش های که به شکل تخته سوراخ دار می‌باشند، از تخته های چوبی فشرده، ورق های فولادی یا المونیمی و یا هم از تخته های گچ کاغذ و دیگر تخته های ساختمانی استفاده صورت می‌گیرد.



شکل25. عناصر که بر اساس پرنسیپ رزونانس تهیه شده است

	
نوع رزوناتور از تخته سوراخدار	رزوناتورهای بلوک ای

شکل26. انواع رزوناتورها

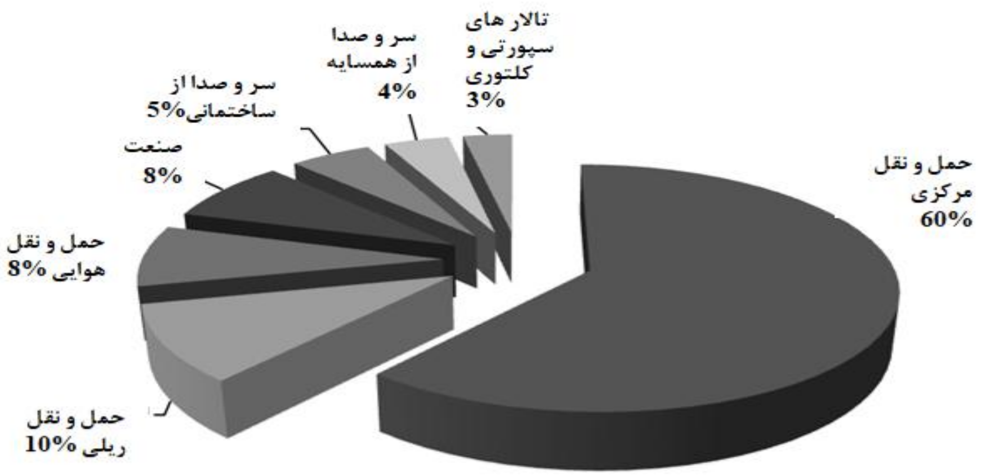
1.2.6.4 جذب کننده های ترکیبی

جذب کننده های ترکیبی سیستم های متعدد تشدید کننده می‌باشد. آنها از چندین عنصر تشدید کننده که پشت سر هم قرار دارند تشکیل شده اند. اجسام آکوستیکی هم می‌توانند جز اینها باشند، اینها عناصر فضایی می‌باشند که عمدتا از مواد متخلخل تولید می‌شوند و با جال فلزی و یا هم از تکه باب پوشیده شده اند. نما های شان به شکل اجسام هندسی ساده می‌باشد. این اشیاء زیر سقف آویزان هستند. جذب کننده های ترکیبی بهترین موثریت را ارایه می‌نمایند و دارای بالاترین مقدار عامل جذب (-) α در طیف وسیعی از فریکونسی می‌باشد.

1.3 اصول آکوستیک شهری

آکوستیک شهری پدیده های بیرونی را از نظر حفاظت از مناطق تعیین شده (به ویژه در اطراف ساختمانها) در مقابل سروصدا مورد بررسی و تحت مطالعه قرار می‌دهد. خواص آکوستیکی منابع خارجی صوت و محیط خارجی را بررسی می‌نماید و در عین حال تأثیر عناصرهای ساختمان و ساختمان های اطراف، نوع اصلاح کاری سطح زمین اطراف بیرون ساختمان و تاثیرات جوی را در نظر می‌گیرد.

هدف از آکوستیک شهری ایجاد یک حالت آکوستیکی قابل قبول در فضای خارجی می‌باشد. منبع سر و صدا در فضای خارجی از لحاظ تعداد شکایات از موجودیت سر و صدا قرار ذیل می‌باشد:



شکل27. نمایش گرافیکی منابع خارجی سر و صدا

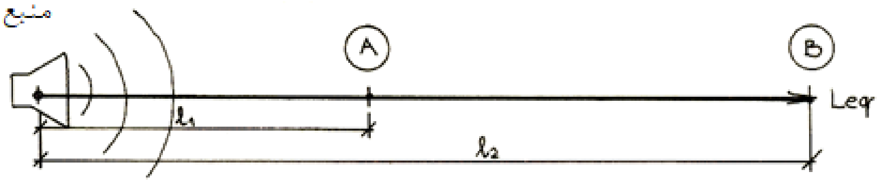
از بسیاری یافته های آماری که در گذشته بدست آمده است، مشخص می‌گردد که منبع اصلی سر و صدا از لحاظ سهم آنها که مردم را در معرض سر و صدا قرار می‌دهند، حمل و نقل زمینی در جاده ها می‌باشد. واقعیت امر است که در مقایسه با منابع غیر متحرک، تحمل مردم در مقابل سر و صدای ترافیکی بیشتر می‌باشد. این به خاطر این واقعیت می‌باشد که سر و صدای ترافیکی به طور قابل توجهی قیمت های بالاتر را داشته و از لحاظ جغرافیایی گسترده تر می‌باشد. در نتیجه تحرک منابع، سر و صدای حمل و نقل بهتر در عمق مناطق محافظت شده نفوذ پیدا می‌نماید. پیش بینی فشار سر و صدا A از حمل و نقل (به طور معمول در چشم انداز 10 سال پیشرو) توسط اداره حفظ الصحه در هنگام طراحی جاده های جدید و طراحی ساختمان های جدید، به ویژه برای ساختمان های مسکونی که در نزدیکی جاده ها قرار دارند مورد نیاز می‌باشد.

1.3.1 ارتباطات زمینی

جاده ای زمینی با ترافیک متراکم را می‌توان به عنوان منبع مستقیم سر و صدا شناخت. به عنوان معیار سطح قدرت آکوستیکی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، اما سطح معادل فشار آکوستیکی در فاصله 7,5 متر از محور خط سرک مفرط، جاده ای زمینی 1,5 متر بالاتر از سطح زمین نظر به این که جاده ای زمینی مستقیم و بی نهایت طولانی می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1.3.2 کاهش سطح سر و صدا به کمک ایجاد فاصله از منبع

شکل28. ساخت و ساز در فاصله کافی از حمل و نقل زمینی



شکل29. تعیین L_{eq} در محل A و در محل B

روش ساده محاسبه:

معادل سطح سر و صدا پایدار L_{eq} را نمی‌توان به طور مستقیم در منبع سر و صدا دریافت، اما در یک فاصله معین l_1 از منبع.می‌توان آنرا دریافت. در فاصله l_2، L_{eqB} نظر به شواهد زیر خواهد بود:

تضعیف سروصدا:

(36) (dB) $$\Delta L = L_{eqA} - L_{eqB}$$

(37) (dB) $$L_{eqB} = L_{eqA} - \Delta L$$

شدت سطح سر و صدا در محل A چنین محاسبه می‌گردد:

(38) (W/m²) $$I_A = \frac{P}{4.\pi.l_1^2}$$

شدت سطح سر و صدا در محل B چنین محاسبه می‌گردد:

(39) (W/m²) $$I_B = \frac{P}{4.\pi.l_2^2}$$

از آنجاییکه: P - توان منبع آکوستیکی وات (W) می‌باشد، در حالیکه $4.\pi.l_2^2$ a $4.\pi.l_1^2$ سطوح کره هایی هستند که منبع توان سروصدا در آن تجزیه می‌شوند.

(40) (dB) $$L_{eqB} = 10\log\frac{I_B}{I_0} = 10\log\frac{\frac{P}{4.\pi.l_2^2}}{I_0}$$

از آنجاییکه: I_0 - مرجع شدت صوت در آستانه شنوایی 10^{-12} W/m^2 می‌باشد.

(41) (dB) $$\Delta L = L_{eqA} - L_{eqB} = 20\log\frac{l_1}{l_2}$$

(42) (dB) $$L_{eqB} = L_{eqA} - 20\log\frac{l_1}{l_2}$$

1.3.3 گزینه های دیگر برای کاهش سر و صدای ترافیکی

نظر به تاثیر سر و صدای ترافیک در آکوستیک شهری، شرایطی رخ می‌دهد که نیاز به حل محاسباتی آن به وجود می‌آید:

الف. کاهش سطح سر و صدا به کمک ایجاد فاصله از منبع،

ب. تاثیر بخش نهایی جاده ای زمینی،

ج. تأثیر سپر به کمک ساخت و ساز پراگنده،

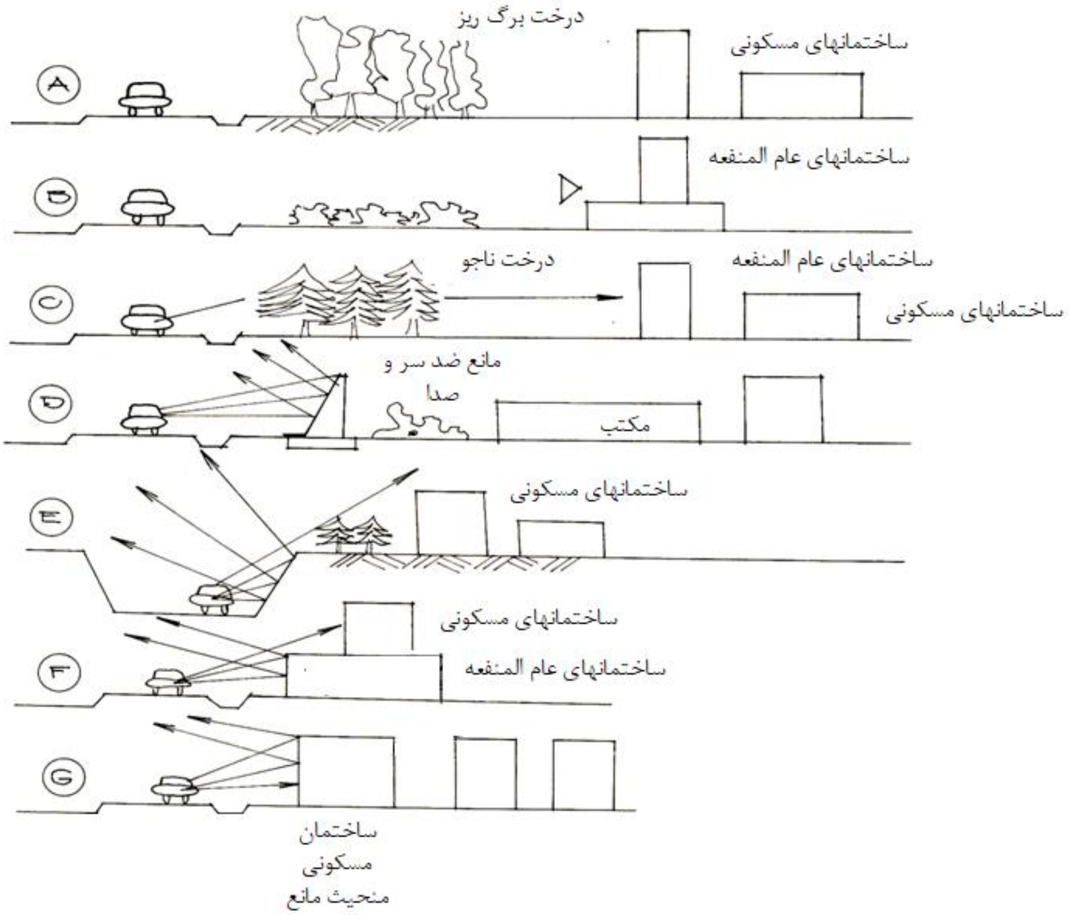
د. تأثیر سپر به کمک کشت در ختان،

ک. تأثیر سپر به کمک ساختمان های مجاور و مقابل،

ن .تأثیر سپر به کمک اعمار عناصر مانع مداوم.

1.3.4 اقدامات در برابر سر وصدا ترافیکی

مناسب خواهد بود، قواعدی که جز فصل پخش صوت در فضای باز بود آنرا به یاد بیاوریم، به اجرا در آوردن چنین اقداماتی را به نام اقدامات فعال یاد می‌نمایند، در حالیکه اقدامات که تنها در مکان های دریافت صوت به اجرا در می‌آید، آنرا به اصطلاح حفاظت منفعل یاد می‌نمایند، در این حالت از حفاظت در برابر سر و صدای خارجی عاجز می‌باشیم. با افزایش عایق آکوستیکی عناصر های بیرونی ساختمان، حداقل وضعیت سروصدا در سطح قناعت بخش در داخل ساختمان ها حفظ می‌گردد.



شکل30. روش های مختلف برای کاهش سروصدا در محیط بیرونی

از آنجاییکه این اقدامات تنها محیط داخل ساختمان را محافظت می‌کند، این اقدامات اضطراری نامیده می شود، اما اغلب و به خصوص در مناطقی که با شدت زیاد ترافیک و حمل و نقل مواجه می‌باشند، به اجرا در آوردن این اقدامات تنها ممکن و مناسب می‌باشد. در غیر این صورت، اولویت همیشه به اقدامات فعال داده می‌شود, این اقدامات را می‌توان چنین تقسیم بندی نمود:

- شهری،
- تخنیکی،
- ترافیکی - سازمان یافته،
- از طریق قانون گذاری.

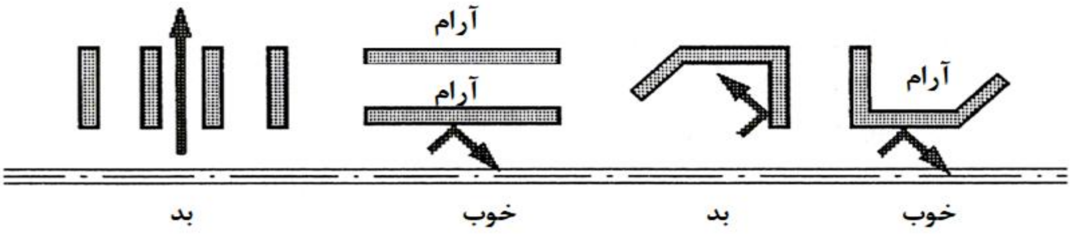
1.3.4.1 اقدامات شهری(اوربانیستی) علیه سر و صدا ترافیکی

تاکید اصلی بر بهتر سازی تقاضا ها در امور حمل و نقل و روابط آن در منطقه تعیین شده و محیط اطراف آن و همچنان در جابجایی مناسب هر یک از اجسام و مسیرهای حمل و نقل می‌باشد. این قلمرو و یا منطقه باید در تنظیمات عملیاتی در رابطه با حمل و نقل به طور جامع مورد بررسی قرارگیرد و راه حلی برای آن جستجو شود. به طور خاص، می‌توان اقدامات زیر را انجام داد:

- سیستم جاده زمینی از مناطق مسکونی و مراکز شهر ها باید بدور باشد، به ویژه ترانزیت و حمل و نقل بار های سنگین،
- شاهراه های اصلی و بزرگ راه هاییکه وسایل ترانسپورتی با تعداد بیشتر و با سرعت بالا در حرکت می‌باشند، قسمی مدیریت شوند که در خارج از مناطق مسکونی و مناطقی که نیاز به حفاظت ویژه دارند، قرار گیرند. ایجاد فاصله در حدود 400 متر از شاهراه های اصلی و بزرگ راه ها را می‌توان از جمله اقدامات امن سازی در این مورد به شمار آورد،
- تمرکز حمل و نقل به دهلیز های که در آن موانع سر و صدا می‌تواند اعمال شود (همراه با حمل و نقل ریلی)، ترافیک به مسیرهای متعدد نباید پراکنده شود،
- اولویت دادن برای حمل و نقل عمومی شهری نسبت به حمل و نقل انفرادی و یا هم با جدا نمودن حمل و نقل عمومی شهری از دیگر حمل و نقل ها و قرار دادن آن در مسیرهای جداگانه و یا هم در خطوط موتر رو دیگر. حمل و نقل عمومی شهری نیاز به داخل شدن در عمق مناطق مسکونی ندارد. پیاده رفتن در فاصله بین 400 - 500 متر از لحاظ تندرستی قابل قبول می‌باشد. به نظر نمی‌رسد که زمان صرف شده در قدم زدن در تناسب به زمان صرف شده در انتظار برای وسیله حمل و نقل آنقدر مهم باشد.
- ایجاد مناطق آرام تنها برای قدم زدن و یا هم با محدود نمودن ورود برای موتر های که تنها برای اکمالات همان منطقه می‌باشد.

در هنگام قرار دادن اشیاء ساختمانی در مجاورت جاده های زمینی، لازم است که توجه صورت گیرد تا ساختمانهایی که به طور موازی با جاده های زمینی واقع شده اند و با فضاهای کوچک که بین آنها وجود دارد، مانع ورود صوت به عمق مناطق

رهایشی می‌شوند. اشیائی که در این جا قرار گرفته اند، تنها تا حدی تحت تاثیر سر و صدا قرار می‌گیرند (خانه های مانع)، در جابجایی اطاق ها در چهار چوب نقشه یک ساختمان بهتر خواهد بود که اطاق های مانند آشپزخانه، حمام، زینه، ذخیره خانه ای مواد، راهرو، تشناب و غیره امثال آن در جهت منبع سروصوت قرار بگیرند و اطاق های نشیمن در جهت مخالف منبع سر و صدا قرار داشته باشند.



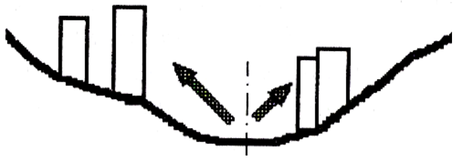
شکل31. گزینه های جابجایی ساختمان ها در جاده های زمینی حمل و نقل

1.3.4.2 اقدامات تخنیکی در برابر سر و صدا ترافیکی

این اقدامات عبارتند از:

- در تنظیمات تخنیکی جاده های زمینی،
- در جهت هدایت مسیر، شیب، سطح پوشش جاده،
- در موانع ایجاد شده علیه سر و صدا،
- در اقدامات جایگزینی.

اگر مسیر جاده زمینی از طریق دره منتهی شود، سروصوت به سطوح شیب دار اطراف دره تصادم می‌کند و تقریبا درتمام فضای دره پخش می‌شود. برعکس، اگر مسیر جاده زمینی در بالای دره قرار گیرد، تمام مناطقی که در سطوح پاینتر از جاده قرار دارند در مقابل پخش سر و صدا نسبتآ خوب محافظت می‌شوند.



شکل32. جاده ارتباطی زمینی در عمق دره - راه حل بد

شکل33. جاده ارتباطی زمینی درقسمت بالا دره - راه حل خوب

وضعیت مشابهی زمانی رخ می‌دهد که ارتباط جاده ای بر روی زمین خاک ریزی شده (پر کاری شده) و یا هم در پل هوایی قرار داشته باشد. با ایجاد سد های نسبتاً پایین در اطراف جاده می‌توان ساختمانهای که در قسمت پایین جاده قرار دارند و دارای ارتفاع نه چندان بلند باشند، در مقابل سروصدا محافظت نماید. هدایت مسیر ارتباط جاده ای از طریق تونل عملاً اثر صوت را در محیط اطراف از بین می‌برد. اما به دلایل اقتصادی، این راه حل مناسب نمی‌باشد.

تاثیرات تضعیف را نیز می‌توان توسط ایجاد تپه ها و یا ایجاد موانع ضد سروصدا به دست آورد، در حالیکه:

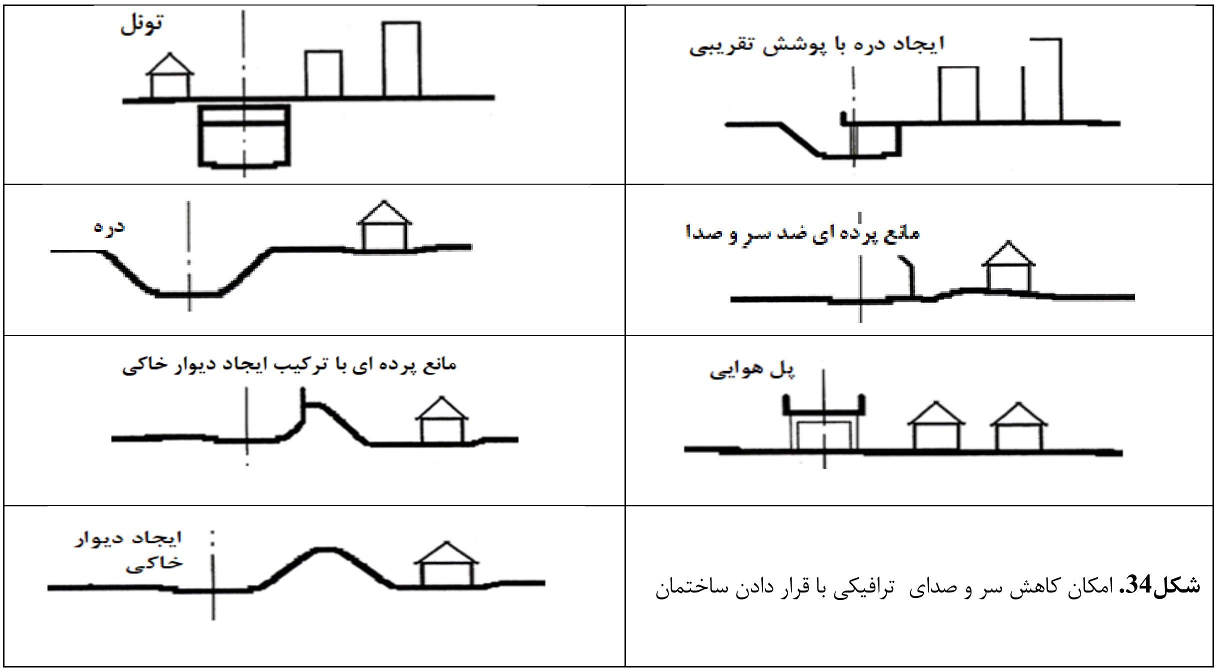
- تاثیرات موانع بستگی دارد به تفاوت مسیر δ،
- برای موانعی که بالاتر از 4 متر می‌باشد، لازم است تا ثبات آنها فراهم گردد،
- تضعیف در قیمت های نه خیلی بزرگ منفی در تفاوت مسیر δ شروع به نشان دادن خود می‌کند،
- اگر $\delta = 0$ می‌باشد، قیمت تضعیف حدود 4 dB می‌باشد،
- تضعیف می‌تواند الی قیمت 20 dB افزایش یابد،
- وزن سطحی عناصر نباید کمتر از $10\ kg/m^2$ باشد،
- اگر اصلاح سطح، جذب کننده نباشد (شیشه، فلز، کانکریت و غیره)، سروصوتدر جاده می تواند تا 3dB افزایش یابد،
- سطح، جذب کننده باید نرم باشد (به عنوان مثال سبزه)،
- یکی از الزمات مهم، یکپارچگی مانع در تمام طول آن می‌باشد،
- طراحی مانع باید شرایط پراکندگی استشمام در مناطق ایمنی عملیاتی را مورد نظر بگیرد.

1.3.4.3 حل نمودن وضعیت سروصدا توسط فراهم نمودن ساختمان های ذیل می‌تواند فراهم گردد:

- ایجاد تونل،
- ایجاد دره،
- ایجاد دره با پوشش تقریبی،
- ایجاد دیوار خاکی به شکل تپه در اطراف جاده،
- ایجاد مانع سر و صدا - سد
- ایجاد مانع دیوار خاکی به شکل تپه همراه با سرسبزی در اطراف جاده،
- ساخت و ساز جاده در فاصله تقریبا 400 متر دورتر از مناطق مسکونی،
- ایجاد پل هوایی،
- کاشت درختان و امثال آن.

1.3.4.4 اقدامات ترافیکی سازمان یافته و قانونی در برابر سر و صدا

- ایجاد محدودیت برای رفت و آمد موتر های باربری، کاهش الی 2 dB،
- کاهش حداعظمی سرعت مجاز در جاده، کاهش الی 1 dB،
- ممنوعیت پارکینگ موتر های باربری در منطقه مسکونی،
- تنظیم نمودن رفت و آمد موترهای اکمالاتی در مناطق مسکونی،
- اختصاص دادن یک زمان مناسب و تعریف مشخص برای وسایل نقلیه توناژ بلند.



شکل34. امکان کاهش سر و صدای ترافیکی با قرار دادن ساختمان

1.4 اصول آکوستیک فضایی

پیدا نمودن راه حل ها برای فضاهای بسته را در بر می‌گیرد، هدف آن این می‌باشد که به شنوایی و درک خوب دست بیابیم. در راه رسیدن به سیگنال های آکوستیکی با کیفیت که برای گوش دادن تعیین شده است، لازم است موضوع ساحهء انتشار که در ارتباط با امواج آکوستیکی منعکس شده می‌باشد مورد توجه قرار گیرد. در هنگام نظارت بر کیفیت سیگنال آکوستیکی که باید بدان گوش داد، فقط همان مدل از زمینه صوتی منتشر شده در ساحهء آکوستیکی که قبلاً بدین موضوع اشاره شده بود.کفایت نمی‌نماید. آکوستیک فضایی ساحهء آکوستیکی را با جزئیات بیشتری بررسی می‌کند.

1.4.1 تئوری موج

در نتیجه انعکاس صوت از دیوارهای موازی، انتشارامواج ایستاده در فریکونسی رخ می دهد که در آن فاصله فی مابین دیوار ها مساوی با مضرب یکپارچه نیم موج می‌باشد.انتشار امواج ایستاده باعث مزاحمت قابلیت انتشار ساحهء صوت می‌گردد. دلایل آن هم قرار ذیل می‌باشد:

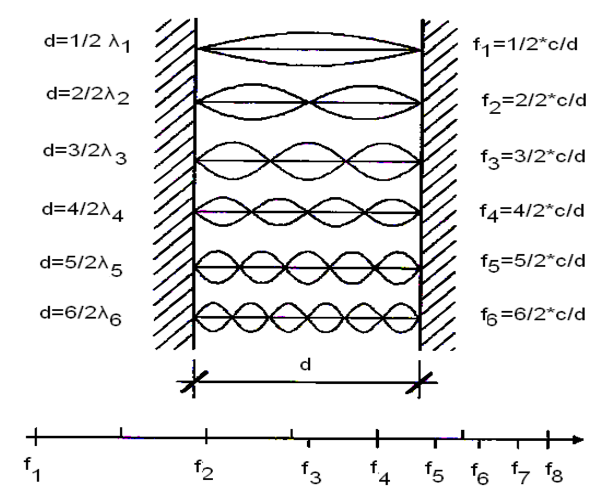
- انتشار ساحهء صوت،
- علت چیست؟
  - تغییر رنگ تون (tone color)،
  - نقص کیفیت،
  - قابل درک بودن سیگنال صوتی.

شکل معمولی یک فضای بسته عبارت از یک شش ضلعی مستطیلی می‌باشد که متشکل از سه جفت دیوار با هم موازی می-باشد. علاوه بر این، امواج ایستاده در اثر انعکاس های متعدد از همه دیوارهای اطاق بوجود می آیند و از ایجاد این پدیده حتی

در یک فضای محصور پیچیده و منقسم هم نمی‌توان اجتناب کرد. از بزرگترین ابعاد اطاق، ممکن است پایین ترین فریکونسی را بدست آوردکه در آن انتشار امواج ایستاده رخ می‌دهد (فریکونسی خودی فضای محصور).

اقدامات مربوط به طراحی ادیتوریوم (تالار کنفرانس):

- انتخاب اندازه فضای محصور، با بیشتر شدن حجم اطاق قابلیت انتشار ساحهء صوت افزایش می‌یابد، نتایج خوبی را می‌توان زمانی بدست آورد که حجم اطاق بیشتر از 100 m^3 باشد، در حالی که اطاق های کوچک همیشه شرایط آکوستیکی خراب می‌داشته باشند،
- حداقل حجم باید 60 m^3 باشد و حداعظمی حجم باید 20.000 m^3 باشد (بدون الکترو آکوستیک)،
- دیوار ها باید موازی باشند، با این کار انتشار امواج ایستاده محدود می گردند، انحراف یک دیوار جانبی در تئاتر می-تواند 5 تا 6 درجه زاویه باشد، یا هم انحراف هر دو دیوار 2.5 تا 3 درجه می‌تواند باشد،
- ابعاد یک فضای محصور مستطیل شکلنباید متقابلا مضرب یکپارچه باشند، این شرایط مثلاً برای یک بلوک که نسبت ابعاد در آن 2:3:5 باشد، مدار اعتبار می‌باشد. به طور کامل اگر نسبت ابعاد 1:2:4 باشد، در آن صورت تغیر قابل قبول می‌باشد.
- قابلیت انتشار ساحهء صوت را می‌توان به کمک مواد روکش شده که توان جذب صوت آن بالا است افزایش داد و یا هم به کمک تقسیم بندی شکلآن توسط پیش بر آمدگی، ستون ها، قاب ستون ها و دیگر اشکال دیگر که باعث پراگندگی پخش صوت می‌گردند - انعکاس صوت انتشاری.



از دیگر ابعاد اطاق و ترکیب آنها چنین فریکونسی های دیگر گرفته می‌شوند. این ها بی نهایت هستند و دارای خواصی می‌باشند که بطرف فریکونسی های بالاتر در طیف با تراکم بیشتر رخ می‌دهند، طوری که از یک فریکونسی مشخص بالاتر طیف به طور مداوم پر می‌شود و ساحهء صوت دوباره خواص انتشار را پیدا می‌نماید. رخنه در قابلیت انتشار در فریکونسی های پایین تر اتفاق می افتد. هدف از تئوری موج، دستیابی به قابلیت انتشار ساحات های آکوستیکی از پایین ترین فریکونسی می باشد.

شکل35. اصول امواج ایستاده

1.4.2 آکوستیک هندسی

این منجر به فراهم آوری قابلیت انتشار ساحهء صوت می‌شود. از اینرو لازم می‌باشد تا در هنگام طراحی ادیتوریوم ناهماهنگی دریافت سیگنال آکوستیکی توسط شنوندگان مختلف به علت فاصله های مختلف آنها از منبع صوتی حذف شود. در

محیط های داخلی بزرگ، لازم دیده می‌شود که سیگنال آکوستیکی که به مکان های دورتر (ردیف پشت) در حرکت اند تقویت گردد، این را می‌توان به کمک موارد ذیل به دست آورد:

- *الکتروآکوستیکی*، با استفاده از یک میکروفون و یک سیستم تکثیر کننده (لودسپیکر)
- *ساختمانی*، با آرایش مناسب سطوح انعکاسی که اغلب در سقف سالون واقع شده است، طوری که انعکاس صوت به طور عمده به نقاط دور افتاده سالون هدایت داده شود. صوت منعکس شده در مقایسه با صوتی مستقیم در مسیر خود الی شنونده باید راه طولانی تر را بپیماید و از اینرو با تاخیری همراه خواهد بود. اگر این تاخیری کوچک باشد، گوش انسان می‌تواند هر دو سیگنال را به عنوان یک صوت درک کند. فقط در این صورت صوتی منعکس شده باعث تقویت شدن می‌شود. در هنگام تفاوت های زمانی طولانی تر، در وضوح کلمات گفتاری اختلال رخ می‌دهد.

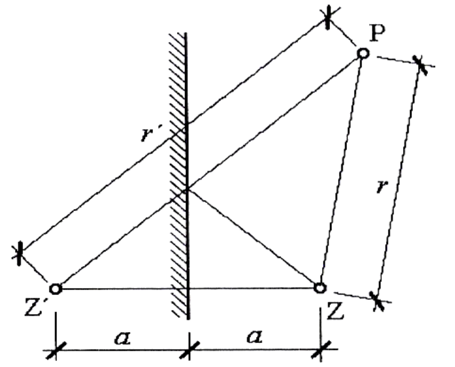
تفاوت مسیر (m)	تآخیر زمانی	تأثیر بر وضوح
کمتر از 10 متر	کمتراز 0.03 ثانیه می باشد	درک صوت تقویت شده به عنوان یک واحد
10 الی 17 متر	0.03 الی 0.05	ترکیب صوت ها
17 الی 34 متر	0.05 الی 0.1	انعکاس
بیش از 34 متر	بیش از 0.1 ثانیه	انعکاس یک هجایی

جدول 7. تفاوت مسیر و تاثیر آن بر وضوح

انعکاس ها از سطوح بسیار دور (اگر مسیر صوت منعکس شده بیش از سه برابر مسیر مستقیم باشد) دیگر برای وضوح خطرناک نمی‌باشند، زیرا صوت منعکس شده در فاصله های بزرگ با شدت بسیار کمتر عمل می‌نماید. تاثیرات مشابه را با به کارگیری از پوشش های جذب صوت در سطح منعکس شده نامطلوب می‌توان به دست آورد و یا هم با تغییر شکل سطح به طوری که انعکاس را پراگنده نماید و به یک مکان دیگر هدایت بدهد می‌توان بدست آورد.

1.4.3 طراحی انعکاس شعاع صوت از سطح منعکس کننده

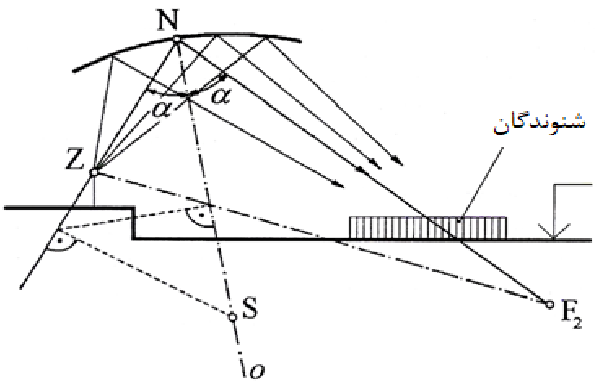
اگر سطح انعکاس به اندازه کافی بزرگ می‌باشد (بیشتر از طول موج صوت)، می‌توان قوانین اپتیک هندسی را در توضیح انتشار صوت اعمال کرد، و تصور سطح موج را با تصور شعاع صوت که از منبع صوت می‌آید و مستقیآ عمود بر سطح موج کره ای می‌باشد جایگزین نمود. *زاویه منعکسی شعاع صوت از سطح منعکس شده مساوی با زاویه وارده می‌باشد.* مسیر شعاع منعکس شده را به کمک منبع خیالیZ' که به طور متناوب با صفحه انعکاس مرتبط می-باشد می‌سازیم.



شکل36. انعکاس شعاع صوت

1.4.3.1 سطح منعکسی بیضوی - جایگزینی دایره

برای تقویت سیگنال در فاصله های دور در سالون ادیتوریوم، می‌توان از سطوح منعکس کننده صاف یا منحنی روی سقف سالون استفاده کرد. در شکلپایین یک عناصری که سطح منعکس کننده آن به شکلرول بیضوی می‌باشد نشان داده شده است. تمرکز بیضوی آن یکسان با منبع صوتی Z می‌باشد و تمرکز دوم F_2 در محیط زیر کف سالون در عقب ادیتوریوم در محل که ما می‌خواهیم صوت آن را تقویت نمایم قرار می‌گیرد. بخشی از این بیضوی را می‌توان تقریبا به یک دایره جایگزین نمود. علاوه بر تمرکز، لازم است که مرکز N را انتخاب نمود.

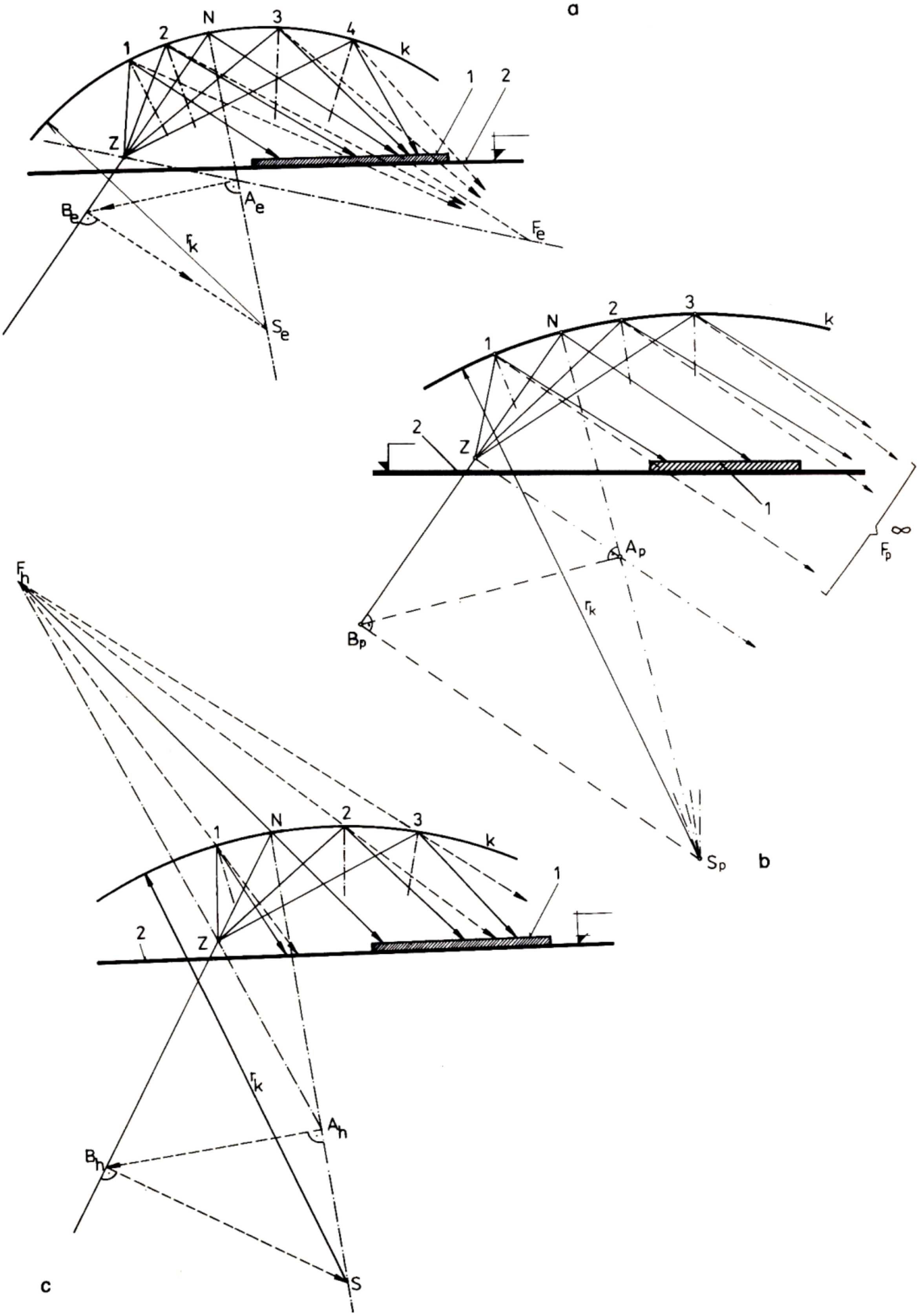


مرکز N، مرکز سطوح بیضوی منعکسی می باشد.oN زاویه ZNF_2 را تقسیم می نماید. موقعیت مرکز دایره S در این محور را بطور تدریجی با بلند کردن دو عمودی همانطور که در شکلدیده می‌شود به دست می‌آوریم.

شکل37. سطح منعکس دهنده بیضوی

1.4.3.2 سطوح انعکاس دهنده دیگر – جایگزین نمودن با دایره

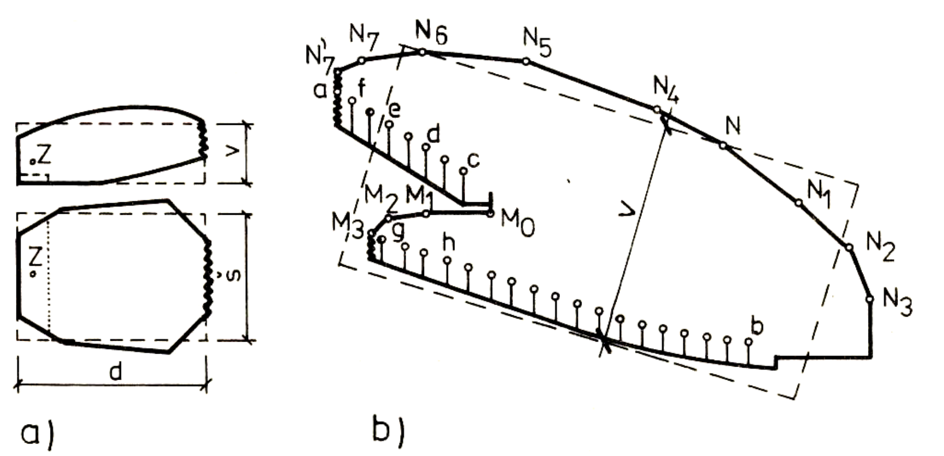
با روشی مشابه می‌توان از سطوح پارابولیک، هایپربولیک، مسطح و دیگر استفاده کرد



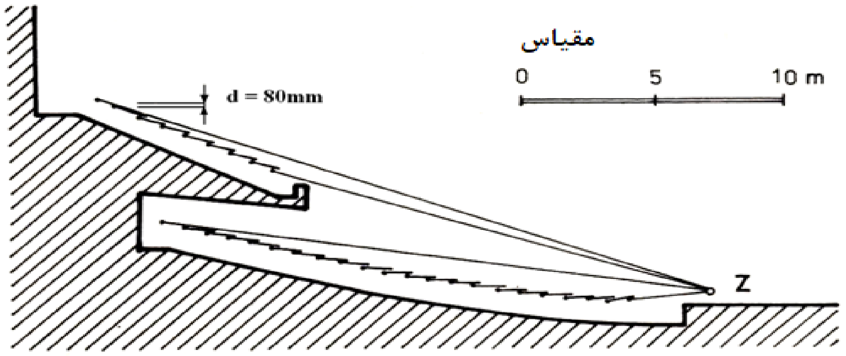
شکل38. اصول تشکیل سقف - سطوح انعکاس دهنده

1.4.4 طراحی ابعاد ادیتوریوم

در شکل (39) می‌توان نمای فوقانی و قطع یک نمونه معمولی از شکلادیتوریوم را برای یک مرکز فرهنگی بزرگتر نشان داد. مهم این می‌باشد که تماشاچی بتواند ببیند و بشنود آنچه که در استیژ انجام می‌یابد. انتشار صوت با در نظر داشت رسیدن آن الی چوکی در شکل (40) نشان داده شده است.

طراحی ابعاد a - نمای فوقانی b - نمای قطع	

شکل39. طرح استیژ

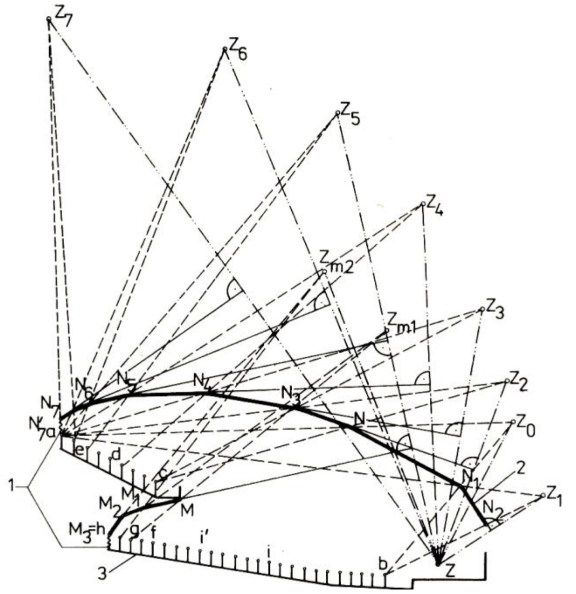
موقعیت چوکی ها با توجه به پخش مستقیم شعاع صوت و فراهم آوری دید خوب در هر محل از صحن تالار	

شکل40. طرح صحن تالار

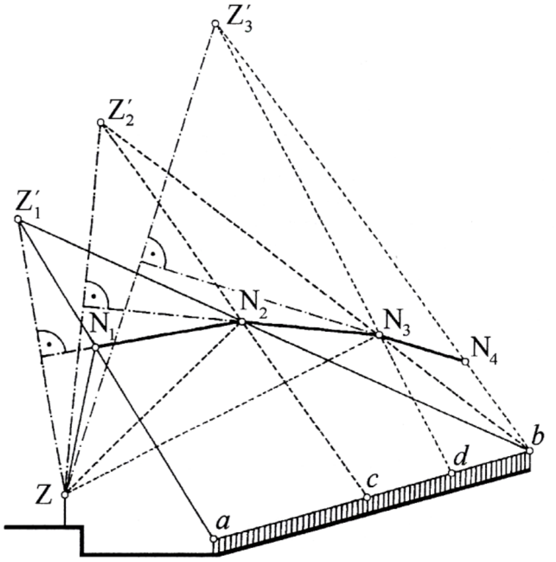
سقف ادیتوریوم ها اغلب به عنوان ترکیبی ازچندین سطوح انعکاس دهنده پیشنهاد می‌گردد. در شکلذیل سطوح عناصر ها به شکلهموار نشان داه شده است. موقعیت منبع صوت Z معلوم می‌باشد، موقعیت نقطه N_1 که از آنجا سطح باید بیرون بر آید نیاز دارد تا انعکاس از این سطح در تمام صحن تالار بین نقاط a و b فراهم گردد.

عناصر قسمت جستجو شده سطوح هموار N_1 و N_2 با استفاده از یک منبع خیالی Z_1 انجام می شود. نقطه N_2 می تواند اساس برای طراحی سطوح انعکاس دهنده N_2 و N_3 باشد که خواهد توانست صوت را تونها به مکان های دورتر از استیژ بین نقاط c و d انعکاس بدهد. عناصر به کمک یک منبع خیالی Z_2 تطبیق می‌گردد .در عناصر می‌توان الی انباشته کردن تمام سقف ادامه داد. یک اصل مهم در این جا در حرکت بودن انعکاس صوت همیشه در جهت از منبع صوت به عمق تالار می‌باشد. فقط در این صورت می‌توان از تفاوت های بسیار زیاد در مسیر ها و تاخیر ناشی از صوت انعکاس یافته که منجر به مخلوط نامناسب اصوات و طنین ها می‌شود، اجتناب نمود. دیوار های متقابل به استیژ اغلب منبع انعکاس می‌باشند ، بنابراین لازم می-

باشد که آن را با پوشش های جذب کننده دسته پهن مجهز بسازیم. همچنین مناسب خواهد بود که دیوارهای جانبی را به طور خاص آنهایی که در عقب تالار قرار دارند با همین پوشش ها مجهز بسازیم و یا هم مساحت دیوارها را طوری تقسیم نماییم که انعکاس به اندازه که ممکن است منتشر شود. مقدار صوت در سطوح جذب کننده (پوشش ها) باید نظر به اصول آکوستیک آماری تنظیم شود.



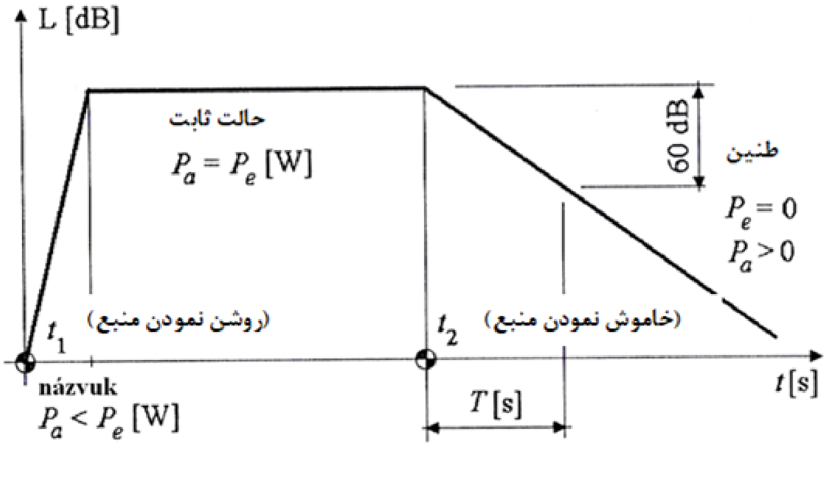
شکل41. ایجاد شکلهندسه ی



شکل42. عناصر سقف بکمک منبع خیالی

1.4.5 آکوستیک آماری

معیار اصلی ارزیابی برای طراحی ادیتوریوم، زمان طنین آن می‌باشد - زمان طنین T با واحد اندازه گیری ثانیه (sec).



شکل43. زمان طنین برای طراحی ادیتوریوم

پس از شروع عملکرد منبع، سطح در ساحهٔء موج منعکس شده به تدریج افزایش می‌یابد. این پدیده به نام طنین نامیده می-شود. پس از یک مدت زمان کوتاه، سطح در قیمت L با واحد اندازه گیری (dB) تثبیت می‌گردد، این حالتی است که در آن تعادل بین توان آکوستیکی منبع جایگزین شده P_e و توان آکوستیکی عناصرهای جذب کننده احاطوی اطاق P_a به وجود می-آید. حالت تعادل در ساحهٔ موج منعکس شده در تمام مدت زمان عملکرد منبع آکوستیکی باقی می‌ماند. پس از خاموش شدن ناگهانی عملکرد منبع صوت، ساحهٔء امواج مستقیم، تقریبآ بلافاصله لغو می‌شود. سطح در ساحهٔ امواج منعکسه به تدریج کاهش می‌یابد. این پدیده به نام طنین یاد می شود.

مدت زمانی که در همان لحظه ای که عملکرد منبع صوت ختم می‌شود و سطح فشار آکوستیکی منبع در ساحهٔ امواج منعکس شده به 60 dB، کاهش می‌یابد آنرا بنام زمان ستندرد طنین یاد می‌نمایند، مدت کوتاه شده زمان طنین.

مدت زمان طنین بستگی دارد به حجم اطاق $V\,(\mathrm{m}^3)$ و جذب مجموعی فضای محصور. نظر به رابطه Sabin میتوان آنرا محاسبه کرد:

$$T = 0{,}163.\frac{V}{A} \qquad \text{(s)} \qquad (43)$$

یا دقیق تر نظر به رابطه Eyring می‌توان آنرا محاسبه کرد:

$$T = 0{,}163.\frac{V}{-\sum S.\ln(1-\overline{\alpha})} \qquad \text{(s)} \qquad (44)$$

زمان طنین بستگی دارد به فریکونسی، روی همین علت در دسته های اکتاو نظارت می‌شود. برای محاسبه نرمال در محدوده 125 تا 4000 Hz، می‌باشد، می‌تواند حد دیگری نظر به هدف اطاق وجود داشته باشد.

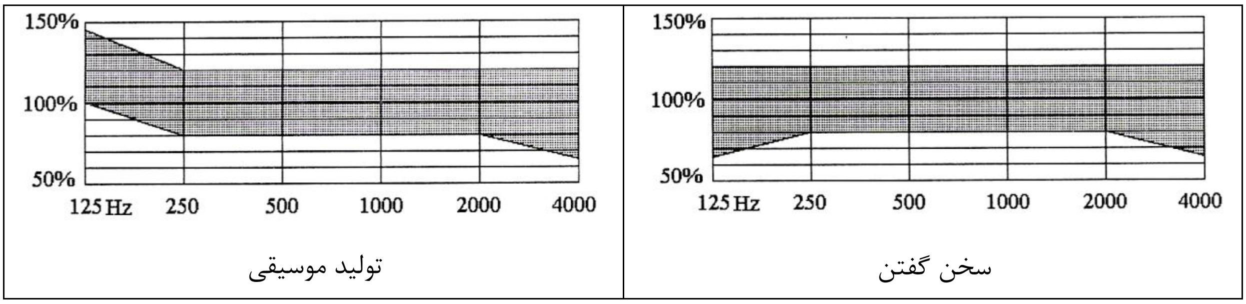
1.4.6 اثر رستورانت

با زمان طنین به اصطلاح "اثر رستوران" وابسته می‌باشد. در هر جاییکه تعداد زیادی از مردم جمع شوند واکثر آنها هم زمان در حال صحبت باشند به وجود می‌آید (سالون غذاخوری، رستوران ها، سالون ها، تالار ها). در نتیجه مکالمه چند نفر در عین زمان در یک اطاق، ساحهٔ آکوستیکی با سطح فشار آکوستیکی بوجود می‌آید که وضوح ارتباط گفتاری متقابل را مختل می‌نماید و اشخاص در حال صحبت را مجبور می‌سازد که با صوتی بلند صحبت نمایند. ولی با این حالت سطح فشار آکوستیکی در اطاق افزایش می‌یابد و این پدیده همواره تکرار می‌شود و شدت آن بیشتر می‌شود.

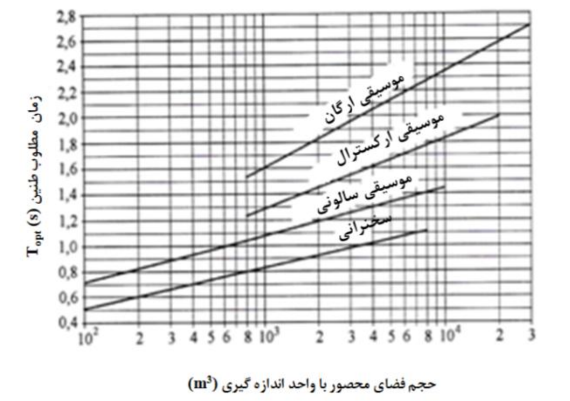
افزایش سطوح آکوستیکی تنها بعد از آن بوجود می‌آید که بخشی از افراد ارتباط گفتاری متقابل خود را ساکت نمایند (به ویژه آنهایکه در فاصله ای دورتر از هم قرار دارند نسبت به آنهایکه نزدیک هم نشسته اند) و یا هم می‌تواند توسط امکانات توانایی آکوستیکی صدای انسان محدود شود. این اثر ناخوشایند و محصور برای کاربر را که خیلی اذیت کننده می‌باشد می‌توان با افزایش جذب مجموعی آنرا حذف نمود. این کار به بهترین وجه آن، زمانی می‌تواند انجام بیابد که از پوشش های آکوستیکی دسته پهن در سقف اطاق استفاده صورت بگیرد. پوشش های آکوستیکی دسته پهن عناصری می‌باشد که دارای ضریب جذب α (-)حداقل 0,6 در محدوده فریکونسی 250 تا 2000 هرتز(Hz) می‌باشند.

1.4.6.1 مدت زمان مطلوب طنین در ادیتوریوم

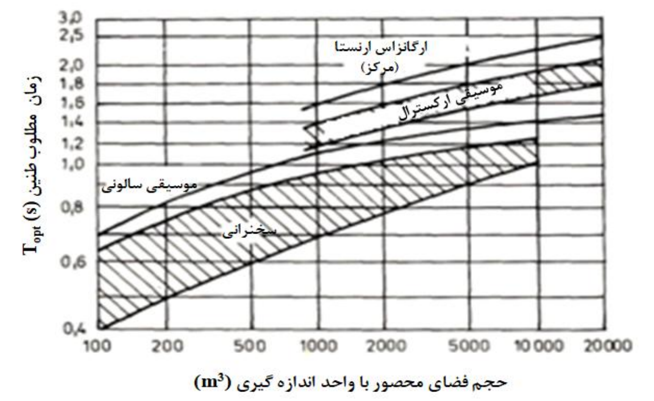
ستندردها زمان مطلوب طنین را با توجه تصاویر ذیل تعیین می‌نماید، نظر به ستندرد، نظر به ادبیات از قیمت های اندازه گیری شده:



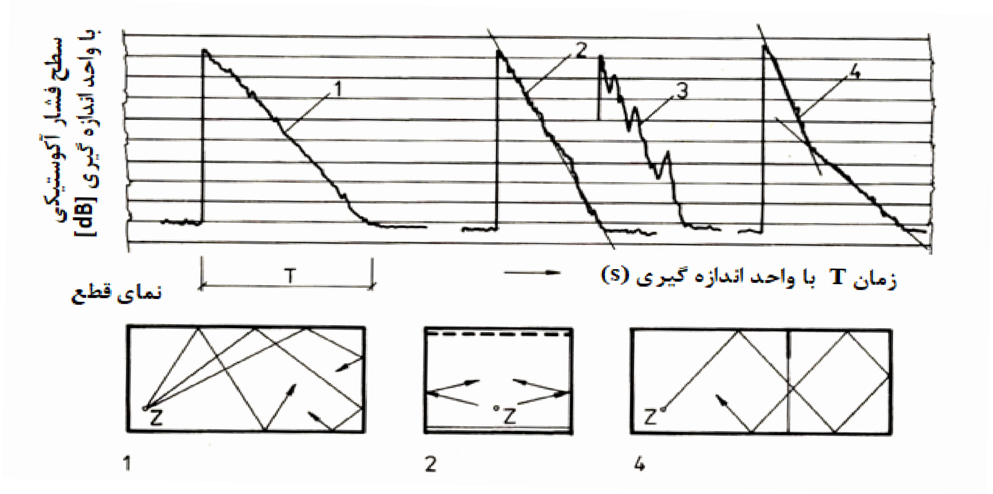
شکل44. شرایط برای قضاوت مدت زمان مطلوب طنین (زمان طنین)



شکل45. وابستگی زمان انعکاس و حجم فضای محصور



شکل46. زمان مناسب طنین نظر به استندرد STN 730525



شکل47. مدت زمان اندازه گیری شده طنین در دیگر فضاهای محصور

1.4.6.2 شرایط برای ارزیابی مدت زمان مطلوب طنین (زمان طنین)

مدت زمان مجاز طنین (%) T/T_{opt} برای فضای اشغال شده که در وابستگی به فریکونسی متوسط دسته اکتاو قرار دارد نظر به ستندرد (STN 73 0525) می‌باشد.

سپس قیمت T_{opt} مدت زمان مناسب می‌باشد که سطح فشار صوت الی 60 dB از زمانی که منبع صوت خاموش می گردد.در هنگام سرعت مطلوب تضعیف امواج آکوستیکی در همان فضای مورد نظر کاهش می‌یابد. در هنگام ارزیابی باید شرایط ذیل مدار اعتبار باشد:

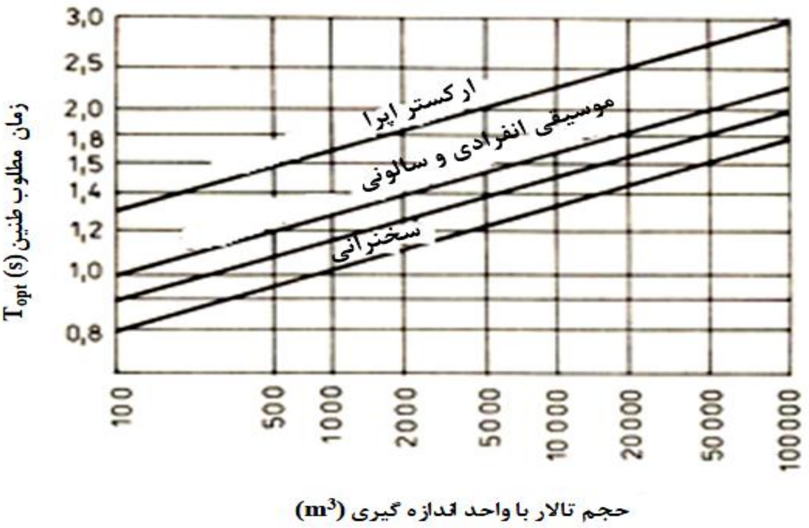
$$|\Delta T| \leq 0{,}1\ T_{opt} \tag{45}$$

از آنجاییکه:

$$\Delta T = T - T_{opt} \tag{46}$$

مقدار قابل تحمل مجاز %10+ ازقیمت محاسبه شده T در مقابل قیمت تعیین شده T_{opt} وجود می‌داشته باشد.

در این جهت، برخی ازتفاوت ها در ارزیابی وجود دارد که توسط ستندرد STN 73 0527 تعیین می‌شود.

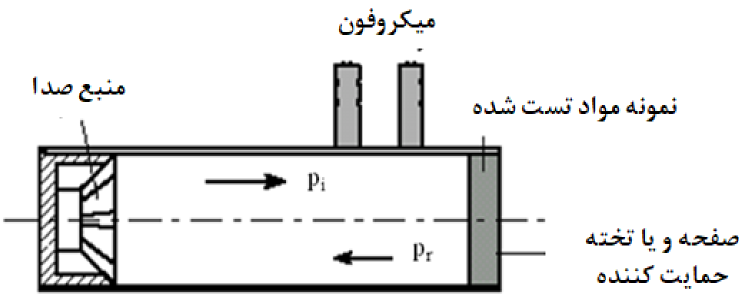


شکل48. مدت زمان مناسب طنین در تئاتر نظر به ستندرد STN 73 5250

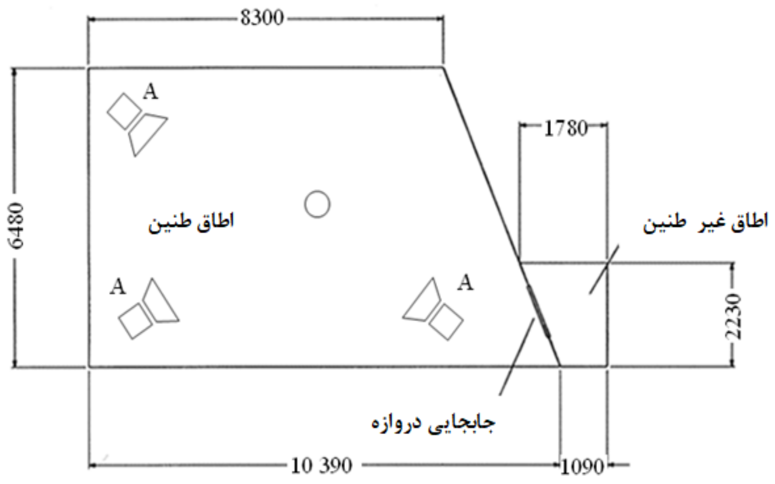
قیمت ها از خط 3 جدول STN 73 5250 به دیاگرام شکل48 آورده می شود، از روی آن آشکار می‌گردد که اطاق ذیل به عنوان یک اطاق لکچر مناسب نمی‌باشد، زیرا مدت زمان طنین بخصوص در فریکونسی های پایین بسیار بالا می‌باشد.

راه حل قرار ذیل می‌باشد:

- جذب صوت در پوشش های سقف که از تاثیر جذب صوت بالا در فریکونسی پایین برخوردارند،
- در عین حال لازم است که به عوض فرش از کفی که کمتر صوت را جذب نماید استفاده کرد،
- برای اینکه مدت زمان طنین در فریکونسی های2000 تا 4000 هرتز (Hz) در محدوده مجاز حفظ گردد.



شکل49. اصول اندازه گیری طنین



شکل50. رسم اطاق طنین

1.5 اساسات آکوستیکی عناصر ساختمانی

آکوستیک عناصر ساختمانی مربوط به مطالعه و استفاده از دانش در مورد انتشار سر و صدا از نظر عایق آکوستیکی بوده و این در حقیقت حفاظت از محیط داخلی ساختمان ها در مقابل سر و صدای خارجی می باشد.

از این منظر، به طور عمده خواص آکوستیکی مواد ساختمانی و عناصر ساختمانی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- صوت در ساختمان ها.
- از لحاظ ارزیابی، لازم است که سر و صدای ایجاد شده را از هم تفکیک نماییم:
  - در محیط خارج (خارج از ساختمان) - آکوستیک شهری،
  - در محیط داخل ساختمان - آکوستیک ساختمانی.

صوت در داخل ساختمان می‌تواند به شکلذیل مشخص شود:

- صوت منتشر شده توسط هوا،
- صوت منتشر شده توسط عناصرساختمانی،
- صوت تشخیص شده (ما می دانیم از کجا می‌آید)،
- صوت تشخیص نشده (از مسیرهای فرار).

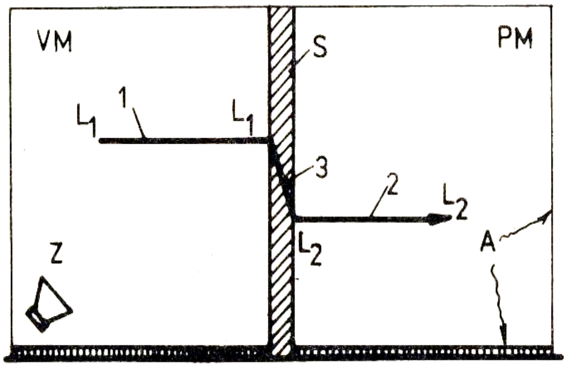
1.5.1 صوت منتشره توسط هوا

انتشار صوت بین دو اطاق با سطوح صوت در اطاقی که صوت پخش می‌گردد L_1 (dB) و در اطاقی که صوت را دریافت می‌گردد L_2 (dB) مشخص می‌شود. تفاوت سطوح صوت بین همین دو اطاق به صورت ذیل محاسبه می‌گردد:

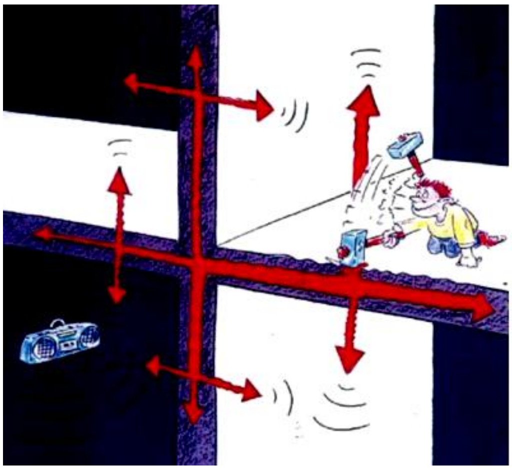
$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10.\log\frac{T}{T_0} \qquad \text{(dB)} \qquad (47)$$

از آنجاییکه:

T- زمان واقعی اندازه گیری شده، T_0- زمان مرجع طنین می‌باشد. برای محیط های نشیمن 0,5 ثانیه می‌باشد.



تصوی 51. عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا)



شکل52. انتشار صوت از طریق عناصر ساختمانی

عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا)، توانایی عناصر را در انتقال صوت در حد ضعیف نشان می‌دهد.

برخلاف سطح D، بیشترین تأثیر را ضریب نفوذ پذیری (-) τ دارد، همچنین مساحت S (m^2) عناصر دیوارهای جداکننده و جذب مجموع فضای محصور - اتاق پذیرش A_2 (m^2) اعمال خواهد شد.

$$D = L_1 - L_2 \qquad \text{(dB)} \qquad (48)$$

در هنگام ارزیابی عایق صوت که در آن صوت از طریق هوا انتشار می‌یابد، اصطلاح عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) R (dB) استفاده می‌گردد.

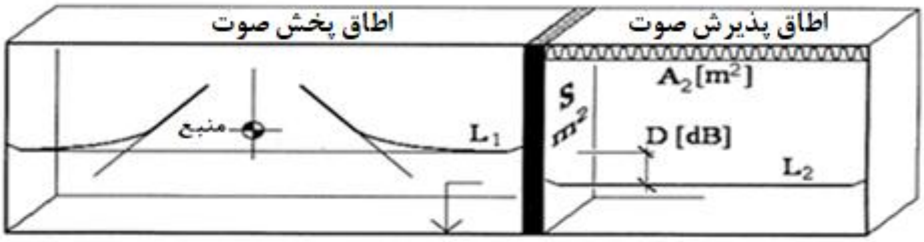
$$R = 10.\log\frac{1}{\tau_2} \qquad \text{(dB)} \qquad (49)$$

با استفاده از این پارامتر، می‌توان سطح فشار صوت در اطاق پذیرش را تعیین نمود. با این حال، محاسبه در دسته فریکونسی ضروری می‌باشد، زیرا عایقیت صوتی وابسته به فریکونسی می‌باشد.

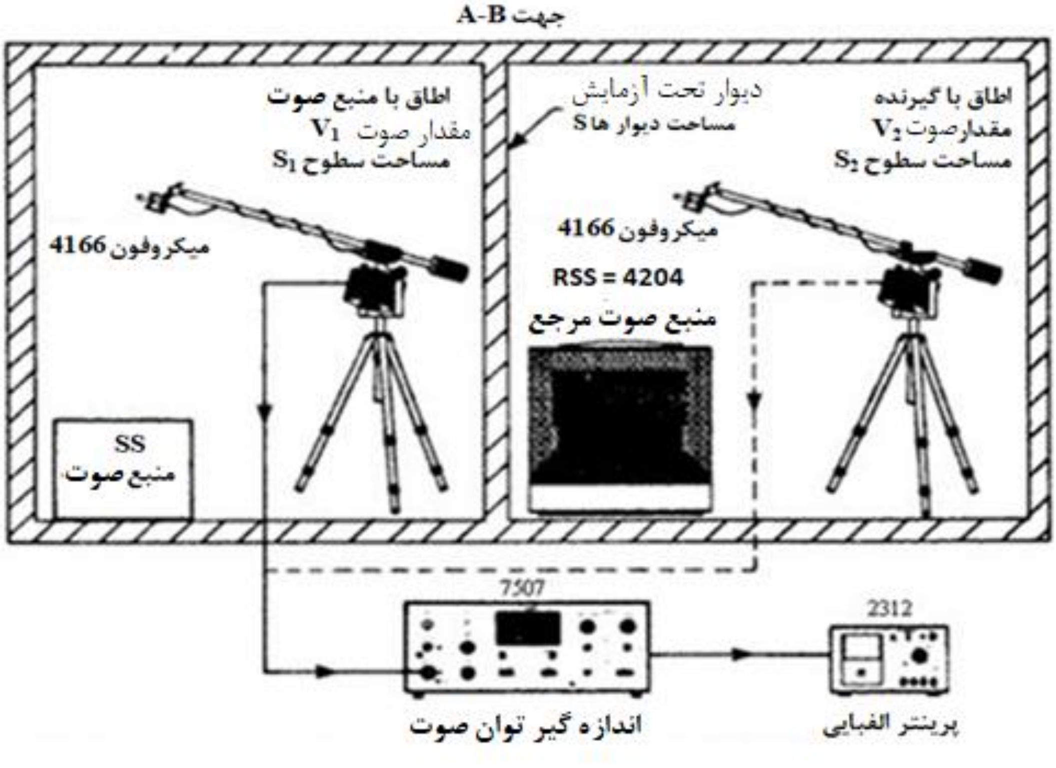
$$L_2 = L_1 - R + 10.\log \frac{S}{A_2} \qquad \text{(dB)} \qquad (50)$$

$$R = L_1 - L_2 + 10.\log \frac{S}{A_2} \qquad \text{(dB)} \qquad (51)$$

درجه عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) R (dB) نشان دهنده توانایی دیوار های جدا کننده (عناصر پارتیشن) برای تضعیف صوت منتشر شده از اطاقی که صوت را پخش می نماید، می‌باشد. ، این نشان می‌دهد که تا چه اندازه سطح سروصدا در اطاق پذیرش کاهش می‌یابد. تمام روند برای تعیین عایق بودن در مقابل نفوذ هوا را می‌توان در رسم 53 تماشا کرد.



شکل53. رسم برای تعیین عایق بودن در مقابل هوای نفوذی



شکل54. پرنسیپ اندازه گیری عایقیت صوتی

1.5.2 انتشار صوت از طریق عناصر ساختمان

ویبریشن یا لرزش عبارت از حرکت جسم یا محیط الاستیکی می‌باشد که هر یک از ذرات آن به صورت مخانیکی ارتعاش می‌نماید. برخلاف صوتی که از طریق هوا منتشر می‌شود، ویبریشن عمدتا از عناصرهای ثابت به انسان منتقل می‌شود.

با لرزش نشان داده می‌شود که در آن ذرات در محدوده فریکونسی های قابل شنیدن ارتعاش می کنند، این محدوده از 16 تا 16000 هرتز (Hz) می‌باشد. در مقایسه با انتشار صوت از طریق هوا، میکانیزم کاملاً متفاوت ایجاد و انتشار صوت در ساختمان می‌باشد.

منبع به طور مثال، می‌تواند یک ماشین لیفت که سر و صدا را تولید می‌کند باشد. لرزش ماشین از طریق محکم بودن آن با کف می‌تواند به خود کف انتقال یابد و از طریق عناصر وزن بردار سقف و نیز عناصر عمودی به تمام ساختمان گسترش یابد. منبع صوت در اطاق های محافظت شده که در نتیجه آن امواج آکوستیکی به هوا تشعشع می‌یابد، عناصر ساختمان را به لرزه می‌آورد. هر قدر که لرزه دینامیکی ماشین بزرگتر باشد به همان اندازه:

- منبع سروصوت قویتر می‌باشد،
- انتقال تضعیف لرزه از نقطه تحریک به محل تابش به اطاق محافظت شده پایینتر می‌باشد،
- سطح عناصر های که صوت را تشعشع می دهند بزرگتر می‌باشد.

محدود نمودن صوت منتشر شده توسط عناصر، همواره به معنی محدود نمودن انتشار لرزش به ویژه در عناصر ساختمانی بزرگ می‌باشد.

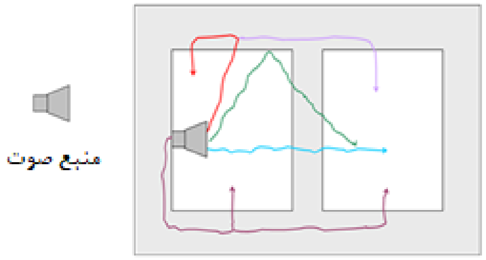
صوت از طریق دیوار به اطاق دیگر انتقال می‌یابد

صوت منعکس می گردد و به اطاق دیگر انتقال می‌یابد

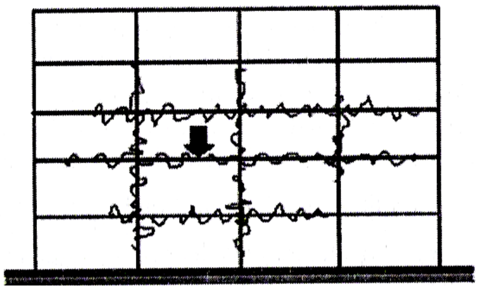
صوت از طریق دیوار انتشار می‌یابد و به اطاق دیگر انتقال می‌یابد

صوت از طریق دیوار ها انتشار می یابد و دوباره منعکس می‌گردد

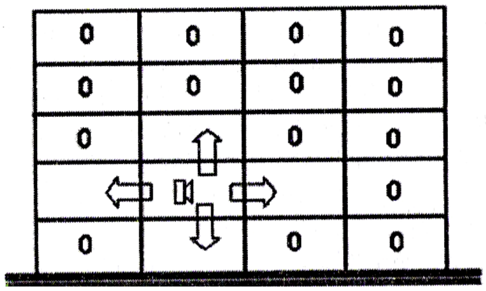
صوت از طریق ویبرشن گسترش می‌یابد و به هر دو اطاق انتقال می‌یابد



شکل55. پرنسیپ انتقال صوت



انتشار صوت از طریق عناصر ها حتی به اطاق های دور (نیاز به ذخیره سازی انعطاف پذیر)



صوت منتشر شده از طریق هوا - فقط به اطاق های همسایه

شکل56. نمونه از انتشار صوت از طریق هوا و عناصر ساختمانی

1.5.3 صوت قابل تعریف و غیر قابل تعریف

صوت ماشن لیفت را می‌توان در شرایط خاص به وضوح از لحاظ شدت و ترکیب فریکونسی آن تعریف کرد و به شکل نسبتاً خوب می‌توان رژیم زمانی عملکرد آن را پیش بینی نمود. کنترل سروصوت توسط اندازه گیری واضع می‌باشد. در اطاق محافظت شده (به عنوان مثال، اطاق نشیمن)، سطح فشار آکوستیکی در هنگام فعالیت ماشین اندازه گیری می‌شود و با بالاترین حد مجاز مقایسه می‌گردد. از سوی دیگر، درساختمانها مجموعه ای از صوت های وجود دارد که در هنگام استفاده روزمره از یک ساختمان تصادفی به وجود می‌آیند. خواص صوت ناشی از:

- صحبت افراد با صوتی بلند،
- پخش موسیقی ضبط شده،
- ضربه زدن به دروازه ها،
- قدم برداشتون روی کف (سر و صدا)،
- و امثال آن.

نمی‌توان آنرا به شکل واضع تعریف کرد. فلهذا امکان ندارد که آنرا حتی تعیین کرد و یا هم به بشکلمصنوعی در یک فضای مشابه در یک اطاق محافظت شده آنرا شبیه سازی نمود. این امر باعث ایجاد مشکلات در هنگام اندازه گیری و کنترل سر وصوت می‌شود. اگر عملیه اندازه گیری بر اساس شکایت ها انجام شود، اغلب شکایت کننده استدلال می‌نماید که در زمان اندازه گیری موجودیت سروصدااذیت کننده متفاوت از حالت واقعی آن می‌باشد. ما می‌توانیم تصور خوبی از وضعیت سروصوت را فقط با انجام نظارت طویل المدت که در آن تولید سر و صدا توسط خود کاربران حذف گردیده باشد، بدست بی‌آوریم. اما این کار عملاً غیرممکن می‌باشد. این واضح است که برای ارزیابی سروصوت تعریف ناشده در ساختمان ها، پارامتر های نشر امواج آکوستیکی (acoustic immission) نمی تواند به عنوان معیار استفاده شود. بنابراین، در عمل معیار برای ارزیابی حفاظت در مقابل اذیت سروصدا در ساختمان ها با استفاده از اصطلاح **عایق صوت با کیفیت** ایجاد گردید. این پارامتر ها قرار ذیل هستند:

- عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) عناصر ساختمانی وزنی R_w´(dB)
- مشخصه کاهش یا تقلیل صوت وزنی R_w (dB)
- سطح فشار آکوستیکی استندرد وزنی سر و صدا ناشی از قدم زدن L_{nw}´(dB)
- وزنی (متوسط)

هر دو پارامتر مستقل از وضعیت مداوم در حال تغیر سروصوت در ساختمان می‌باشد و برای دریافت آن توسط اندازه گیری، از منابع صوت مصنوعی که دارای خواص معروف ستندرد تعیین شده می‌باشد، استفاده صورت می گیرد. این خواص ستندرد تعیین شده در جدول (8) ذکر گردیده است

سروصوت در ساختمان	انتشار یافته توسط هوا	انتشار یافته توسط عناصر
تعریف ناشده	گپ زدن با صوتی بلند، پخش موسیقی ضبط شده R_w´(dB)	سروصوت ناشی از قدم زدن L_{nw}´(dB)
تعریف شده	سر و صدا ناشی از تجهیزات تخنیکی ساختمان L_{Amax} (dB)	
اخذ اقدامات:	عایقیت صوتی افزایش یابد	ماشین آلات بالای مواد ارتجاعی گذاشته شود

جدول 8. مروری از انواع سر و صدا اذیت کننده در ساختمان

1.5.4 عایق صوت ساختمانی

در هنگام گوش دادن به موسیقی از طریق یک دیوار از اطاق همسایه، ممکن است بهترین بم، ضرب و غیره که در سطح تونهای پایین تر باشند را شنید، در حالی که تون های که در سطح بالاتر هستند سرکوب می شوند. قیمت عایقیت صوتی ساختمانی معمولاً با فریکونسی افزایش می‌یابد. روی همین دلیل است که عناصر ساختمانی دیوار های تقسیماتی معمولاً صوت را در فریکونسی های بالاتر بهتر تضعیف می‌کنند و اصوات را در فریکونسی پایینتر عبور می دهند (بطرف دیگر دیوار انتقال می‌دهند). ولی به هر حال وابستگی آن مستقیم نمی‌باشد و در عناصر مختلف و مواد مختلف دارای جریان متفاوت می‌باشد. در برخی از بخش های طیف حتی ممکن است وابستگی آن برعکس باشد (در کاهش قیمت R' با افزایش فریکونسی). این به خاطر رزونانس و یا هم بخاطر تصادف وانطباق موجی (wave coincidence) می‌باشد. بنابراین، قیمت R' در هر یک از دسته های فریکونسی تعیین می‌شوند. این در حقیقت در یک بر سوم اکتاو (دقیقتر نسبت به دسته های اکتاو) در محدوده 100 تا 3150 هرتز(Hz) می‌باشد (محل عایق صوت در کار های عملی ساختمانی). این دسته های تقریبی 16 می‌باشند. ارزیابی خواص عایق صوت عناصر ساختمانی با استفاده از آن معلومات 16 رقمی بسیار غیر عملی می‌باشد، بنابراین ستندرد شامل یک روش می باشد که با استفاده از آن مقدار 16 رقمی را با منحنی هدایت دهنده مقایسه می‌نماید تا ارزیابی تک عددی که همان عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) عنصر ساختمانی وزنی R_W'(dB) می‌باشد فراهم گردد.

قیمت های مورد نیاز عایق صوت در ستندرد ها تعیین شده است و قرار ذیل می‌باشد:

- حداقل قیمت مورد نیاز عایقیت صوتی ساختمانی R_W'(dB)
- حداعظمی قیمت مجاز سطح وزنی سر و صدا ناشی از قدم زدن L_{nw}' (dB)

علاوه بر الزاماتی که برای عناصر احاطوی و پارتیشنی تحمیل می‌گردد، الزامات برای کلکین ها و دروازه های که در عناصر جدا کننده قرار دارند هم تحمیل می‌گردد. خصوصیات عایق صوت در عناصر احاطوی ساختمان در ارتباط با مقابله با سر و صدا ناشی از وسایل حمل و نقل بسیار مهم می‌باشد. منحنی جهت دهنده برای تعیین عایق بودن در مقابل نفوذ هوا در عناصر جدا کننده در شکل57 و 58 نشان داده شده است. دو نوع منحنی جهت دهنده از هم تفکیک می‌گردند:

1- ساختمانی SK (R')

2- لابراتواری SK (R)

هر دو ویژگی های عایقیت صوتی عناصر ساختمانی را در وابستگی به جریان فریکونسی در ساحهٔ عایق صوت که برای کار های عملی ساختمانی به شکل ستندرد آماده گردیده است، بیان می‌نمایند. قیمت های آنها در جدول (9) نشان داده شده است. تیر در کنار سمت جریان گرافیکی در شکل (57) موقعیت منفی انحراف عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) را نشان می‌دهد.

f (Hz)	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**
SK(R') (dB)	33	36	39	42	45	48	51	52
SK(R) (dB)	35	38	41	44	47	50	53	54
f (Hz)	**630**	**800**	**1000**	**1250**	**1600**	**2000**	**2500**	**3150**
SK(R') (dB)	53	54	54	56	56	56	56	56
SK(R) (dB)	55	56	57	58	58	58	58	58

جدول9. قیمت های جهت دهنده R و R' در وابستگی به فریکونسی

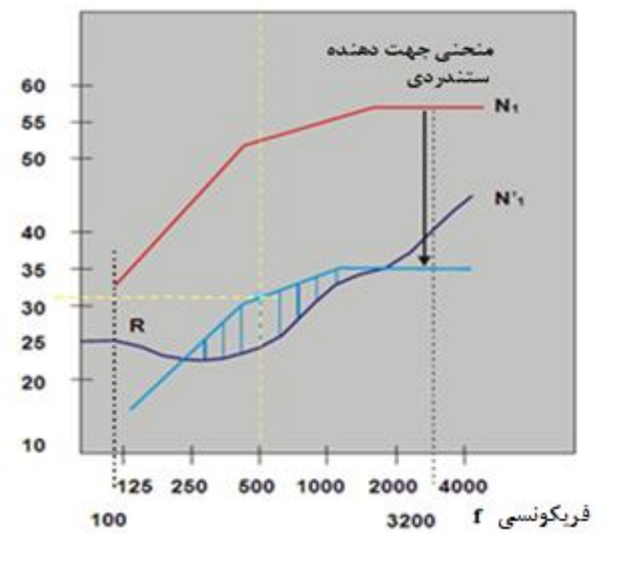
عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) براساس ارقام تک عددی ذیل ارزیابی می‌گردد:

- مشخصه عایقیت صوتی لابراتواری R_W (dB)
- مشخصه عایقیت صوتی ساختمانی R'_W (dB)

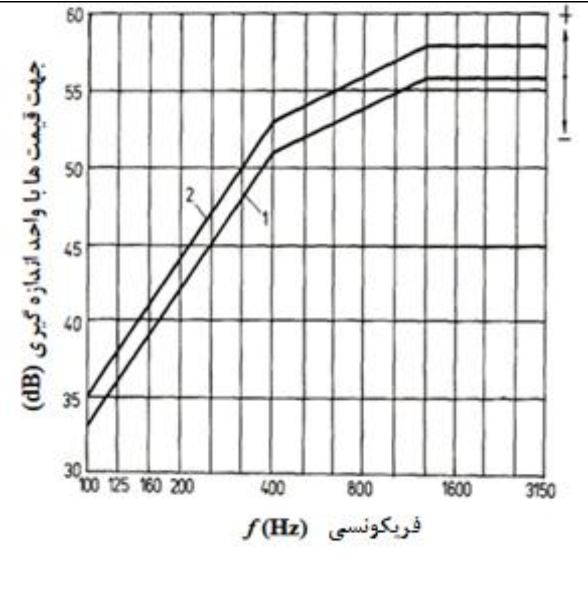
مشخصه عایقیت صوتی توسط مختصات منحنی جهت دهنده تغییر یافته در فریکونسی های 500 Hz تعریف شده است. چنین ارقام تک عددی زمینه مقایسه عناصر ساختمانی را از لحاظ عایقیت صوتی بسیار آسان می نماید. خود ارزیابی گاهی اوقات از اثر جابجایی (حرکت دادن به یکطرف خاص) در جهت عمودی با درجه در جهت جریان اندازه گیری شده و یا محاسبه شده تشکیل شده بود. این تا زمانی ادامه می‌یافت که قیمت های متوسط منحرف شده منفی مساوی و یا نزدیک به 2dB می-گردید. ارزیابی امروز هم مشابه به همان ارزیابی می‌باشد ولی با تفاوت اینکه مجموع انحرافات منفی نباید بیش از 32dB:

$$1 \le \frac{\sum|-\Delta|}{15} \le 2 \qquad \frac{\sum|-\Delta|}{1} \le 32 \qquad (52)$$

مشخصه عایقیت صوتی R_W (dB) را برای انواع مختلف عناصر تقسیم کننده (پارتیشنی) بر اساس اندازه گیری های لابراتواری به دست می‌آوریم. بر اساس نتایج اندازه گیری در دسته های فریکونسی مورد نظر، یک منحنی پیوسته را که خواص عایق آکوستیکی نمونه اندازه گیری شده مذکور را مشخص می‌نماید به دست می‌آوریم. بعداً، با حرکت دادن منحنی جهت دهنده ستندردی و با فرض بر این که حداعظمی انحراف منفی مشاهده می‌شود، مجموع منحنی جهت دهنده را برای یک نمونه اندازه گیری شده خاص دریافت می‌نماییم. بعد از آن، برای قیمت فریکونسی منحنی جهت دهنده منحرف شده به مقدار 500 هرتز (Hz) قیمت مشخصه عایقیت صوتی تفریق می‌گردد.



شکل57. تعیین مشخصه عایقیت صوتی



شکل58. منحنی جهت دهنده 1- SK(R) -R و 2- SK(R')

1.5.5 عایقیت صوتی (در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) عناصر های ساده

برای انتقال صوت بین دو اطاق در یک ساختمان نه تنها عناصر (تقسیم کننده) نقش مهمی دارند بلکه خواص عناصرعمود مرتبط به هم در این مورد خیلی مهم می‌باشد. همچنین راه حل مناسب برای اتصال فی مابین آنها و در قدم آخر کیفیت کاری اعمار عناصر ساختمان هم خیلی نقش بارزی در انتقال صوت خواهد داشت. شامل ساختن این همه تاثیرات در محاسبات آکوستیکی امکان پذیر نمی‌باشد، بنابراین برای ساختمانهای تکمیل شده ترجیح داده می‌شود تا اندازه گیری دقیق آکوستیکی در آنجا انجام گردد. در مرحله آماده سازی پروژه، قیمت های عایقیت صوتی R_w' (dB) را می‌توان از طریق محاسبه پیش بینی نمود. محاسبه دقیق بر مبنای فریکونسی تجزیه و تحلیل عایقیت صوتی R_w (dB) می‌باشد. این روش نسبتاً پر زحمت بوده اما در بسیاری از موارد خاص اغلب لازم می‌باشد. روش مناسب برای ارزیابی عناصر ساختمانی از لحاظ عایقیت صوتی در ستندرد مربوطه شرح داده شده است. برای به دست آوردن معلومات تقریبی در هر یک عنصر ساختمانی توصیه می شود که از قیمت های عایقیت صوتی که در وابستگی به وزن سطحی عناصر های تقسیم کننده یا پارتیشنی m (kg/m^2) قرار می‌داشته باشد، جستجو صورت گیرد.

$$m' = \rho . h \qquad (kg/m^2) \qquad (53)$$

از آنجاییکه:

ρ - کثافت مواد (وزن حجمی) دیوار و h ضخامت دیوار می‌باشند.

1.5.6 عناصرهای ساختمانی با لایه شکاف هوا

در عناصر ساختمانی با لایه شکاف هوا، از لایه شکاف هوا برای تضعیف صوت استفاده صورت می‌گیرد. این تضعیف با بیشتر شدن ضخامت شکاف هوا رشد می‌نماید. به هر حال، نظر به دلایل عملی، ضخامت شکاف هوا بزرگتر از 0,2 m طراحی نمی‌گردد. تضعیف در شکاف هوا بیشتر می‌گردد اگر حداقل یکی از عناصرهای پارتیشنی از لحاظ خم شدن نرم باشد، به طور مثال یک تخته نازک. به همین دلیل می‌باشد که عناصر ساختمانی با لایه شکاف هوا ترکیبی بیشتر موثر می‌باشند. دیوار های کانکریتی و یا هم دیوار های خشت پخته، تا اندازه زیاد عایقیت صوتی را فراهم می‌نمایند، البته تضعیف صوت در لایه شکاف هوا به آن افزوده می‌شود. در صورتیکه دیوار اولی از طرف داخل که از مواد قابل خم و نرم ساخته شده باشد و فاصله شکاف هوای آن الی 20 cm ضخامت داشته باشد، می‌توان تضعیف را تا 15 dB به دست آورد. با این حال، عایقیت صوتی عناصر ساختمانی با لایه شکاف هوا، به شکل نا مطلوب تحت تأثیر رزونانس قرار می‌گیرد.

این حالت در ساحهء فریکونسی رزونانس f_r (Hz) رخ می دهد و نظر به رابطه که در شکل 59 بیان گردیده است، محاسبه می‌گردد. از آنجاییکه:

m_1 وزن سطحی قسمت از دیوار می‌باشد که واحد آن kg/m^2 می باشد،

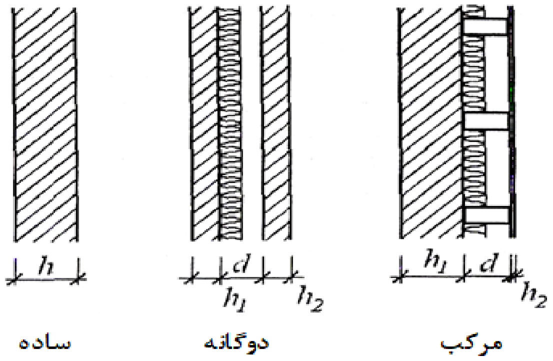
m_2 وزن سطحی قسمت از دیوار می‌باشد که واحد آن kg/m^2 می‌باشد، d ضخامت لایه شکاف هوا با واحد اندازه گیری (m) می باشد.

رزونانس عناصر ساختمانی با لایه شکاف هوا را نمی‌توان حذف کرد. با این حال، هدف طراحی این می‌باشد که فریکونسی رزونانس را در یک ساحهء فریکونسی پایین قرار دهیم که در آن صوت با حساسیت پایین درک می‌شود. این هدف را می‌توان با انتخاب مناسب ضخامت لایه شکاف هوا به دست آورد. در عمل مستلزم آن است که فریکونسی رزونانس نباید بیش از 70 Hz تجاوز کند و این عمل منجر به طراحی ضخامت شکاف لایه هوا می‌گردد:

فریکونسی رزونانس f_r (Hz)

$$f_r = 60\sqrt{\frac{1}{d}\cdot\left(\frac{1}{m_1'}+\frac{1}{m_2'}\right)}\ \text{(Hz)}$$

شکل59. محاسبه فریکونسی رزونانس



انواع دیوار های پارتیشنی

$$d_{\min} = 0{,}73\left(\frac{1}{m_1'}+\frac{1}{m_2'}\right) \qquad \text{(m)} \qquad (54)$$

یکی از پدیده های ناگوار دیگر که در عناصر با لایه شکاف هوا ایجاد می‌گردد، به اصطلاح نیمه رزونانس می‌باشد. این انتشار امواج ایستاده می‌باشد که در بین دو روی سطح موازی از دو عنصر جزئی به وجود می‌آید. رزونانس نیم موجی از طریق قرار دادن جاذب متخلخل در لایه شکاف هوا محدود می‌گردد. عمدتاً از بوریا و یا هم از تخته های الیاف معدنی استفاده می‌شود. لایه شکاف نباید با این ماده کاملاً پر شود. بهتر خواهد بود که این شکاف را تا نیمی از ضخامت آن پر نماییم. عایقیت صوتی عناصر های ساختمانی را که دارای لایه شکاف هوا می‌باشند، می‌توان با محاسبه تعیین نمود. برای تعیین قیمت تقریبی آن می‌توان از رابطه ذیل استفاده کرد:

$$R_W = \max(R_{W1}, R_{W2}) + K_m + K_d - K_f \qquad \text{(dB)} \qquad (55)$$

از آنجاییکه:

R_{W1}، R_{W2} - عایقیت صوتی عنصر 1 و یا عناصر 2 با واحد اندازه گیری (dB)،

K_m - ازدیاد عایقیت صوتی بخاطر تاثیرات وزن با واحد اندازه گیری (dB)،

K_d - ازدیاد عایقیت صوتی بخاطر تاثیرات تضعیف در لایه شکاف هوا با واحد اندازه گیری (dB)،

K_f - تنزیل عایقیت صوتی بخاطر تاثیرات رزونانس با واحد اندازه گیری (dB) می‌باشند.

افزایش (dB) K_m عایقیت صوتی بخاطر تاثیرات وزن دیوار دوم جزئی در جدول (10) نشان داده شده است.

R_{W1}-R_{W2}	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**	**12**	**15**	**20**	**25**	**30**	**40**
K_m	6	5,5	5	4,6	4,2	3,8	3,5	2,9	2,3	1,9	1,4	0,8	0,5	0,3	0,1

جدول 10. ازدیاد عایق بودن در مقابل نفوذ بخاطر تاثیرات وزن با واحد اندازه گیری (dB).

افزایش (dB) K_d عایقیت صوتی بخاطر تاثیرات تضعیف در لایه شکاف هوا با ضخامت (mm) d.

***d* (mm)**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**80**	**100**	**120**	**150**	**200**
K_{d1}	0	2	3,5	4,5	5,5	6,5	7	7	7,5	8
K_{d2}	1	3	4	5	6	8	9,5	11	12,5	15

جدول 11. ازدیاد عایقیت صوتی بخاطر تاثیرات تضعیف در لایه شکاف هوا با ضخامت (mm) d

قیمت K_{d1} زمانی استفاده می‌شود که هر دو عنصر جزئی انحنایی و سخت باشند. اگر یک یا هر دو عنصر جزئی انحنایی نرم باشند، سپس قیمت K_{d2} استفاده می‌شود.

جدول افزایش K_d را می‌توان مورد استفاده قرار داد اگر:

- عرض لایه شکاف هوا بیشتر از d_{min} باشد، به طور مثال در حدود 0,02 m - الی 0,2 m
- اگر در لایه شکاف هوا جاذب متخلخل قرار داده شود،
- هر دو عنصر جزئی بطور دقیق توسط یک لایه شکاف هوا در سراسر سطوح عناصر از هم جدا شده باشند، در $1m^2$ می‌تواند حد اعظمی سه نقطه تماس وجود داشته باشد (به طور مثال پرده، زیر سقفی)، و یا هم عناصر می‌باشند که توسط متصل کننده های مستقیم با هم وصل شده اند و حد اقل فاصله بین شان 0,5 m می‌باشد.

تنزیل عایق بودن در مقابل نفوذ بخاطر تاثیرات رزنانس (dB) K_f

K_d (dB) از جدول قبلی	**فریکونسی رزونانس (Hz) f_r– محاسبه نمودن نظر به رابطه (Hz) f_r**				
	31,5	**40**	**50**	**63**	**80**
0,0					
2,5					1,0
5,0				0,9	2,0
7,5			0,8	1,8	3,0
10,0		0,5	1,5	2,7	4,0
12,5	0,1	1,0	2,3	3,6	5,0
15,0	0,5	1,5	3,0	4,5	6,0

جدول 12. تونزیل عایقیت صوتی بخاطر تاثیرات رزنانس

1.5.7 اصول اساسی طراحی عایق بودن در مقابل نفوذ عناصر ساختمانی

عایقیت صوتی با بالا رفتن وزن سطحی و ضخامت عنصرافزایش می‌یابد. برای عناصری که از وزن حجمی بالاتر ساخته شده اند، این خاصیت بیشتر در آن وجود دارد. شرایط قابل قبول برای عناصر زمانی می باشد که دارای خواص عدم نفوذ پذیری هوا باشند و به خصوص حذف سوراخ ها در آن موجود می‌باشد، در ساحاتی که در آن از نوار استفاده شده٬ به عوض آن در آنجا از بتونه (putty) استفاده شود. عناصر هایکه دارای لایه شکاف هوا می‌باشند از موثریت خوب برخوردار می‌باشند (پارتیشن های دوگانه، سقف های که در آن سقف کاذب کار شده باشد، دیوارهای که دارای وزن بزرگ می‌باشند و درلایه قبل از دیوار آن از عایق استفاده شده باشد و غیره). مفید خواهد بود که عرض لایه شکاف هوا بین 100 تا 200 mm باشد. بهترین نتیجه را می‌توان زمانی به دست آورد، که اگر یکی از پارتیشن ها دارای وزن بالا باشد و دومی آن از تخته نرم انحنایی که متصل به چوکات می‌باشد، ساخته شده باشد.

در عمل، لازم است که بین عناصر که صوت را جذب می‌نمایند و فقط خواص آکوستیکی اطاق را اصلاح می‌نمایند و در آن جا نصب می‌باشند و عناصر که عایق بودن در مقابل نفوذ را فراهم می‌نمایند و انتقال صوت بین دو اطاق را در ساختمان محدود می‌نمایند تمایز قائل شویم. جذب کننده صوت همزمان نمی‌تواند یک عناصر خوب عایق صوت هم باشد. جذب کننده متخلخل با وزن کم خود، تخته های سوراخ دار با عایق بودن در مقابل نفوذ. جذب کننده صوت نوع صفحه ارتعاشی گر چه شباهت به عنصرعایق صوت که قبل از دیوار می باشد دارد، ولی اغلب بیشرین جذب را در ساحهء به اصطلاح فریکونسی رزونانس می‌نمایند. اینجا دقیقا همان ساحهء ای می‌باشد که در آن کاهش قابل توجهی عایقیت صوتی صورت می‌گیرد.

از نظر عایق صوت، ترجیح داده می‌شود که یک سیستم دیوار عرضی که در آن دیوارهای وزن بردار با وزن خود تضمین کننده ثبات ساختمان می‌باشند؛ همچنان فراهم کننده عایق صوتی کافی برای هر یک از فضاهای داخلی ساختمانی که از هم جدا می‌شوند باشند. برعکس مشکلات در عنصرهای اسکلتی وجود می داشته باشد، از آن جا که تلاش صورت می‌گیرد تا دیوار های تقسیماتی تکمیل کننده حداعظمی سبک گردند، این امر منجر به کم گرفتن خاصیت عایق صوت در آنجا می‌گردد. قیمت های بالاتر عایقیت صوتی ساختمانی دیوار های تقسیماتی که بیش از 53 dB باشد را در سیستم اسکلیت از لحاظ عملی نمی‌توان فراهم نمود.

تخته پوشش آهن کانکریتی با ضخامت 150 mm و یا هم پیش ساخته شده آهن کانکریتی با ضخامت 200 تا 250 mm که توسط موجودیت حفره ها سبک شده همراه با سقف کاذب، منحیث یک عنصر ساختمانی فی مابین دو آپارتمان مناسب می‌باشند. عایقیت صوتی در سقف های دارای گادر آهن کانکریتی، سقف ها با پوشش های سرامیکی سبک شده و سقف های ساخته شده ازتخته های فلزی و کانکریتی کمتر می‌باشند. در بعضی موارد، ضروری می‌باشد که سقفهای کاذب عایق صوت زیر این سقف ها طراحی شوند. بیش از حد سبک ساختن عناصر های سقفی باربر نه تنها متناقض به نیاز مندی های آکوستیکی می‌باشد، بلکه ثبات حرارتی ساختمان را نیز خراب می‌سازد، چون همین عناصر سقفی سنگین، فراهم کننده تراکم حرارتی بالا در خود می‌باشند.

1.5.8 عایق بودن در مقابل نفوذ صوت عناصر های پر کننده (کلکین و دروازه)

از لحاظ انتقال صوت، عناصر تکمیل کننده عناصر ساختمانی پیچیده می‌باشند، در مورد عایقیت صوتی آنها، شرایط مختلف تعیین کننده می‌باشد:

- تعداد و ضخامت تخته های شیشه و نحوه نصب آنها در چوکات قابل باز شدن کلکین،
- عرض فاصله شکاف هوا بین تخته های شیشه،
- طراحی چوکات قابل باز شدن و ثابت کلکین،
- پرکاری درز های چوکات قابل باز شدن و چوکات ثابت کلکین،
- پرکاری درزهای بین چوکات کلکین و دیوار احاطوی ساختمان.

کلاس (TZI)	R_W (dB)
0	≤ 24
1	25 – 29
2	30 – 34
3	35 – 39
4	40 – 44
5	45 – 49
6	≥ 50

جدول 13. کلاس های عایق صوت کلکین ها نظر به استندرد (STN 73 0532)

1.6 ارزیابی صوتی سیستم های شیشه ای

عناصر پر کننده بخشی از عناصر احاطوی ساختمان می‌باشد و البته الزامات آکوستیکی برای آنها نیز وجود دارد. بیشترین عناصر در این کتگوری، عناصر کلکین می‌باشد. برای رسیدن به پارامترهای مورد نیاز در این بخش، پروسه خیلی دشوار را باید طی کرد. نظربه اینکه 80 تا 85% از سطح یک کلکین را سیستم شیشه ای تشکیل می‌دهد، می‌توانیم بدون تأثیر قابل توجهی از عدم قطعیت، فرض کنیم که سیستم چوکات کلکین می‌تواند همان پارامترهای آکوستیکی مانند سیستم شیشه ای را داشته باشد. بر اساس این فرضیه، ما می‌توانیم موضوع عایق صوتی را به نفوذ انرژی صوت از طریق شکاف های تماس در عناصر کلکین و نفوذ انرژی صوت از طریق سیستم شیشه ای تقسیم نماییم.

در کتگوری اول نفوذ انرژی آکوستیکی از طریق منفذ های تماس نظر به پیشرفت قابل توجهی که امروز در ساخت عناصر کلکین صورت گرفته، نتایج بسیار خوبی به دست آمده است (استفاده از مواد مناسب و در نهایت تقاضای بالا برای این عناصرها در بخش تخنیک حرارتی و دقیق تر نمودن شرایط مورد نیاز برای کاهش ضایعات حرارتی از طریق نفوذ)، سهم این نفوذ از طریق شکاف های تماس در اقلیت می‌باشد.

اکثریت سهم را نفوذ انرژی صوت از طریق سیستم شیشه ای داشته و ما با جزئیات بیشتر به آن رسیدگی خواهیم کرد.

بر روی سیستم شیشه ای که فضا را به دو محیط تقسیم می‌نماید، صوت با یک فریکونسی و شدت معین اثر می‌نماید. این صوت نظر به شرح زیر تجزیه می‌شود:

1. سهم معین از صوت مکرراً به محیطی که از آن فرستاده شده بود دوباره برمی‌گردد. این سهم شامل موارد ذیل اند:

الف. از صوتی که از سطح سیستم شیشه ای در وابستگی به زاویه وارده منعکس می‌گردد،
ب. از صوتی که سیستم شیشه ای با تکان دادن خود آنرا دوباره می‌فرستد. این بخش به فریکونسی صوت و فریکونسی خود شیشه بستگی دارد.

2. سهم معین از صوت که در سیستم شیشه ای باقی می‌ماند. این سهم از موارد ذیل تشکیل شده اند:

الف. از صوتی که در اثر مقاومت سیستم شیشه ای در برابر تکان خوردن (ارتعاش) تبدیل به حرارت می‌شود،

ب. از صوتی که از طریق سیستم شیشه ای انتشار می‌یابد و توسط یک مواد پرکاری درزها انعطاف پذیر در سیستم چوکات تضعیف شده است، در صورتیکه مواد پرکاری درز ها نامناسب باشد، سیستم شیشه ای به اندازه کافی انعطاف پذیر نبوده و این قسمت از صوت به سیستم چوکات و یا هم به عناصر اطراف منتقل می‌شود.

3. سهم معین از صوت به محیط دیگر منتقل می‌شود. این سهم از موارد ذیل تشکیل شده اند:

الف. از صوتی که از طریق سیستم شیشه ای در وابستگی به سرعت انتشار امواج طولی عبور می‌نماید،
ب. از صوتی که سیستم شیشه ای در وابستگی به فریکونسی صوت و فریکونسی خود سیستم شیشه می‌فرستد.

تضعیف صوت سیستم شیشه ای بستگی دارد به:
الف. زاویه اثر و یا زاویه وارده صوت،
ب. فریکونسی صوت،
ج. مقاومت در برابر موج آکوستیکی صوت و سیستم شیشه ای،
د. از فریکونسی خود سیستم شیشه ای.

1.6.1 زاویه وارده صوت

اگر موج صوتی از طریق هوا وارد می‌شود، جایی که سرعت آن c_v و تحت زاویه α (زاویه که بین سیستم شیشه ای و خود موج صوت بوجود می‌آید) به سطح سیستم شیشه می‌افتد، جایی که c_s سرعت امواج طولی می باشد، انکسار (شکست موج) در طول موج تحت زاویه β صورت می‌گیرد و قانون انکسار سیندلوف مدار اعتبار می باشد :

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{BC}{AC} = \frac{c_v}{c_s} = n_{vs} \qquad (56)$$

از آنجاییکه:

n_{vs}- اندیکس نسبی انکسار می‌باشد.

اگر سرعت انتشار موج در محیط 2 کمتر از محیط 1 باشد، می‌توان گفت که انکسار طبیعی اتفاق می‌افتد (عمودی). اگر سرعت در محیطی که انتشار موج در آن بزرگتر انکسار می‌نماید، می‌توان بگوییم که انکسار طبیعی اتفاق می‌افتد (عمودی).

اگر انکسار از عمودی اتفاق می‌افتد، پس چنین یک زاویه وارده β وجود می‌داشته باشد که در آن $\sin\beta = 1$ مدار اعتبار می-باشد. این زاویه α_o را به نام زاویه محدود یاد می‌نمایند و چنین مدار اعتبار می‌باشد:

$$\sin\alpha_o = \frac{c_v}{c_s} = n_{vs} \qquad (57)$$

اگر زاویه وارده چنین باشد که در آن $\sin\alpha > n_{vs}$ باشد، انتشارامواج از محیط 1 به محیط 2 نفوذ نمی‌نماید و انعکاس کامل رخ می‌دهد.

برای شیشه $c_s = 5200$ m/s می باشد، برای هوا $c_v = 340$ m/s می باشد، یعنی $\sin\alpha_o = 0{,}066$. این عملاً بدان معنی است که تمام انرژی صوتی که بر سیستم شیشه ای وارد می شود از آن عبور می‌نماید.

1.6.2 فریکونسی صوت

صوت از فریکونسی های مختلف از طریق سیستم شیشه ای به طور یکسان عبور نمی‌نماید و به همین ترتیب گوش انسان نیز تمام فریکونسی های صوت را به طور مساوی احساس نمی‌کند. بنابراین در هنگام ارزیابی، ما ساحهء یاد شده در فوق را در محدوده 100 تا 3150 Hz مدار اعتبار قرار می‌دهیم.

1.6.3 مقاومت موج آکوستیکی شیشه ای

مقاومت در برابر موج آکوستیکی توسط عبارت بیان می‌شود:

$$z_s = \rho \,.\, c \qquad (\text{N.s.m}^{-3}) \qquad (58)$$

از آنجاییکه:

ρ- کثافت شیشه با واحد اندازه گیری (kg/m^3)،

c- سرعت امواج طولی با واحد اندازه گیری (m/sec) می باشد.

سرعت امواج طولی را نظر به رابطه ذیل تعیین می‌نماییم:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho\left(1-\mu^2\right)}} \qquad (\text{m/sec}) \qquad (59)$$

از آنجاییکه:

E - مودول الستکیت(ارتجاعیت) شیشه با واحد اندازه گیری (Pa)،

ρ - وزن مخصوص شیشه با واحد اندازه گیری (kg/m^3)،

μ - ضریب ثابت پواسونی شیشه (Poisson's constant of glass) می‌باشد.

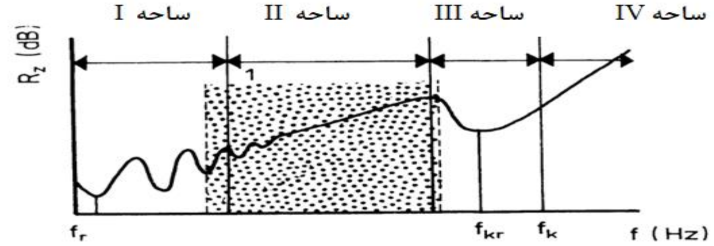
از این جا می‌توان نتیجه گرفت که عایقیت صوتی سیستم شیشه وابسته به وزن سطحی آن می‌باشد.

1.6.4 وابستگی به فریکونسی خود شیشه

تخته شیشه ای همانند تمام اجسام ارتعاشی از خود دارای فریکونسی می‌باشد. اگر فریکونسی صوت که بر روی سیستم شیشه ای وارد می شود مساوی با فریکونسی خود سیستم شیشه ای باشد، پس ما شاهد اتفاق افتادن رزونانس می باشیم، یعنی در مجاورت این فریکونسی، سیستم شیشه ای با اثرات ضعیف ارتعاش می-نماید و سیستم شیشه ای صوت را در سمت منبع جذب می‌نماید و در سمت دیگر تشعشع می‌دهد.

1.6.5 ارتباط عایقیت صوتی(در مقابل انتشار صوت از طریق هوا) از فریکونسی

با فرض اینکه خواص صوتی یک سیستم شیشه ای با هم یکسان می‌باشد (پنل ها از شیشه شناور یا از شیشه کشش داده شده که به شکل یکسان در چوکات نصب شده اند)، می‌توانیم چنین سیستم شیشه ای را منحیث یک غشاء همگون ومتجانس (homogeneous membrane) فرض نماییم که ضخامت آن نظر به ابعاد دیگر سیستم شیشه ای ناچیز است) زیرا آنها یک زون منتشرهمشابه را نشان می-دهند و از طریق جزئیات سیستم شیشه ای جریان حجمی هوای صفر را دارا می‌باشند. در بعضی ازدسته های فریکونسی، عایقیت صوتی کاهش و در بعضی افزایش می‌یابد. تمام پروسه را می‌توان به چهار حوزه تقسیم کرد:



شکل60. جریان عمومی وابستگی درجه عایقیت صوتی R_Z (dB) از فریکونسی f (Hz) پانل نازک

I. ساحهء به علت عملکرد رزونانس با قیمت پایین عایقیت صوتی مشخص گردیده است. پایین ترین فریکونسی رزونانس f_r (Hz) را پانل کاملاً معلق می‌داشته باشد. لازم است که فریکونسی رزونانس f_r پانل شیشه ای تحت طیف ساحهء مورد بررسی، یعنی $f_r < 100$ Hz باشد.

II. ساحهء به علت وابستگی به وزن سطحی پانل شیشه ای و فریکونسی با قیمت بالاتر عایقیت صوتی مشخص گردیده است. نقطه پایانی ساحهء مرزی می‌باشد که سیستم شیشه ای شروع می‌نماید به تأثیر گذاری بر فریکونسی بحرانی f_{kr} (Hz) که همچنین کمترین فریکونسی تصادفی (coincidence frequency) می‌باشد $\lambda < \lambda_d$ در حالیکه λ طول موج وارده با واحد اندازه گیری (m) بوده و λ_d طول موج صوت در پانل شیشه با واحد اندازه گیری (m) می باشد.

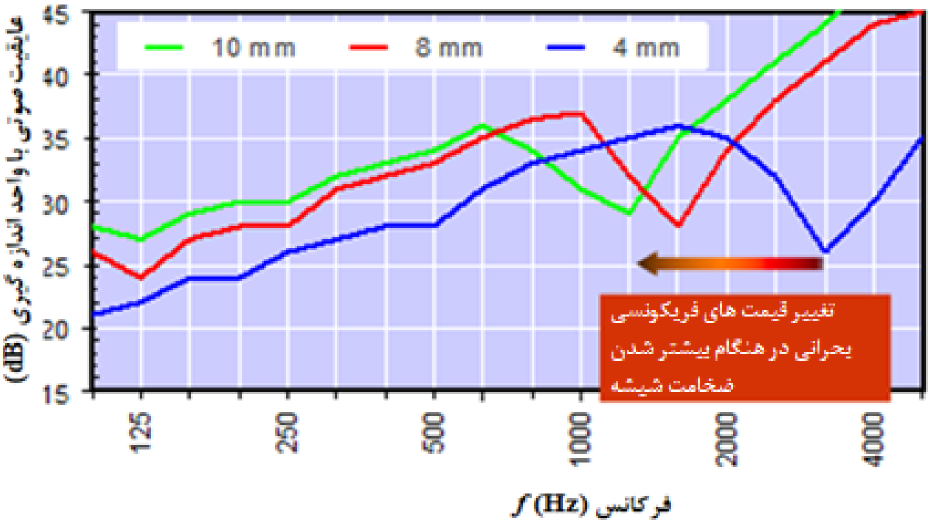
III. ساحهء به علت تصادف با کاهش درجه عایقیت صوتی مشخص گردیده است. برای تطابق موجی که در ساحهء فریکونسی $f_{kr} < f_k < 2{,}5\times f_{kr}$ باشد، پانل شیشه ای می‌تواند موجی را که از طریق آن عبور می‌یابد با همان شدت که موج وارد می شود تشعشع بدهد. فریکونسی که در آن پایین ترین کاهش در عایقیت صوتی در اثر تصادف صورت می گیرد، بنام فریکونسی تصادفی f_k (Hz) یاد می‌شود. مناسب خواهد بود که این فریکونسی خارج از طیف عایق صوت قرار داشته باشد $f_k > 3150$(Hz).

IV. ساحهء به علت بلند رفتن دوباره قیمت درجه عایقیت صوتی نظر به وزن سطحی پانل شیشه ای و فریکونسی مشخص می‌شود.

ضخامت پانل شیشه ای t (mm)	وزن سطحی m (kg/m^2)	اندیکس عایقیت صوتی R_w (dB)	فریکونسی رزونانسی f_r (Hz)	روزنانس تصادفی f_k (Hz)	درجه اوسط عایقیت صوتی R_z (dB)
2	5,0	21 – 24	160 – 200	> 3150	22 – 24
3	7,5	23 – 24	160 – 200	> 3150	25
4	10,0	25	125	3150	25
6	15,0	26 – 29	< 100	2500	27
8	20,0	28 – 31	< 100	2000 – 2500	28
10	25,0	33	< 100	1600 – 2000	29 – 30
12	30,0	31 – 33	< 100	1250	32
15	37,5	31 – 33	< 100	1000	34

جدول 14. خواص فیزیکی و تخنیکی یک سیستم شیشه ای ساده که بیانگر خواص عایق ضد صوت آنرا بیان می نماید

در یک سیستم یک شیشه ای، سعی می‌کنیم تا پارامترهای آکوستیک بهتر را بدست بیآوریم. این امر با افزایش ضخامت شیشه که منجر به بلند رفتن وزن سطحی آن می‌گردد همراه خواهد بود. ضریبریسک این شیوه در این می‌باشد که با افزایش ضخامت پانل شیشه، فریکونسی بحرانی پانل مذکور به دسته فریکونسیی که در آن سیستم شیشه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد نقل مکان می‌نماید، خواص عایقیت صوتی آن برای گوش انسان پایین می‌آید شکل (61).



شکل61. تأثیر ضخامت یک سیستم یک شیشه ای بر عایقیت صوتی

در انترول $2 \le t \le 9$ mm، ما می‌توانیم عایقیت صوتی سیستم شیشه ای (پانل شیشه ای) را با: نظر به رابطه ذیل تعیین نماییم:

$$R_w = 13{,}6 \log t + 18{,}9 \quad \text{(dB)} \qquad (60)$$

از آنجاییکه:

t - ضخامت پانل شیشه ای با واحد اندازه گیری (m) می‌باشد،

به همین طور در انتروال $5 \le m \le 22{,}5$ kg/m^2 :

$$R_w = 13{,}5 \log m + 13{,}6 \qquad \text{(dB)} \qquad (61)$$

از آنجاییکه:

m - وزن سطحی پانل شیشه ای با واحد اندازه گیری (kg/m^2) می‌باشد.

افزایش بیشتر ضخامت خود شیشه، تاثیر عمده ای بر بهبود پارامترهای صوتی نمی‌داشته باشد.

1.6.6 سیستم های چندگانه شیشه ای

تا کنون ما تنها سیستم یک شیشه ای را مورد توجه قرار داده ایم. برای سیستم های شیشه ای دوگانه و چندگانه، این وضعیت نظر به تعداد بیشتری از پانل های شیشه ای پیچیده تر می‌باشد و اثرات لایه های گاز که در بین لایه های شیشه ای جا داده شده است نیز تحت تاثیر این عوامل قرار می‌گیرد. با اندازه گیری های تجربی تأیید شده است که الی ضخامت 2cm، لایه گاز بالای بلند رفتن عایقیت صوتی سیستم شیشه ای تاثیر نمی‌گذارد، به خاطریکه به شکلسفت و سخت عمل می‌نماید - بدین معنی که پانل های مجاور خود را به ارتعاش فازی هم زمان مجبور می‌سازد. در هنگام بیشتر نمودن ضخامت لایه گاز با بالاتر از این قیمت، عایقیت صوتی با قیمت های درج شده در جدول (15) افزایش می‌یابد.

d (mm)	20	30	40	50	60	80	100	120	150	200
ΔR (dB)	0	2	3,5	4,5	5,5	6,5	7	7	7,5	8

جدول15. افزایش عایقیت صوتی در وابستگی به ضخامت لایه هوا

تأثیر طنین (در منطقه فریکونسی پایین) بر روی سیستم های شیشه ای دو گانه با استفاده از پانل های شیشه ای که در آن $t \le 4$mm باشد ظاهر می‌شود و تأثیر تصادف (در منطقه فریکونسی بالا) در ضخامت پانل های شیشه ای که در آن $t \ge 5$mm باشد رخ می‌دهد. از نقطه نظر ترکیب ضخامت پانل های شیشه ای در یک سیستم شیشه ای دوگانه، بهتر خواهد بود که برای پانل ببیرونی شیشه (از جهت افتاد انرژی صوت) از یک ضخامت بزرگتر $5 \le t_1 \le 12$mm استفاده شود.

اینکار درجه عایقیت صوتی را در انحنایی فریکونسی پایین فراهم می‌نماید و پانل داخلی شیشه در ضخامت $t_2 \le 4$ mm استفاده می‌شود، به عنوان ماده انحنایی ارتجاعی عمل می‌نماید و عایقیت صوتی بهتری را در فریکونسی های متوسط و بالا فراهم می‌نماید. برای سیستم شیشه ای دوگانه می‌توانیم اندیکس عایقیت صوتی آن را توسط محاسبه و نظر به رابطه ذیل تعیین نماییم:

$$R_w = 18{,}7 \cdot \log (m_1 + m_2) + 13{,}6 \cdot \log d - 206{,}15 \qquad \text{(dB)} \qquad (62)$$

از آنجاییکه:

m_1 - وزن سطحی پانل شیشه ای بیرونی با واحد اندازه گیری (kg/m^2)،

m_2 - وزن سطحی پانل شیشه ای داخلی با واحد اندازه گیری (kg/m^2)،

d - ضخامت حفره های گاز در داخل سیستم شیشه ای با واحد اندازه گیری (m) می‌باشند.

1.7 محافظت در مقابل سروصدا ناشی از برداشتن قدم

سروصدا ناشی از برداشتن قدم توسط تکان های دینامیکی که در هنگام قدم زدن به سقف وارد می‌شود به وجود می‌آید. به صوت های متعلق می‌باشد که از طریق لرزش عناصر ساختمان گسترش می‌یابد و از جمله اصوات نامشخص به شمار می‌رود. سروصوت ناشی از برداشتن قدم را می‌توان چنین محدود نمود:

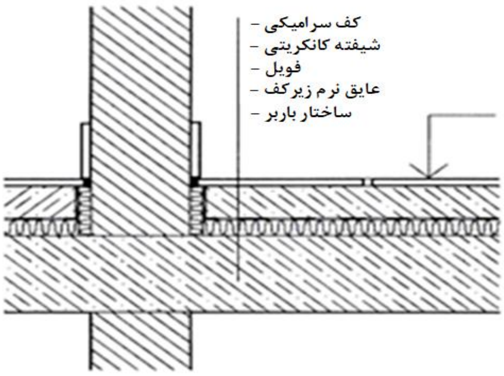
- با استفاده از مواد نرم در لایه تماس با پا، عناصر کف (فرش، پوشش کف با یک پارچه نرم، زیر فرشی و غیره)
- با استفاده از یک لایه ضد صوت در عناصر کف که گسترش لرزش از کف را به عنصر باربر سقف محافظت نماید (کف شناور).

در هنگام طراحی عنصر کف، می‌توانیم از انواع خواص زیر استفاده کنیم:

- کفپوش نرم (فرش، پوشش کف مانند PVC و غیره)، برخی از انواع لایه های تماس کف، تجاوز نه نمودن از قیمت های حد مجاز L_{nW}'(dB) را فراهم می‌نماید،
- کفپوش سخت (به عنوان مثال کاشی های سرامیکی) که مستقیما در شیفته کانکریتی قرار داشته باشد، هیچگونه محافظت را در مقابل سر و صدا ناشی از قدم زدن را ایجاد نمی‌کند و نمی‌توان آنرا در اماکن که اقامه دائمی افراد در آن موجود است طراحی نمود،
- کفپوش با عایق های حرارتی به طور عموم دارای عایق حرارتی از نوع PPS می‌باشند و این مواد برای عایق صوت مناسب نیستند. این نوع کفپوش ها تنها برای عناصر های کف که در پایین ترین طبقه یک ساختمان قرار دارند و با زمین در تماس می‌باشند پیشنهاد شده است،
- کفپوش با عایق های ضد صوت شامل یک لایه از مواد نرم و اغلب فایبر می‌باشد که لایه تماس با پا در کف را از عناصر باربر جدا می‌نماید. این کفپوش ها در تمام طبقه های دیگر ساختمان و در هر جا که استفاده از لایه های نرم در عناصر کف محدود شمرده می‌شود طراحی می‌گردد،
- کفپوش شناور سبک وزن متشکل از عایق صوت که بر روی عنصر سقف گذاشته شده است و بالای آن شیفته کانکریتی معمولی کار شده است می‌باشد. کفپوش شناور باید از دیوار های عمودی عایق کاری شود تا صوت را از کف از طریق دیوار عبور ندهد،
- کفپوش شناور سنگین وزن بهترین محافظت کننده در مقابل سروصوت ناشی از قدم زدن می‌باشد. لایه کانکریتی با حداقل 40 mm ضخامت همیشه با یک فویل از لایه عایق نرم جدا شده است و نباید در هیچ موقعیتی حتی در لبه ها، با دیگر عناصرهای ساختمان در لمس باشد.

عایق صوت ناشی از تکان، اثرات قدم برداشتن در عناصر کف ساختمان را کاهش می‌دهد. به عنوان سطح صوت تکان L_n (dB) در زیر کف اطاق بیان شده است. بر اساس ستندرد های EN ISO 140 در محدوده فریکونسی مشابه مانند عایق صوت

که توسط هوا انتشار می‌یابد اندازه گیری شده است و نظر به ستندرد های EN ISO 717-2 از طریق وزن کردن در سطح صوت تکان به عنوان یک ارزش واحد بیان می‌شود.



شکل62. کفپوش شناور

شکل63. عایقیت صوتی در هنگام قدم برداشتن

1.8 پروگرام های محاسباتی برای ارزیابی آکوستیک در ساختمان ها

طراحی مهندسی ساختمان ها و ارزیابی کیفیت محیط داخل در ساختمان ها مستلزم توجه به صدا در فضاهای داخلی و خارجی و همچنین آکوستیک محیطی داخل ساختمانها می باشد. در ساحهء عمل، متخصصان بدون استفاده از تکنالوژی کامپیوتر حل مشکلاتی صوتی را انجام داده نمی توانند. چندین پروگرام های کامپیوتری در جهان وجود دارد که بشکل جامع و یا هم متمرکز بر حل مشکلات صوتی جزئی تمرکز نموده اند. جدول 16 نمای کلی از برخی از پروگرام هایی است که می تواند توسط انجنیران و محصلین در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

اسم پروگرام	صفحه/ محل استفاده WWW
Acoustic2D	مدل سازی و تجسم ساده بازتاب صدا در اتاق ها.
Acoustic3D	https://taubmancollege.umich.edu/resources/technology/computing/software
EASE®	https://ease.afmg.eu
AcouSTO	این اجازه می دهد تا معادلات لاپلاس ، پواسون و هلمهولتز را حل کنید
	http://acousto.sourceforge.net/
CADNA	محاسبه ، ارائه ، ارزیابی و پیش بینی سر و صدا در محیط.
	https://www.datakustik.com/products/cadnaa/cadnaa/
EASE Focus 3	راه حل آکوستیک فضایی در سالون ها با تماشاگران
	https://focus.afmg.eu/
FDAC3DMOD	حل معادله سه بعدی سرعت و فشار صوتی با استفاده از روش اختلافات محدود در حوزه زمان
	https://sourceforge.net/projects/fdac3dmod/

IMMI	محاسبه سر و صدا در صنعت. محاسبه سر و صدا در ترافیک. به مفهوم بخشنامه EC. 49/2002 / محاسبه سر و صدا در فضاهای کاری.
	https://www.immi.eu/fa/applications.html
I-SIMPA	مدل سازی سه بعدی انتشار صدا در فضای داخلی و خارجی ،
	https://i-simpa.univ-gustave-eiffel.fr/
Odeon	شبیه سازی و اندازه گیری آکوستیک داخلی
	https://odeon.dk/
Olive Tree Lab Suite	آکوستیک اتاق ، دفتر در فضای باز ، انتشار صدا در فضای باز.
	https://www.med Mediterraneanacoustics.com/olive-tree-lab-suite.html
ViennaSHE	راه حل قطعی معادله بولتزمن
	https://www.iue.tuwien.ac.at/software/viennashe/

جدول 16. نمای کلی پروگرام های کاربردی برای حل آکوستیک در فضای داخلی ساختمان و در محیط های شهری.

مثال های محاسباتی

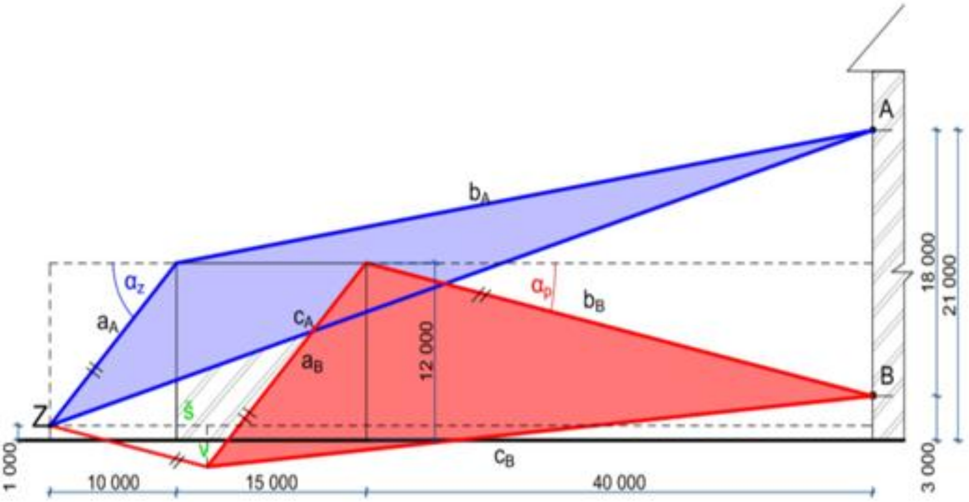
مثال اول :

سطح سرو صدا را در محلات A و B ساختمان پس از عبور صدا از طریق یک مانع تعیین نمایید.

قیمت های ورودی:

$f_1 = 250$ Hz
$f_2 = 500$ Hz

$L_1 = 80$ dB	$t_1 = 450$ s	$l_1 = 10$ m	$v_0 = 12$ m
$L_2 = 85$ dB	$t_2 = 3100$ s	$l_2 = 40$ m	$v_1 = 21$ m
$L_3 = 90$ dB	$t_3 = 2500$ s	$\check{s} = 15$ m	$v_2 = 3$ m
$L_4 = 95$ dB	$t_4 = 800$ s		
$L_5 = 100$ dB	$t_5 = 350$ s		



معادل سطح سر و صدا:

$$L_{Aeq} = L_{Beq} = 10\log\left[\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n}(t_i \cdot 10^{0,1 \cdot Li})\right]$$

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$$

$$T = 450 + 3100 + 2500 + 800 + 350$$

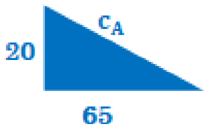
$$T = 7200 \text{ s}$$

$$L_{Aeq} = L_{Beq} = 10\log\left[\frac{1}{7200}(450 \cdot 10^{0,1 \cdot 80} + 3100 \cdot 10^{8,5} + 2500 \cdot 10^{9} + 800 \cdot 10^{9,5} + 350 \cdot 10^{10})\right]$$

$$L_{Aeq} = L_{Beq} = 91{,}23 \text{ dB}$$

محاسبه برای نقطه A:

$$L^*_A = L_{Aeq} - 20\log\frac{c_A}{l_r} = 91{,}23 - 20\log\frac{68{,}01}{10} = 74{,}58 \text{ dB}$$



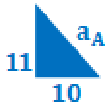
$c^2 = a^2 + b^2$ $\boxed{c_A = 68{,}01\ m}$

$\Delta L_A = 5 + 10\log(6N+1)$ $\boxed{\Delta L_{A1} = 18{,}78 \text{ dB}}$ $\boxed{\Delta L_{A2} = 21{,}70 \text{ dB}}$

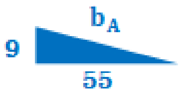
N - Fresnel Number

$N = \frac{f}{170}.\partial_A$ ⟶ $\boxed{N_1 = \frac{250}{170}.2{,}59 = 3{,}81}$ $\boxed{N_2 = \frac{500}{170}.2{,}59 = 7{,}62}$

$\partial = a_A + b_A - c_A$ $\boxed{\partial = 14{,}87 + 55{,}73 - 68{,}01 = 2{,}59}$



$c^2 = a^2 + b^2$ $\boxed{a_A = 14{,}87\ m}$



$c^2 = a^2 + b^2$ $\boxed{b_A = 55{,}73\ m}$

$L_{A1} = L^*_A - \Delta L_{A1}$ $\boxed{L_{A1} = 74{,}58 - 18{,}78 = 55{,}80 \text{ dB}}$

$L_{A2} = L^*_A - \Delta L_{A2}$ $\boxed{L_{A2} = 74{,}58 - 21{,}70 = 52{,}88 \text{ dB}}$

محاسبه برای نقطه B:

$$L_B = L_{Beq} - 20\log\frac{c_B}{l_r} - \Delta L_P$$

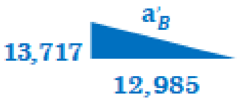
$\Delta L_P = \Delta L_{B+}\Delta L_S$ ⟶ $\boxed{\Delta L_{P1} = 31{,}62 \text{ dB}}$ $\boxed{\Delta L_{P2} = 36{,}04 \text{ dB}}$

$\Delta L_B = 5 + 10\log(6N+1)$ $\Delta L_{B1} = 22{,}798 \text{ dB}$ $\Delta L_{B2} = 25{,}77 \text{ dB}$

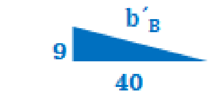
N - Fresnel Number

$N = \frac{f}{170}.\partial_\beta$ ⟶ $\boxed{N_1 = \frac{250}{170}.6{,}712 = 9{,}871}$ $\boxed{N_2 = \frac{500}{170}.6{,}712 = 19{,}741}$

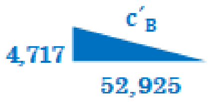
$\partial_\beta = a'_B + b'_B - c'_B$ $\boxed{\partial_\beta = 18{,}847 + 41 - 53{,}135 = 6{,}712}$



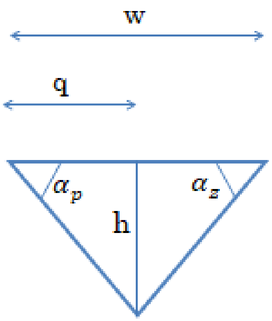
$a'^2_B = \sqrt{13{,}717^2 + 12{,}925^2}$ $\boxed{a'_B = 18{,}847\ m}$



$$b'^2_B = \sqrt{9^2 + 40^2}$$ $$\boxed{b'_B = 41\ m}$$



$$c'^2_B = \sqrt{4{,}717^2 + 52{,}925^2}$$ $$\boxed{c'_B = 53{,}135\ m}$$



$$\tan\alpha_z = \frac{11}{10} \qquad \boxed{\alpha_z = 47{,}73°}$$

$$\tan\alpha_p = \frac{9}{40} \qquad \boxed{\alpha_p = 12{,}68°} \quad \Rightarrow \quad \boxed{K = 4{,}8}$$

$$\tan\alpha_p = \frac{h}{q} \Rightarrow h = \tan\alpha_p \,.\, q$$

$$\tan\alpha_z = \frac{h}{(w-q)} \Rightarrow h = \tan\alpha_z \,.\, (w-q)$$

$$\tan\alpha_p \,.\, q - \tan\alpha_z \,.\, (w-q)$$

$$0{,}225\ q = 1{,}1\ .(15-q)$$

$$\boxed{q = 12{,}075\ m} \qquad \boxed{h = 2{,}717\ m}$$

$$\Delta L_w = K\ .\log .\ \frac{f\,.\,w}{54{,}5}$$

$$\Delta L_{w1} = 4{,}8\ .\log .\ \frac{250\,.\,15}{54{,}5} = 8{,}82\ dB$$

$$\Delta L_{w2} = 4{,}8\ .\log .\ \frac{500\,.\,15}{54{,}5} = 10{,}27\ dB$$

$$L_{B1} = 91{,}23 - 20\log .\ \frac{53{,}135}{10} - 31{,}62 = 45{,}10\ dB$$

$$L_{B2} = 91{,}23 - 20\log .\ \frac{53{,}135}{10} - 35{,}04 = 41{,}68\ dB$$

نتیجه:

سطح صدا در اطاق A در فرکانس 250 Hz = 55,80 dB و در فرکانس 500 Hz = 52,88 dB می باشد.

سطح صدا در اطاق B با مانع در فرکانس 250 Hz = 45,10 dB و در فرکانس 500 Hz = 41,68 dB می باشد.

مثال دوم:

منبع با سطوح قدرت (توان) صوتی در داخل اطاق جابجا شده اند:

مساحت: 6m x 6m ، ارتفاع 2,7m

دیوارها پلاستر شده اند، کف مشمع لینویوم، کلکین ها و دروازه شیشه ای با مساحت $10m^2$

سطح فشار آکوستیکی L_A در ساحهء امواج منعکس شده تعیین نمایید و شعاع طنین r_K را تعیین نمایید

قیمت های ورودی:

ضریب جذب صوت α با واحد اندازه گیری (-) مواد انتخاب شده

عناصر – مواد ضخامت / جابجایی	فریکونسی f (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
کانکریت متراکم	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05
کانکریت سبک شده	0,20	0,22	0,23	0,25	0,21	0,26
چوکی خالی روکش شده در صحن سالون /1 دانه	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30
چوکی اشغال شده روکش شده در صحن سالون /1 دانه	0,25	0,30	0,40	0,45	0,45	0,40
چوکی خالی چوبی در صحن سالون /1 دانه	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
تخته ای ساخته شده از بوره اره چوب (20/50 الی 150)	0,30	0,25	0,10	0,08	0,05	0,04
تخته از بوره اره چوب (بیرون بر آمده)	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
تخته فیبردار از چوب نرم	0,10	0,15	0,55	0,52	0,50	0,45
تخته از پلی استایرن فوم 18 االی 32	0,02	0,02	0,03	0,08	0,14	0,29
فرش بوکله (0/ 5)	0,08	0,10	0,10	0,21	0,43	0,78
فرش پشمی (0 / 10)	0,13	0,11	0,15	0,30	0,63	0,90
لینولیم (0/ -)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
دهنه کلکین شیشه ای	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04
پلاستر از خاک رس نقاشی شده (0/ -)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
پلاستر نقاشی شده با رنگ روغنی	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
تخته سه لا یک ورق (70 / 18)	0,27	0,08	0,11	0,09	0,09	0,20
تخته کاغذ گچ (100 / 9.5)	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03
تخته چوبی پارکیتی (0 / -)	0,03	0,04	0,06	0,12	0,10	0,17
سطح آب	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
دیوار خشتی بدون پلاستر(0 / -)	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07

جدول محاسباتی:

4000		2000		1000		500		250		125		F (Hz)	روی سطح
α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	S (m^2)	
0,04	3,632	0,04	3,632	0,03	2,724	0,02	1,816	0,02	1,816	0,02	1,816	90,8	1. پلاستر
0,04	1,44	0,04	1,44	0,03	1,08	0,03	1,08	0,02	0,72	0,02	0,72	36	2. کف
0,04	0,4	0,06	0,6	0,1	1	0,15	1,5	0,2	2	0,3	3	10	3. شیشه
	5,472		5,672		4,804		4,396		4,536		5,536	$\sum S = (m^2)$	
0,04		0,041		0,035		0,032		0,033		0,04		$\overline{\alpha}\ (-)$	
0,337		0,343		0,315		0,301		0,305		0,339		r_K (m)	
81,4		83,7		86,1		98,8		92,5		98,2		$L_p = L_W$ (dB)	
79,862		82,001		85,15		98,249		91,808		96,611		L (dB)	
1		1,2		0		-3,2		-8,6		-16,1		K_A (dB)	
80,862		83,201		85,15		95,049		83,208		80,561		$X = L+K_A$	
121 955 109,40		208 977 726,40		327 340 694,90		319 815 862,20		209 314 830,30		113 788 926,40		$10^{0,1x}$	
4179535909												$\sum 10^{0,1x}$	
96,211												L_A (dB)	

محاسبه نمونه ای برای فرکانس 125 Hz

1. پلاستر

$S = 90{,}8\ m^2$ $\quad A = \sum (S_i \,.\, \alpha_i)$

$\alpha = 0{,}02$ $\quad A_0 = 1{,}816$

2. کف

$S = 36\ m^2$

$\alpha = 0{,}02$ $\quad A_p = 0{,}72$

3. شیشه

$S = 10\ m^2$

$\alpha = 0{,}3$ $\quad A_s = 3$

---

4. $\sum S = 136{,}8\ m^2$ $\quad A = 5{,}536$

5. $\bar{\alpha} = \frac{A}{\sum S_i}$ $\quad \bar{\alpha} = \frac{5{,}536}{136{,}8} = 0{,}04$

6. $r_K = \sqrt{\frac{A \,.\, Q}{16 \,.\, \pi \,.\, (1-\bar{\alpha})}}$ $\quad r_K = \sqrt{\frac{5{,}536 \,.\, 1}{16 \,.\, \pi \,.\, (1-0{,}04)}} = 0{,}339\ m$

7. $L_p = L_w = 98{,}2\ dB$

8. $L = L_p + 10 \log \frac{4 \,.\, (1-\bar{\alpha})}{A}$ $\quad L = 98{,}2 + 10 \log \frac{4 \,.\, (1-0{,}04)}{5{,}536} = 96{,}611\ dB$

9. $K_A = -16{,}1\ dB$

10. $X = L + K_A$ $\quad X = 96{,}611 - 16{,}1 = 80{,}561\ dB$

11. $10^{0{,}1\,X} = 10^{0{,}1\,.\,80{,}561} = 113\ 788\ 962{,}4$

12. $\sum 10^{0{,}1\,X} = 10^{0{,}1\,.\,80{,}561} = 4\ 179\ 535\ 909$

13. سطح آکوستیکی سرو صدا

$$L_A = 10 \log \left(\sum 10^{0{,}1\,X} \right) = 96{,}211\ dB$$

سرحد شدت **آکوستیکی** با واحد اندازه گیری (dB)

نمونه از وقوع	**سرحد فشارآکوستیکی** **L (dB)**	**شدت آکوستیکی** **I (W/m^2)**	**فشار آکوستیکی** **p (Pa)**
سرحد بدرد آمدن	تقریباً 130	تقریباً 10	تقریباً 60
دیسکوتیک	100	10^{-2}	2
سرک با بیروبار زیاد	80	10^{-4}	0,2
دفتر	60	10^{-6}	0,02
اطاق نشیمن	40	10^{-8}	0,002
اطاق خواب شبانه	20	10^{-10}	0,0002
سرحد شنوایی	0	10^{-12}	0,00002

جدول 1. مثال های سرحد شنوایی

نتیجه:

قیمت های محاسبه شده شعاع انعکاس برای هریک از جذب ها را در جدول یاداشت نمودیم.

سطح فشار آکوستیکی **L_A = 96,211 dB**.

این قیمت از قیمت حد اکثر در محیط کاری که برابر به 85 dB می‌باشد بیشتر می‌گردد. برای مقایسه نمودن جدول بالای نتیجه می‌باشد. توصیه می‌شود که این قیمت را بخاطر عضو شنوایی کاهش دهید و یا در مقابل آن محافظت کنید، برای مثال با استفاده از صوت خفه کن ها و قرار دادن تفریح های آرام بخش در مدت زمان کاری. بدیهی است که معاینات پیشگیرانه نزد داکتر باید انجام شود.

مثال سوم / الف:

سطح سر و صدا L_{ix} را در داخل یک اطاق مورد ارزیابی تعیین نمایید.

قیمت های ورودی:

$\rho_1 = 700$ kg.m^{-3} $\quad$ $h_1 = 0,3$ m

$\rho_2 = 1450$ kg.m^{-3} $\quad$ $h_2 = 0,32$ m

ρ(ستون) = 2400 kg.m^{-3}

α (دیوار ها) = 0,2 $\quad$ $W_1 = 0,002$ W

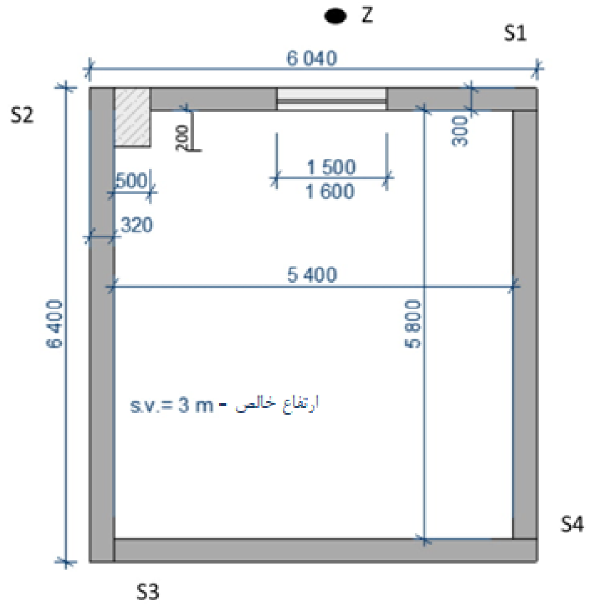
α (کف) = 0,75 $\quad$ $P_2 = 0,85$ Pa

α (سقف) = 0,2 $\quad$ $R_b = 30$ dB

α (کلکین) = 0,15

منبع نقطه ای, $l_1 = 15$m (فاصله منبع از دیوار)

رسم:



محاسبه:

شیوه 1:

مساحت داخلی:

S کلکین = 1,5 . 1,6 = 2,4 m^2

S ستون = 0,5 . 3 = 1,5 m^2

S بام = 5,4 . 5,8 – 0,5 . 0,2 = 31,22 m^2

S کف = 5,4 . 5,8 – 0,5 . 0,2 = 31,22 m^2

$S_{1S} = 5,4 \cdot 3 - [(0,5 \cdot 3) + (1,5 \cdot 1,6)] = 12,3$ m^2 (ستون: $0,5 \cdot 3$ ؛ کلکین: $1,5 \cdot 1,6$)

$S_{2S} = 5,8 \cdot 3 = 17,4$ m^2

$S_{3S} = 5,4 \cdot 3 = 16,2$ m^2

$S_{4S} = 5,8 \cdot 3 = 17,4$ m^2

مساحت مسطحی:

$$m_j = \rho \cdot h \ [\text{kg/m}^2]$$

$m_{s1} = 700 \cdot 0,3 = 210$ kg/m^2

$m_{s2} = 1450 \cdot 0,32 = 464$ kg/m^2

m ستون = 2400 . 0,5 = 1200 kg/m^2

} > 200 kg/m^2 ➡ $\bar{R} = 23 \cdot \log m_j - 9$ [dB]

درجه عایقیت صوتی هوا:

$\overline{R_{S1}} = 23 \,.\, \log 210 - 9 = 44{,}41 \text{ dB}$

$\overline{R_{S2}} = 23 \,.\, \log 464 - 9 = 52{,}33 \text{ dB}$

$\overline{R_{\text{ستون}}} = 23 \,.\, \log 1200 - 9 = 61{,}82 \text{ dB}$

درجه نهایی $\overline{R_v}$ دیوار ترکیب شده:

$$\overline{R_v} = 10 \log \frac{S_{\text{ستون}} + S_{\text{کلاکین}} + S_{S1}}{S_{\text{ستون}} \,.\, 10^{-0{,}1 \,.\, \overline{R_{\text{ستون}}}} + S_{\text{کلاکین}} \,.\, 10^{-0{,}1 \,.\, \overline{R_{\text{کلاکین}}}} + S_{S1} \,.\, 10^{-0{,}1 \,.\, \overline{R_{S1}}}}$$

$$\overline{R_v} = 10 \log \frac{1{,}5 + 2{,}4 + 12{,}3}{1{,}5 \,.\, 10^{-6{,}182} + 2{,}4 \,.\, 10^{-3{,}0} + 12{,}3 \,.\, 10^{-4{,}441}}$$

$$\boxed{\overline{R_v} = 37{,}55 \text{ dB}}$$

جذب مساحت های داخلی:

$A_j = S_j \,.\, \alpha_j$

$A_{S1} = 12{,}3 \,.\, 0{,}2 = 2{,}46$	$A_{\text{کلاکین}} = 2{,}4 \,.\, 0{,}15 = 0{,}36$
$A_{S2} = 17{,}4 \,.\, 0{,}2 = 3{,}48$	$A_{\text{کف}} = 31{,}22 \,.\, 0{,}75 = 23{,}415$
$A_{S3} = 16{,}2 \,.\, 0{,}2 = 3{,}24$	$A_{\text{بام}} = 31{,}22 \,.\, 0{,}2 = 6{,}244$
$A_{S4} = 17{,}4 \,.\, 0{,}2 = 3{,}48$	$A_{\text{ستون}} = 1{,}5 \,.\, 0{,}2 = 0{,}3$

$$\boxed{\sum A = 42{,}979}$$

سطح شدت صدا:

$I = \frac{W}{S} = \frac{0{,}002}{4 \,.\pi \,.\, 15^2} = 7{,}07 \,.\, 10^{-7} \text{ W/m}^2$

$L_1 = 10 \log \,.\, (I/I_0) = 10 \log \,.\, (7{,}07 . 10^{-7} / 10^{-12}) = 58{,}49 \text{ dB}$

$L_2 = 20 \log \,.\, (p/p_0) = 20 \log \,.\, (0{,}85 / 2 \,.\, 10^{-5}) = 92{,}57 \text{ dB}$

مجموع سطح صدا در اطاق مورد ارزیابی:

$$L_{ir} = 10 \log \,.\, [S_{S1} \,.\, 10^{0{,}1 \,.(L_1 - \bar{R}_v)} + S_{S2} \,.\, 10^{0{,}1 \,.(L_2 - \bar{R}_{S2})}] - 10 \log \sum A$$

$$L_{ir} = 10 \log \,.\, [12{,}3 \,.\, 10^{0{,}1 \,.\, (58{,}49 - 37{,}55)} + 17{,}4 \,.\, 10^{0{,}1 \,.\, (92{,}57 - 52{,}33)}] - 10 \log 42{,}979$$

$$\boxed{L_{ir} = 36{,}35 \text{ dB}}$$

شیوه 2:

$$L_{iy} = 10 \log [S_{کلکین} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_1 - \bar{R}_{کلکین})} + S_{ستون} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_1 - \bar{R}_{ستون})} + S_{S1} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_1 - \bar{R}_{S1})} + S_{S2} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_2 - \bar{R}_{S2})}] - 10 \log \sum A$$

$$L_{iy} = 10 \log [2,4 \cdot 10^{0,1 \cdot (58,49 - 30)} + 1,5 \cdot 10^{0,1 \cdot (58,49 - 61,82)} + 12,3 \cdot 10^{0,1 \cdot (58,49 - 44,41)} + 17,4 \cdot 10^{0,1 \cdot (92,57 - 52,33)}] - 10 \log 42,979$$

$$\mathbf{L_{iy} = 36,36\ dB}$$

شیوه 3:

$$\mathbf{L_{V1} = L_1 - \bar{R}_v + 10 \log \frac{S_{S1}}{\sum A}} = 58,49 - 37,55 + 10 \log \frac{16,2}{42,979} = 16,70\ dB$$

$$\mathbf{L_{V2} = L_2 - \bar{R}_{S2} + 10 \log \frac{S_{S2}}{\sum A}} = 92,57 - 52,33 + 10 \log \frac{17,4}{42,979} = 36,31\ dB$$

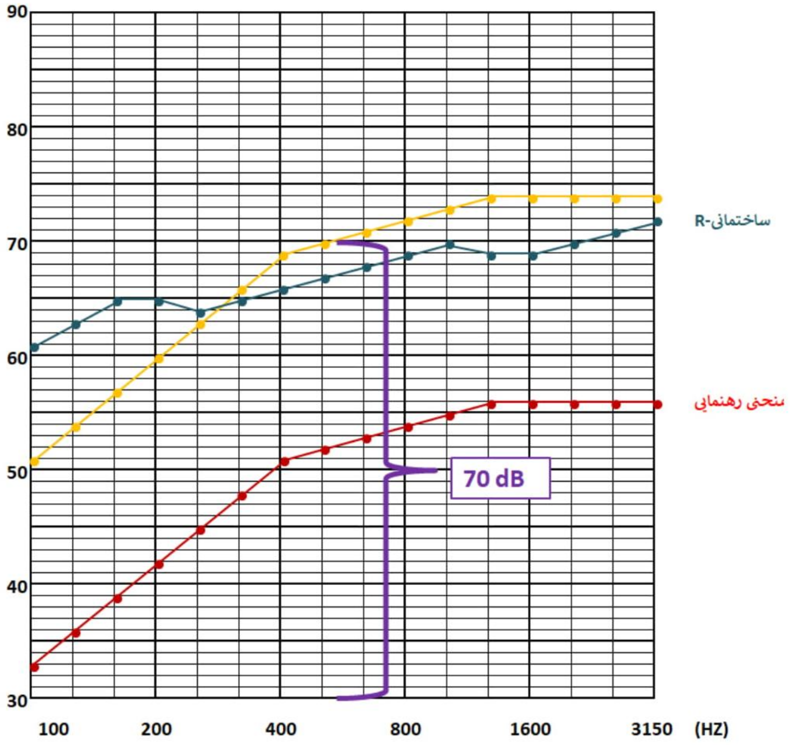
$$L_{iv} = 10 \log \cdot [10^{0,1 \cdot L_{V1}} + 10^{0,1 \cdot L_{V2}}] = 10 \log \cdot [10^{0,1 \cdot 16,7} + 10^{0,1 \cdot 36,31}]$$

$$\mathbf{L_{iy} = 36,36\ dB}$$

نتیجه: مجموع قیمت سطح سرو صوت $\mathbf{L_{iv}}$ در داخل اطاق مورد ارزیابی **36,36 dB** می باشد

مثال سوم/ ب:

با استفاده از یک دیاگرام منحنی راهنمایی، مشخصه (شاخص) عایقیت صوتی هوا R_W را ارزیابی و آن را رسم نمایید.



فریکونسی (Hz)	SK (dB)	R (dB)	انحراف نامطلوب نسبت به SK				
				Δ+15dB	Δ+16dB	Δ+18dB	Δ+17dB
100	33	61	28	13	12	10	11
125	36	63	27	12	11	9	8
160	39	65	26	11	10	8	7
200	42	65	23	8	7	5	6
250	45	64	19	4	3	1	2
315	48	65	17	2	1	-1	0
400	51	66	15	0	-1	-3	-2
500	52	67	15	0	-1	-3	-2
630	53	68	15	0	-1	-3	-2
800	54	69	15	0	-1	-3	-2
1000	55	70	15	0	-1	-3	-2
1250	56	69	13	-2	-3	-5	-4
1600	56	69	13	-2	-3	-5	-4
2000	56	70	14	-1	-2	-4	-3
2500	56	71	15	0	-1	-3	-2
3150	56	72	16	-1	0	-2	-1
ارزیابی:			**286**	**6**	**14**	**35**	**24**

نتیجه:

مجموع قیمت مشخصه عایقیت صوتی هوا 70 dB می‌باشد.

مثال چهارم:

برای اطاق ذیل و با ابعاد در نظر گرفته شده، با ویژگی های صوتی داده شده، زمان انعکاس را تعیین کرده و برای زمان مطلوب انعکاس را بررسی نمایید.

قیمت های ورودی: T_{OPT} = 0,9 s , 0,4 – 0,6 m^2/person

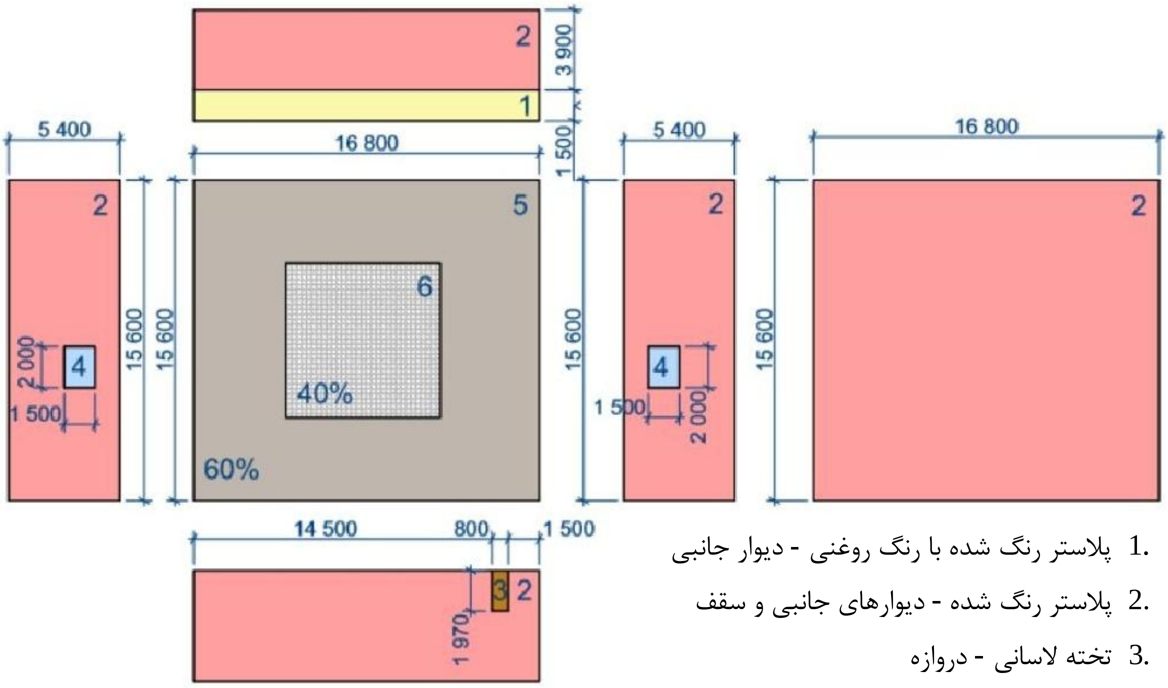
قیمت ها"4m"

φ_i \ **Hz**	**2000**	**4000**
50%	0,01	0,026
55%	0,01	0,024
60%	0,09	0,022
65%	0,09	0,021
70%	0,09	0,021
75%	0,09	0,021

ترکیب برای محاسبه حجم اطاق

A_x	**a**	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**
ارتفاع	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4
عرض	12,0	13,2	14,4	15,6	16,0	18,0
طول	14,4	15,6	16,8	18,0	19,2	21,6

سم:



1. پلاستر رنگ شده با رنگ روغنی - دیوار جانبی
2. پلاستر رنگ شده - دیوارهای جانبی و سقف
3. تخته لاسانی - دروازه
4. شیشه - دهانه کلکین
5. فرش پشمآلو - کف
6. فراد - جای برای نشستن

محاسبه:

محاسبه زمان انعکاس $V = 1415,232\ (m^3),\ T_{opt} = 0,9\ (s)$

4000		2000		1000		500		250		125		**f** (Hz)	**فریکونسی**	
α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	**S** (m^2)	**روی سطح**	
0,5	0,02	0,5	0,02	0,5	0,02	0,5	0,02	0,25	0,01	0,25	0,01	25,2	پلاستر رنگ شده با رنگ روغنی	1
23,17	0,04	23,17	0,04	17,38	0,03	11,58	0,02	11,58	0,02	11,58	0,02	579,22	پلاستر رنگ شده (10)	2
0,06	0,04	0,08	0,05	0,13	0,08	0,16	0,1	0,39	0,25	0,47	0,3	1,576	تخته چوبی از بوره اره (20/50- 150)	3
0,24	0,04	0,36	0,06	0,6	0,1	0,9	0,15	1,2	0,2	1,8	0,3	6	دهانه کلکین شیشه ای	4
141,52	0,9	99,07	0,63	47,17	0,3	23,59	0,15	17,3	0,11	20,44	0,13	157,248	فرش پشمآلو (10/0)	5
48,22	0,46	48,22	0,46	47,17	0,45	46,13	0,44	31,45	0,3	15,72	0,15	104,832	افراد برای نشستن	6
A=213,71		**A=171,4**		**A=112,95**		**A=82,86**		**A=62,17**		**A=50,26**		**S=874,08**	$\sum (m^2)$	
0,244		0,196		0,129		0,095		0,071		0,058		$\bar{\alpha} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i . S_i / S = \frac{A}{S}$		
0,280		0,218		0,138		0,100		0,074		0,06				
244,742		190,549		120,623		87,408		64,682		52,445		(m^2)		
33,966		14,152		-		-		-		-		(m^2)	**4m . V**	
278,708		204,701		120,623		87,480		64,682		52,445		(m^2)		
0,828		1,127		1,912		2,639		3,566		4,399		(s)		
0,072		0,227		1,012		1,739		2,666		3,499		(s)	$T - T_{opt} = \lvert\Delta T\rvert$	
8		25,22		112,44		193,22		296,22		388,78		(%)		

نتیجه:

قیمت های مطلوب زمان انعکاس برای اطاق های درسی مکاتب از **0,5** تا **1,0s** و برای محلاتی که برای اهداف عمومی استفاده میشوند از **1,2** تا **1,4s** می‌باشد. برای زمان مطلوب انعکاس چنین باید مدار اعتبار باشد $|\Delta T| \leqq 0,1 . T_{opt}$ در این مورد فقط قیمت برای فریکونسی 4000 Hz مناسب می‌باشد. به هر حال، تحمل %10+ مجاز می‌باشد.

منابع:

- Bielek, M.: *Okno, energia a životné prostredie,* ALFA Bratislava 1987.
- Brepta R., Půst L., F., Turek F.: *Mechanické kmitání: Technický průvodce 71*. First published. Praha: Sobotáles, 1994. 589 p. ISBN 80–901684–8–5. (In Czech).
- Broch, Trampe, J.: *Application of the Bruel and Kjaer measuring systems to mechanical vibration and shock measurements.*
- Čechák, T.: *Analýza kmitání křídla letounu VUT 100.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007, 73 p. Superviser Dipl. Ing. Lubomír Houfek, Ph.D. (In Czech).
- Čechura, J.: *Stavební fyzika 10: akustika stavebních konstrukcí.* Praha: ČVUT, 1997, 173 p. ISBN 80–010–1593–9. (In Czech).
- ČSN EN 81–1+A3/červen 2010 (27 4003) *– Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – Existující výtahy – Část 80: Předpisy pro zvyšování bezpečnosti existujících výtahů určených pro dopravu osob nebo osob a nákladů,* Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 176 p. (In Czech).
- De Silva, Clarence W.: *Vibration and Shock Handbook.* CRC Press. Boca Raton (USA, FL). 2005, 1500 p. ISBN 0–8493–1580–8.
- Feynman, R. P.,; Leighton, R. B., Sands, M.: *Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady 2/3*. Havlíčkův Brod: Fragment, 2001, 806 p. ISBN 80–7200–420–4. (In Czech).
- Janovský, L.: *Výtahy a eskalátory 1.* Praha: ČVUT, 1971. (In Czech).
- Jokl, M.: *Teorie vnitřního prostředí budov.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993, 261 p. ISBN 80–01–00481–3. (In Czech).
- Kaňka, J.: *Akustika stavebních objektů.* Brno: ERA group spol. s r.o., 2009, 145 p. ISBN 978–80–7366–140–3. (In Czech).
- Karban, Pavel.: *Výpočty a simulace v programech Matlab a Simulink.* Brno: Computer Press, 2006, 220 p. ISBN 80–251–1301–9. (In Czech).
- Kolmer F., Kyncl J.: *Prostorová akustika*, SNTL Praha 1981. (In Czech).
- Krejčí, P. : *Optimalizace vlastností magnetické spojky a modelování dynamického chování spojky s využitím metod umělé inteligence.* PhD Thesis. Brno: VUT Brno, 2003. 32 p. ISBN: 80–214–2524–5. (In Czech).
- Novák J.: *Akustická kvalita a pohoda ve výstavbe*, SNTL Praha 1981. (In Slovak).
- Nový, R.: Pružné uložení strojů. *Vytápění větrání instalace*. 2011, 3/2011, WWW: <http://vetrani.tzb– info.cz/vzduchotechnicka–zarizeni/7886–pruzne–ukladani–stroju>. ISSN 1801–4399. (In Czech).
- Nový, R.: *Hluk a chvění*. Praha: ČVUT, Zikova 4, 166 36, Praha, 2019. (In Czech).
- Pluskal, V.: *Koncepční řešení pohonů výtahů pro dopravu osob*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 33p. Superviser Associate Professor Dipl. Ing. Škopán M., PhD. (In Czech).
- Puškáš J., Schwarz J., Hofman R., Tomašovič P., Zajac J.: Znižovanie hluku v pozemných stavbách, ALFA Bratislava, SNTL Praha 1988. (In Slovak).
- Smetana, C. et al.: *Hluk a vibrace. Měření a hodnocení*. Praha: Sdělovací technika, 1998, 188 p. ISBN 80–901–9362–5. (In Czech).

- STN 73 0525: 1964, Projektovanie v odbore priestorovej akustiky. Všeobecné zásady. (In Slovak).
- STN 73 0526: 1968, Projektovanie v odbore priestorovej akustiky.
  Štúdia a miestnosti pre snímanie, spracovanie a kontrolu zvuku. (In Slovak).
- STN 73 0527: 1972, Projektovanie v odbore priestorovej akustiky. Priestory pre kultúrne a školské účely. Priestory pre verejné účely. Administratívne pracovne. (In Slovak).
- STN 73 5250 Projektovanie divadiel. (In Slovak).
- STN EN ISO 140-1: 2011, Akustika. Laboratórne meranie zvukoizolačných vlastností stavebných konštrukcií. Časť 1: Aplikačné pravidlá na špecifické výrobky. (In Slovak).
- STN EN ISO 140-2: 2011, Akustika. Laboratórne meranie zvukovoizolačných vlastností stavebných konštrukcií. Časť 2: Meranie vzduchovej nepriezvučnosti. (In Slovak).
- STN EN ISO 140-3: 2011, Akustika. Laboratórne meranie zvukovoizolačných vlastností stavebných konštrukcií. Časť 3: Meranie krokovej nepriezvučnosti. (In Slovak).
- STN EN ISO 140-4: 2011, Akustika. Laboratórne meranie zvukovoizolačných vlastností stavebných konštrukcií. Časť 4: Postupy pri meraní a požiadavky. (In Slovak).
- STN EN ISO 717-1: 2013, Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Časť 1: Vzduchová nepriezvučnosť. (In Slovak).
- STN EN ISO 717-2: 2013, Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Časť 2: Kroková nepriezvučnosť. (In Slovak).
- Tomašovič, P., Beťko, B., Peráčková, J.: *Zvuková a tepelná ochrana v technických zariadeniach budov*. STU Bratislava, 2000. (In Slovak).
- Tomašovič P., Puškáš J., Gašparovičová V.: *Stavebná akustika*, STU Bratislava, 2000. (In Slovak).
- Vaňková, M.: *Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí část I.* Brno:
  PC–DIR spol. s r.o. – Nakladatelství, 1995, 140 p. ISBN 80 – 214 – 0695 – X. (In Czech).
- Vaňková, M. et al.: *Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředím: část II.* Brno: VUT, PC– DIR spol. s r.o., 1996, 161 p. ISBN 80–214–0818–9. (In Czech).
- Vaverka, J., Havránek, J., Kozel, V., Siegl, P.: *Akustika. Souhrn kriteriálních požadavků a výpočtových metody oboru stavební a prostorové akustiky.* Brno: VUT, PC–DIR spol. s r.o., 1996, 156 p. ISBN 80–214–0743–3. (In Czech).
- Vyhláška 549/2007 Z.z. Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí. (In Slovak).
- Zajac, J., Tomašovič, P., Staš, A.: *Znižovanie hluku a vibrácií v strojárskych prevádzkach.*
  Bratislava: ALFA, 1990. (In Slovak).
- Zelinka, I., Oplatoková, Z., Šeda, M., Ošmera, P., Včalař, F.: *Evoluční výpočetní techniky: principy a aplikace.* Praha: BEN, 2008, 534 p. ISBN 978–807–3002–183. (In Czech).

روشنایی روز

2 روشنایی روز

روشنایی روز علمی است که برخورد با پدیده های مرتبط با نور و استفاده از آن در محیط های مهندسی شده ساختمانی را در بر می‌گیرد (Hopkinson و همکاران در سال 1966, Schild و همکاران در سال 1977, Ficker در سال 2004 ,Tregenza و Wilson در سال 2011). جنبه های که مورد مطالعه هستند می‌توان آنرا به موارد زیر تقسیم کرد:

- نور روز (در دسترس بودن روشنایی روز، اقلیم نوری، تاثیر نور روز بر انسان)،
- روشنایی روز (روشنایی داخلی، پدیده های که اخلال در آسایش بینایی به وجود می‌آورند)،
- روشنایی روز (خواص آپتیکی مواد ساختمانی)،
- تابش آفتاب(زمان تابش آفتاب آپارتمان ها و کودکستان ها با اشعه های مستقیم خورشیدی).

نور یک تشعشع الکترومقناطیسی در محدوده طول موج $\lambda = 380 - 780$ nm می‌باشد که قادر به ایجاد احساس بینایی و حس که مخصوص دید است می‌باشد. تعریف نور دارای دو بخش است:

- فیزیکی "*انتشار نور از طریق مواد و محیط*"
- فیزیولوژی "*درک نور به کمک دید*"

2.1 پارامترهای اساسی فتومتریکی

چشم انسان قادر به درک نور در لحظه وقوع آن می‌باشد. نمی‌تواند آنرا در بدن انسان برای استفاده در آینده ذخیره وانباشت نماید و یا هم انتقال بدهد. درک نور یک پروسه پیچیده می‌باشد که توسط پارامتر های فوتومتریک تعریف می‌شود. در تئوری و کاربرد عملی نور روز مهم است که با پارامتر های که قادر به ایجاد یک محیط سالم و امن برای کار و اوقات استراحت کاربران می‌گردد و همچنان برای مدیریت کارآمد از انرژی در بهره برداری از ساختمان کار کرد (Cuttle 2008).

2.1.1 زاویه فضایی (جامدزاویه مخروطی مرکزی)

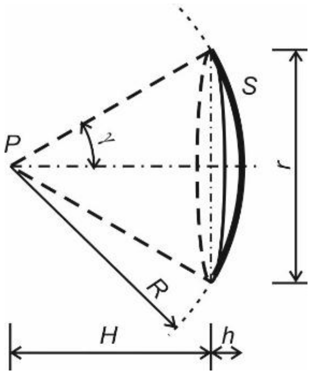
زاویه فضایی ω یک پارامتری می‌باشد که اغلب برای تعیین منبع نور سطحی در محاسبات شدت روشنایی روز مانند کلکین ها و نورانداز ها استفاده می‌گردد. زاویه ی فضایی با مساحت در واحد کره که مخروط را با نقطه اوج آن در مرکز این کره ترسیم می‌کند تعریف می‌شود، شکل(2.1). واحد زاویه فضایی استروادیان (sty radian) می‌باشد. از نظر تعریف، زاویه فضایی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\omega = \frac{S}{r^2} \quad \text{(sr)} \qquad (2.1)$$

از آنجاییکه:

S - مساحت در کره با واحد اندازه گیری (m^2)،

r - شعاع کره با واحد اندازه گیری (m) می‌باشند.



شکل 2.1 رسم تعریف زاویه فضایی

در تکنالوژی نور، اغلب ازمرتسم زاویه فضایی ابتدایی $d\omega$ در یک صفحه افقی، عمودی یا شیب دار استفاده می‌شود. ، با استفاده از رابطه (2.1) می‌توان به طور مثال، پروجکشن عنصر آسمانی dS به سطح افقی dS_p می‌تواند بر اساس رسم در شکل (2.2) و نظر به رابطه تعیین نمود:

$$d\omega = \frac{dS \sin\gamma}{r^2} = d\omega \sin\gamma = d\omega \cos Z \qquad \text{(sr)} \qquad (2.2)$$

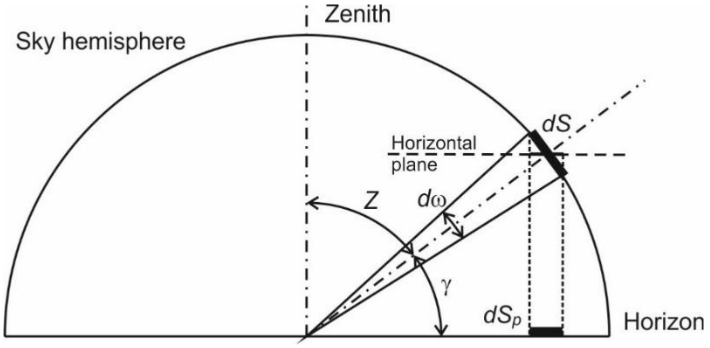
از آنجاییکه:

ω - زاویه ارتفاع با واحد اندازه گیری (°)،

r - شعاع کره در صورت کار با عنصر فضایی $r = 1$ ،

Z - زاویه زنیت می باشند. در اینجا (°) $Z = 90° - \omega$ مدار اعتبار می باشد.

زاویه فضایی (جامد) قسمتی ازفضایی می باشد که توسط مخروطی احاطه شده باشد. این زاویه توسط نسبت مساحت (s) که همرای آن قسمتی از سطح کره تا راس مخروط قطع شده باشد بر مربع شعاع کره اندازه می شود.



شکل2.2 زاویه فضایی عنصری آسمانی و مرتسم آن به یک صفحه افقی

2.1.2 شدت نور (Luminous intensity)

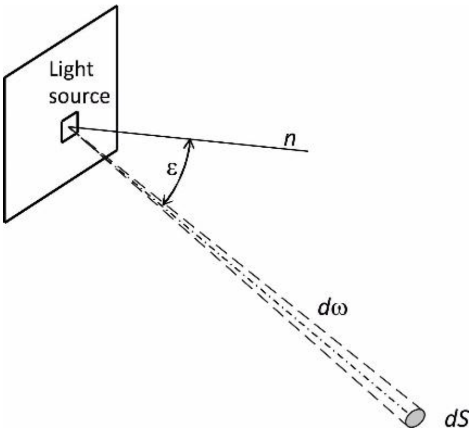
شدت نور I_v بیانگر توانایی منبع نور نقطه ای و یا عنصر منبع مسطحی که نور را در یک جهت خاص تشعشع می‌دهد می‌باشد. با نسبت جریان نور $d\Phi$ که از نقطه سطح و زاویه ای فضایی $d\omega$ تشعشع می‌یابد و در آن نور در انحراف از سطح عادی که در آن این نقطه واقع شده است، منتشر می‌گردد تعریف می‌شود، شکل(2.3) و رابطه (2.3)..

واحد اندازه گیری شدت روشنایی کاندیلا می‌باشد (cd = lm/sr).

$$I_v = \frac{d\Phi_v}{d\omega} \quad \text{(cd)} \qquad (2.3)$$

از آنجاییکه:

$d\Phi_v$- جریان نوری با واحد اندازه گیری لیومن (lm) می‌باشد.



شکل 2.3 رسم تعریف درخشندگی

منبع نور را زمانی می‌توان نقطه ای در نظر گرفت که در آن نسبت a/l بیشتر از 5 باشد، از آنجاییکه a اندازه منبع بوده و lفاصله از منبع به نقطه ناظر می‌باشد. در محاسبات نور تخنیکی، خورشید به عنوان یک منبع نقطه ای که تابش اشعه های خورشیدی به شکلموازی مشعشع می‌یابد در نظر گرفته می‌شود.

با وصل نمودن نقاط انتهایی شعاعات تابیده شده (emitting rays) از یک منبع نور در تمام جهات (radius vector)، می‌توان نقاط را بدست آورد که تعیین کننده توزیع درخشنده گی می‌باشد. وقتی این نقاط با هم اتصال می‌یابند، یک منحنی فوتومتری ایجاد می‌شود - منحنی درخشنده گی. منحنی های درخشنده گی منابع نور مصنوعی با استفاده از goniophotometers در لابراتوار های نور تخنیکی اندازه گیری می‌شوند.

2.1.3 جریان یا سیلان نوری

جریان نور Φ_v نشان دهنده توان منبع نور می‌باشد. این پارامتر از جریان تشعشعی Φ_e، به کمک قیمت های دریافت شده موثریت نسبی نوری (relative light efficiency) از تشعشع تک رنگ (monochromatic radiation) حاصل می شود. مقدار تمام نور شعشع شده از منبع را در تمام محیط مربوطه در ثانیه نشان می‌دهد. واحد اندازه گیری جریان یا سیلان نوری لیومن (lm) می‌باشد. قیمت جریان نوری در تمام طیف مشعشع نظر به رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

(2.4) (lm) $$\Phi_v = K_m \int V(\lambda)\Phi_e(\lambda)\, d\lambda$$

از آنجاییکه:

K_m= 683 lm/W - حداعظمی اثر نوری (luminous efficacy) نور تک رنگ در طول موج می‌باشد λ = 55 nm،

$\Phi_e(\lambda)$ - جریان نوری طیفی با واحد اندازه گیری(W) می‌باشد،

$V(\lambda)$- موثریت نسبی نوری طیفی از تشعشع تک رنگ می‌باشد.

جریان نوری منابع نور مصنوعی در لابراتوار های فوتومتر مدغم کره ای (Ulbricht sphere) اندازه گیری می‌شود.

2.1.4 درخشنده گی یا تراکم نور (Luminance)

درخشنده گی L_v نظر به نسبت شدت روشنایی سطح نور ابتدایی در جهت ناظر بر مرتسم این سطح به یک صفحه ای عمود در جهت ناظر تعیین می‌شود، شکل (2.4) و رابطه (2.5). واحد اندازه گیری درخشنده گی کاندلا در هر متر به توان 2 می‌باشد (cd/m^2) که مساوی به 1Nit میشود. همچنان استیلب نیز واحد مقیاس درخشنده گی است.

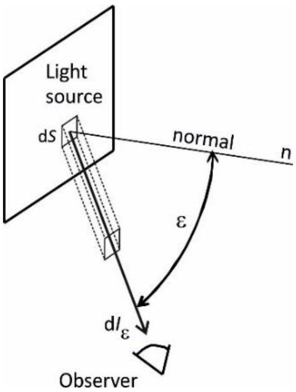
(2.5) (cd/m^2) = Nit $$L_v = \frac{dI_v}{dS.\cos\varepsilon}$$

1stilb=10^4 Nit

از آنجاییکه:

dS - عنصر سطوح با واحد اندازه گیری (m^{-2})،

ε - انحراف زاویه ای جهت مشاهده ناظر از روشنایی نرمال، سطوح بازتابنده و یا شفاف با واحد اندازه گیری (°) می‌باشند.



شکل 2.4 رسم برای تعیین درخشنده گی عنصر سطح

درخشنده گی شاخص روشنایی سطوح می‌باشد. چشم انسان درخشنده گی را درک می‌کند. قیمت آن به فاصله بین سطح روشن شده و ناظر وابسته نمی‌باشد. درخشنده گی را می‌توان همچنان بکمک جریان نور Φ_v با تنظیم روابط (2.3) و (2.5) بیان نمود و چنین به دست آمده می‌تواند.

(2.6) (cd/m^2) $$L_v = \frac{d\Phi_v}{dS\cos\varepsilon\, d\omega}$$

درخشنده گی بسیار بالا درساحهء بینایی ممکن است ادراک بینایی را مختل نماید. این پدیده تابش خیره کننده نامیده می شود. تابش خیره کننده (glare) می‌تواند در اثر تابش آفتاب در محیط بیرونی و داخلی یا از منبع نور مصنوعی به وجود آید، یا هم می‌تواند از انعکاس نور از سطوح براق و یا هم از کنتراست سطوح مشاهده شده بوجود بی‌آید.

درخشنده گی توسط Luminance meter در محل و یا هم در لابراتوار اندازه گیری می‌شود، شکل (2.5)، درخشنده گی خورشید اندازه گیری نمی‌شود. قیمت بسیار بالای آن می‌تواند سنسور متر اندازه گیری را صدمه بزند.

شکل 2.5 Luminance meter

2.1.5 شدت روشنایی یا قابلیت تنویر (Illuminance)

شدت روشنایی E_V در یک نقطه معینی از مساحت، نسبت جریان نوری $d\Phi v$ می باشد که بر عنصر این مساحت و اندازه این عنصر dS می تابد، شکل (2.6). واحد اندازه گیری شدت روشنایی، لوکس (lx یا lm/m^2 می‌باشد).

$$E_V = \frac{d\Phi_V}{dS} \qquad (lm/m^2) \text{ یا } (lx) \qquad (2.7)$$

منابع نور مسطحی اغلب شامل سطوح عنصری با قیمت های مختلف درخشنده گی می‌باشند. در این مورد، رابطه (2.7) نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و باید توزیع درخشنده گی عنصری در ساحهء تحت درخشش مورد توجه قرار بگیرد. از آنجایی که شدت روشنایی به عنوان یک پارامتری افتاد نور بر روی یک سطح عنصر از هر جهت تعریف شده است، می‌توان این واقعیت را به صورت ریاضی توسط ادغام درخشنده گی ها در زوایای فضایی عنصری مربوطه نظر به رابطه ذیل بیان نمود:

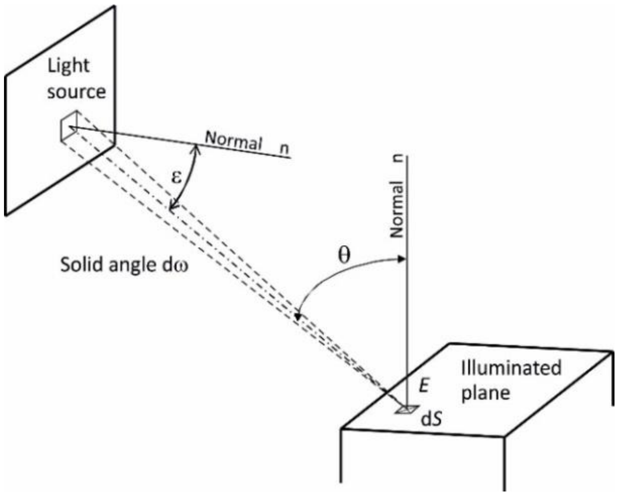
$$E_V = \int_0^{2\pi} L_{Vi} \cos\theta d\omega \qquad (lx) \qquad (2.8)$$

از آنجاییکه:

L_{Vi} - درخشنده گی سطوح عنصری با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

$\cos\theta d\omega$ - مرتسم زوایه فضایی عنصری (the projection of the elementary solid angle) $d\omega$ به سطح افقی،

θ - زاویه زینت (zenith angle) با واحد اندازه گیری (°) می‌باشند.



شکل 2.6رسم روشنایی سطح عنصری از عنصر منبع نور

در عین حال رابطه بین شدت روشنایی (E_V) و شدت نور (I_V) وجود دارد. فورمول های تطبیق شده (2.1) و (2.3) در (2.7) را می‌توان چنین بدست آورد:

$$E_V = \frac{d\Phi_v}{dS} = \frac{I_v\, d\omega}{dS} = \frac{I_v}{dS}\frac{dS}{l^2} = \frac{I_v}{l^2} \qquad (lx) \qquad (2.9)$$

از آنجاییکه:

l- فاصله بین منبع نور و سطح روشن شده با واحد اندازه گیری (m) می‌باشد.

از رابطه (2.9) می‌توان نتیجه گرفت که شدت روشناییE_V سطوح توسط منبع نور با شدت نور I_V با مربع فاصله بین منبع نور و سطح روشن شده در تغیر می‌باشد. شدت روشنایی E_V توسط لوکس متر (illuminance meter)، اندازه گیری می‌شود، شکل(2.7). در هنگام اندازه گیری شدت روشنایی، مهم است که که موقعیت درست سر لوکس متر فراهم گردد و از ایجاد سایه توسط اشخاص و یا اشیا در اطراف آن جلوگیری صورت بگیرد.

شکل 2.7 لوکس متر (Illuminance meter)

2.1.6 تضاد (Contrast)

تضاد ارزیابی نابرابر ظاهر از دو بخش از سطوح مشاهده و یا محرک ها در ساحهء دید چشم انسان می‌باشد. تضاد می‌تواند درخشنده گی، رنگ ها و امثال آن را به وجود بیآورد. روش های ذهنی یا عینی برای ارزیابی تضاد استفاده می‌شود. تضاد درخشنده گی های K فقط به شکل عینی که می‌توان آنرا به شکل ذیل تعیین کرد ارزیابی می‌شود:

$$K = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \quad (-) \quad (2.10)$$

از آنجاییکه:

L_2 - درخشنده گی سطوح روشنتر با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

L_1 - درخشنده گی سطوح با درخشنده گی کمتر با واحد اندازه گیری (cd/m^2) می‌باشند.

در تخنیک نور، توانایی چشم انسان برای قایل شدن تفاوت در جزئیات اشیاء، سطوح و محیط ماحول، نظارت می‌شود. اینها در پس زمینه هستند که باید دارای درخشنده گی و رنگ متفاوت نسبت به روشنایی و رنگ جزئیات تحت مشاهده باشند. توانایی تشخیص محدودیت های تضاد با حساسیت تضاد چشم A_K که قیمت معکوس آستانه تضاد K_{min} می‌باشد، بیان شده است، (Kittler & Kittlerova, 1975).

$$A_K = \frac{1}{K_{\min}} = \frac{L_P}{\min |L_D - L_P|} \quad (-) \quad (2.11)$$

از آنجاییکه:

$\min |L_D - L_P|$ - کوچکترین تفاوت بین درخشنده گی جزئیات و درخشنده گی پس زمینه با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

L_D - درخشنده گی جزئیات با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

L_P - درخشنده گی پس زمینه با واحد اندازه گیری (cd/m^2) می‌باشند.

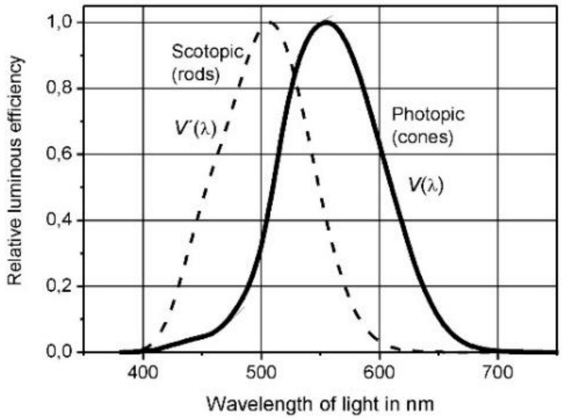
2.1.7 مشخصه ارائه رنگ

مشخصه ارائه رنگ R_a تعیین می‌کند که تا چه اندازه طیف تشعشع منبع نور قادر می‌باشد که بشکلصادقانه رنگ اشیاء تحت مشاهده شده را ارائه / نمایش بدهد. با تاثیر ترکیب طیفی منابع نور بر درک رنگ اشیاء روشن شده مشخص می‌نماید. در محدوده قیمت های $R_a = 0$ الی $R_a = 100$ بیان می‌گردد. اندیکس ارائه رنگ با بیان عددی تفاوت ادراک نمونه رنگ انتخاب شده و منبع مورد بررسی تحت ارزیابی قرار می‌گیرد.

2.1.8 درک نور و محیط اطراف

چشم انسان، ترکیب فضایی نور و اشیاء را با توجه به درخشنده گی ها در تصاویر قابل مشاهده مرتسم روی شبکیه از هم متمایز می‌نماید. این ها به کمک سلول‌های مخروطی و میلهء به ضربان عصبی (nerve impulse) تبدیل می‌شوند. سلول‌های مخروطی (cone cells) واسطه برای درک نور و رنگ در دید روزانه، تا زمانی که سلول‌های میلهء مسسوول دید در تاریکی و یا در شب هستند قرار می‌گیرند. درک نور در طول روز (دید فتوکپیک) باعث می‌شود که رنگ اشیا را تشخیص داد، در حالی که در نور کم در شب (دید اسکوتوپیک)، اشیا را تنها می‌توان در رنگ سایه (shade) خاکستری رنگ تشخیص داد. تابع $V(\lambda)$ بیان کننده تغییرات در حساسیت طیفی چشم در دید روزانه بوده و بنام موثریت نوری نسبی طیفی تشعشع تک رنگ یاد می-

شود، همچنین بنام حساسیت طیفی چشم انسان نامیده می‌شود.قیمت های آن جدولی بوده و در محدود 360 تا 830 نانومتر می‌باشد. قیمت نهایی$V(\lambda)$ مورد تصویب قرار گرفت و در (1970) CIE منتشر شد. حساسیت چشم در دید شب را تابع $V(\lambda)$ بیان می‌نماید. این تابع همچنین در فاصله تابش الکترومقناطیسی با محدوده $\lambda = 360$ تا 830 نانومتر تعریف شده است. برای مقاصد فوتو متریک و انجنیری این منحنی ها در واحدهای نسبی بیان می‌شود، به شکل نسبت، شکل (2.8).



شکل 2.8 منحنی حساسیت چشم انسان برای دید فتوپیک و دید اسکوتوپیک (photopic and scotopic vision)

آزمایشات در علم Psychophysics (علم روابط میان روانشناسی و فیزیک) نشان می‌دهد که چشم انسان شدت نور را غیر خطی ساحهءد. در یک سطح سازگاری خاص، تفاوت های کوچک بین حد پایین و بالایی احساس، متفاوت می‌باشد. اندازه حساسیت چشم در شدت نور پایین نسبت به شدت نور بالا بلند می‌باشد. درخشنده گی کلی در محیط را، سطح تطبیقی دید به نور تعیین می‌نماید (Stevens, 1961, Kittler & Kittlerova, 1975).

چشم انسان فضا و یا محیط اطراف خود را درک می‌کند و در آن اشیاء را در ساحهء دید که متناوب بر اساس خط مستقیمی که از مرکز بینی عبور می‌نماید از هم متمایز می‌نماید. ساحهء دید با یک مخروط با زاویه 60° برای هر دو چشم محدود می‌شود، به اصطلاح ساحهء دید دو چشمی (binocular field of view)، شکل (2.9). سطوح که با خط ها در شکل نشانی شده است، مناطقی را که با درجه های مختلف از دید فضایی یا محیطی می باشند را نشان می‌دهد، *a* - ساحهء دید Foveal با گسترش زاویه 0,75° (زون مرکزی دید جزییاتی)، *b* - زون دید تیز با گسترش زاویه30°، *c* - ساحهء دید دو چشمی، *d* - بخش جانبی چشم چپ و راست (زونی که در آن جهت بندی کلی در آن انجام می‌گیرد، شکلکلی از قرار دادن جسم در فضا یا محیط اطراف).

شکل 2.9 ساحهء دید چشم انسان نظر به (Kittler & Kittlerova, 1975)

2.2 خواص آپتیکی (Optical) مواد ساختمانی

مواد ساختمانی می‌تواند شفاف و غیر شفاف باشد. نور در تماس با ماده و یا سطح آن می‌تواند منعکس، جذب یا نفوذ نماید. برای بیان ساده این پدیده ها می‌توان نظر به خواص طیفی نور و یا هم نظر به مجموع از مجموعی منطقه دید بینایی آنرا مورد مطالعه قرار داد. روشنایی در محیط داخلی، نیاز به راه حل های ساده فنی و تخنیکی در عمل دارد، این راه حل ها معمولاً بر پایه اصول آپتیک کلاسیک پخش شعاع نور توسط وسیله میدیا (media) می‌باشد. در فیزیک ساختمانی، اغلب با انعکاس، جذب، و نفوذ نور از طریق مواد ساختمانی و معمولاً با مفهوم جریان نور Φ، کار صورت می‌گیرد. جریان نوری که به سطح ماده وارد می شود می‌تواند منعکس شود، جذب یا انتقال یابد، این واقعیت در رابطه ذیل بیان شده است:

$$\Phi = \Phi_\rho + \Phi_\alpha + \Phi_\tau \qquad (lm) \qquad (2.12)$$

از آنجاییکه:

Φ_ρ - جریان نوری منعکس شده با واحد اندازه گیری (lm)،

Φ_α - جریان نوری جذب شده با واحد اندازه گیری (lm)،

Φ_τ - جریان نوری عبور شده با واحد اندازه گیری (lm).

در راه حل های عملی، مفید است که هر یک از عناصر جریان نوری به جریان مجموعی وارده، نرمال گردند. این عمل با ضریب های انعکاس نور ρ، ضریب جذب نور α و ضریب عبور τ بیان می‌گردد.

2.2.1 انعکاس نور

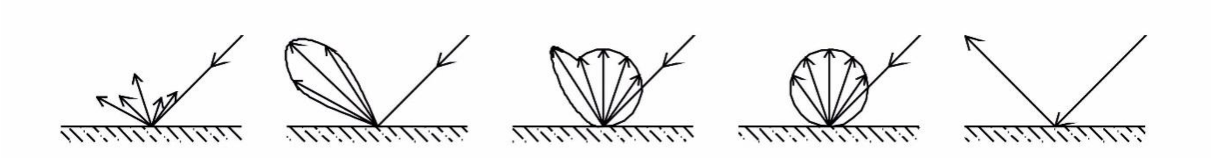
انعکاس نور (reflection) به عنوان یک پروسه تعریف می‌شود که در آن تشعشع از سطح یا از همان میدیا (media) بدون تغییر فریکونسی اجزای تک رنگ آن، برگشت می‌نماید. در قسمت های قابل دید طیف تشعشع، ضریب انعکاس نور ρ، توسط معادله ذیل بیان می‌شود:

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi} \qquad (-) \qquad (2.13)$$

سطوح واقعی مواد دارای عناصر های متفاوت هستند و می‌توانند نور را به شکلآینه ای انعکاس دهند، آن را در جهت ترجیحی یا در همه جهات پراگنده نماید. شکل (2.10). مواد ساختمانی که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای سطوح درشت و یا هم به دیگر شکلمی‌باشند. اندازه نابرابری سطح درشت بر جهت نور منعکس کننده که به محیط دوباره پراگنده می‌گردد تاثیر می‌گذارد.

پراگندگی نور به عنوان یک پروسه تعریف می‌شود که در آن به علت خواص سطوح و یا هم میدیا (media)، توزیع محیطی شعاع تشعشع منحرف شده در بسیاری جهات، بدون تغییر فریکونسی اجزای تک رنگ آن، تغییر می‌نماید. پراگندگی نور از طریق ریاضیات توسط توابع هدایتگر مدل می‌گردد. این ها ممکن است داری شکلدراز (پراگندگی باریک) باشند. هنگامی که سطح درشت تر باشد، نور افتاده از آن به چندین جهت منعکس می‌گردد (پراگندگی گسترده). برای پراگندگی منتشرهنور

به شکلمناسب، زمانی اتفاق می‌افتد که نور به طور مساوی در همه جهات پراگنده شود، همانطوریکه در شکل (2.10 ب) و همچنین در انعکاس "کوزین لامبرت" نشان داده شده است.



الف ب ج د ک

شکل 2.10 منحنی هدایتگر (indicatrix) ا پراگنده شده انعکاس منتشره یکنواخت

الف - انعکاس آینه ای، ب - انعکاس مناسب، ج - انعکاس نور ترکیبی ، د - پراکندگی باریک انعکاس، ک - انعکاس عناصری سطوح که به شکل نامنظم و یا به طور منظم می‌باشند (تغییر مسیر نور به جهت مورد نظر)

قیمت ضریب انعکاس ρ بستگی به رنگ سطح دارد. سطوح سفید و روشن نور افتادن را نسبت به سطوح تاریک بیشتر منعکس می‌نمایند. محاسبات روشنایی روز همچنین نیاز به قیمت های ورودی ρ دیوار، سقف و کف می‌داشته باشد. بطور مثال در کشور سلواکیا، قیمت های توصیه شده مواد ساختمانی در نورم STN 73 0580 در جدول (2.1) ذکر شده است، یا هم در نشریات مختلف ذکر شده است، جدول (2.2).

ماده یا سطح	ρ	ماده یا سطح	ρ
سفید	0,75 – 0,80	گچ سفید	0,80 – 0,92
کریمی، فولادی	0,60 – 0,70	مرمر سفید	0,55 – 0,80
زرد تیره	0,50 – 0,60	گرانیت	0,40 – 0,50
سرخ روشن	0,40 – 0,50	چوب روشن	0,30 – 0,50
سرخ تیره	0,15 – 0,30	چوب تیره	0,10 – 0,25
سبز روشن	0,45 – 0,65	سبزه، چمن	0,05 – 0,10
سبز تیره	0,05 – 0,20	سطح قیری	0,10
آبی روشن	0,40 – 0,60	فرش موزایک کانکریتی	0,30
آبی تیره	0,05 – 0,20	زمین	0,08 – 0,20
قهوه ای	0,12 – 0,25	فولاد	0,28
خاکستری روشن	0,40 – 0,60	آینه شیشه ای	0,80 – 0,90
خاکستری تیره	0,15 – 0,20	خشت (سرخ، پخته)	0,25
سیاه	0,01 – 0,03	برف	0,75 – 0,80
ریگ سفید	0,50	المونیم آنودایز شده	0,75 – 0,85

جدول 2.1 ضریب های انعکاس نور ستندردی (طبق ستندرد STN 73 05 80-1)

سطح	ماده و یا اصلاح سطح	ρ
سلب ها	رنگ امولسیون سفید بر روی سطح گچ معمولی	0,80
	رنگ امولسیون سفید بر سقف آکوستیکی	0,70
	رنگ امولسیون سفید بر کانکریت ناهموار	0,60
کف و فرنیچر	کاغذ سفید	0,80
	شیفته کانکریتی، پوشش پی وی سی، کریمی؛ فرش: خاکستری روشن	0,45
	چوب: توس، راش، افرا (birch, beech, maple)	0,35
	چوب: بلوط، پوششP.V.C، سنگ مرمر قهوه ای و کریمی فرش: فیروزه ای، سبز تیره	0,25
	چوب: بلوط، کاشی: چوب پنبه، جلا	0,20
	کف سرامیکی: سرخ، قهوه ای، فرش: تیره، چوب تیره قهوه، بلوط تیره	0,10
دیوار ها	رنگ سفید امولسیون بر پوشش معمولی کاغذ گچ، سفید براق	0,80
	خشت از خاک رس	0,70
	پلاستر، گلابی	0,65
	سمنت آزبست سفید؛ بلوک کانکریتی خاکستری رنگ روشن، کانکریت	0,40
	فولاد ضد زنگ	0,35
	کانکریت خاکستری رنگ روشن، خشت، پوشش های های چوبی: بلوط روشن، چوب ماهون	0,25
	پوشش های های چوبی: بلوط متوسط تیره؛ کانکریت خاکستری رنگ تیره	0,20
	خشت شاموتی	0,15
	رنگ پوششی سیاه	0,05

جدول 2.2 ضریبهای انعکاس نور تقریبی (با توجه به آدلر و همکاران، 2003)

2.2.2 عبور و یا انتقال نور

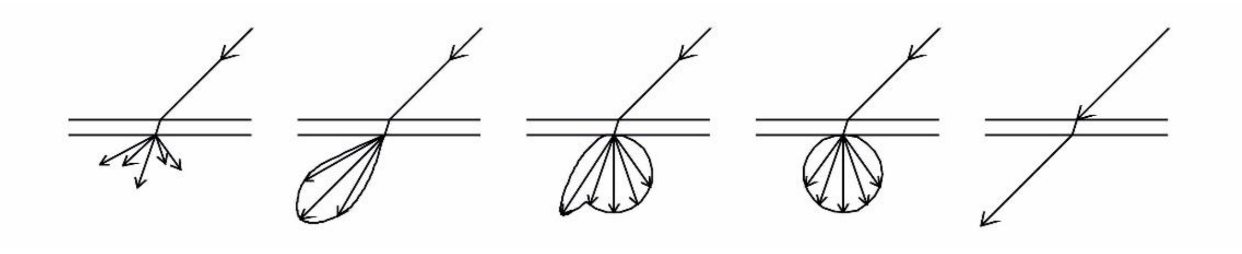
انتقال (transmission) نور به عنوان انتقال تشعشع از میدیا بدون تغییر فریکونسی مولکول های تک رنگ آن تعریف می‌شود. با ضریب عبور نور τ، که بیان کننده اندازه جریان نور عبور یافته Φ_τ بر جریان افتاد مجموعی Φ می‌باشد توضیع می‌گردد (2.14). به طور معمول برای جهت طبیعی / عمود افتاد اشعه به شکل $\tau_{s,nor}$، ارایه می شود.بطور مثال قیمت های $\tau_{s,nor}$، برای مواد مختلف در ستندرد STN 73 0580-1 کشور سلواکیا و در جدول (2.3) جا داده شده است.

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi} \quad (-) \qquad (2.14)$$

فاکتو نرمالی عبور نور $\tau_{s,nor}$	مواد
0,92	شیشه پنیلی شفاف 3 - 4 mm
0,90	شیشه آینه ای
0,88	شیشه خام (گلدار نمی باشد)
0,85 - 0,90	شیشه گلدار
0,75	شیشه غیر شفاف
0,60 - 0,86	شیشه سیم دار 6-7 mm
0,35 - 0,85	فایبر گلاس
0,85 - 0,92	شیشه آکریلی روشن
0,60 - 0,80	شیشه اکریلی منتشره(Diffusing acrylic glass)
0,35 - 0,70	شیشه دیتمرل (Determal glass)
0,55 - 0,65	شیشه انعکاسی یا ریفلکس
0,85 - 0,89	شیشه بلوکی تک لایه ای
0,55 - 0,62	شیشه بلوکی دو لایه
0,50 – 0,75	پرده

جدول 2.3 ضریب نرمالی عبور نور (با توجه به ستندرد STN 73 0580-1 و پروفیسور Halahyja و همکاران 1985)

مواد ساختمانی از لحاظ عبور نور می‌تواند به عنوان شفاف و نیمه شفاف (transparent/transparent and translucent) طبقه بندی شود. به طور مجموعی، موادی که قابلیت دید را داشته باشند (transparent) نور بیشتری را نسبت به موادی که نیمه شفاف اند (translucent) عبور می‌دهند. نظر به ترکیب ماده، نور می‌تواند به وسیله انکسار، پراگندگی یا هدایت به جهت های مورد نظر منتقل شود، شکل(2.11).

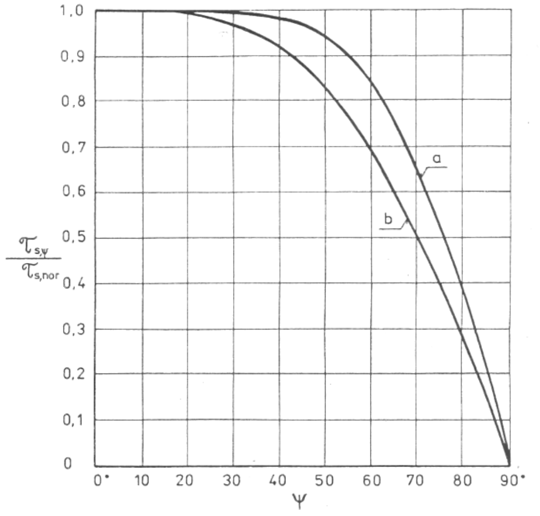


ک **د** **ج** **ب** **الف**

شکل 2.11 نمونه هایی از انتقال نور معمولی از پوشش شیشه ای

الف - انکسار(شیشه)، ب - پراگندگی ایده آل، ج - عبور نور ترکیبی از طریق شکست و پراگندگی، د - پراگندگی باریک،
ک - عبور از طریق مواد منشوری (تغییر مسیر نور به جهت های مورد نظر)

در محاسبه دقیق تخنیکی نور، لازم است که با عبور نور جهتی $\frac{\tau_{\psi}}{\tau_{s,nor}}$ ، که با توجه به این واقعیت که مواد اجازه می‌دهند که در افتاد های مختلف اشعه ها، مقدار مختلف نور را عبور می‌دهد کار نمود. قیمت عبور جهتی نور با افزایش زاویه وارده Ψ کاهش می‌یابد.، شکل(2.12)، که از منطقه نورمال عمود سطحی که شعاع بر آن وارد می شود اندازه گیری می‌شود.



شکل 2.12 عبور جهتی نور از طریق شیشه بندی نظر به ستندرد STN 73 0580-1

a - شیشه ای ساده روشن، *b* - دو شیشه ای شفاف یا یک شیشه سیم دار

فورمول های (2.15) و (2.16) امکان محاسبه عبور نور جهتی به عنوان نسبت ضریب عبور نو ر τ_{ψ} در مسیر مذکور افتاد Ψ بر ضریب عبور نور در جهت نرمال را فراهم می‌نماید. $\tau_{s,nor}$ فورمول (2.15) برای شیشه بندی یک شیشه ای شفاف قابل اعتبار می‌باشد.

$$\frac{\tau_{\psi}}{\tau_{s,nor}} = \cos\psi\,(1+\sin^{3}\psi) + e^{-\frac{\psi}{27}} - e^{-\frac{\psi}{26}} \qquad (-) \qquad (2.15)$$

و فورمول (2.16) قابل استفاده برای شیشه دو جداره و یا یک شیشه ای سیم دار قابل اعتبار می‌باشد.

$$\frac{\tau_{s.\psi}}{\tau_{s.nor}} = \cos\psi\,(1+\frac{\sin^{2}\psi}{2}) \qquad (-) \qquad (2.16)$$

اگر قیمت ضریب عبور نور منتشر شده مواد τ_{dif} معلوم نباشد، بعداً می‌توان آنرا به شکل تقریبی مثلاً بر اساس ستندرد کشور سلواکیا STN 730580-1 تعیین نمود:

$$\tau_{dif} = 0,9 \times \tau_{s,nor} \qquad (2.17)$$

قیمت های ضریب عبور نور که در جدول (2.3) نشان داده شده است در حد متوسط می‌باشند، آنها برای جهت نرمال قابل اعتبار هستند و خواص مواد خالص را نشان می‌دهند. ساختمان ها در محیط های مختلف خارجی آلوده قرار دارند. بهره برداری در محیط داخلی می‌تواند پاک باشد و یا می‌تواند انواع آلودگی را تولید نماید. بنابراین، در محاسبات عملی روشنایی روز، ضایعات واقعی نور در هنگام عبور را در طرف داخل و خارج از شیشه بندی باید مد نظر گرفت. بطور مثال استندرد STN 73 0580-1 کشور سلواکیا، فاکتورهای آلودگی $\tau_{z,e}$، و یا $\tau_{z,i}$ را بیان می‌نماید، این ضریب ها بیانگر کاهش عبور نور به دلیل آلودگی درشیشه بندی می‌باشند. جدول (2.4). قیمت مجموعی ضریب آلودگی τ_z به شکل ذیل محاسبه می‌گردد:

$$\tau_z = \tau_{z,e} \times \tau_{z,i} \quad (-) \quad (2.18)$$

نوع شیشه بندی دهانه های روشنایی از بخش های شفاف، عبور دهنده نور، یا عدم عبور دهنده نور که می‌تواند دارای اشکال مختلف و ابعاد مختلف باشند تشکیل شده اند.. برای روشنایی داخلی اندازه شیشه بندی بسیار مهم می‌باشد. در مستندات مهندسی، دهانه های کلکین ها در اندازه های دهانه ساختمانی طراحی می‌گردد که در محاسبات نور تخنیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. چوکات های کلکین ها و پر کردن فواصل بین چوکات و کلکین ها آشکار نمی‌باشند و عبورکلی نور را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابراین، باید برای کاهش عبور نور از طریق دهانه فکر کرد، این امر به کمک ضریب عبور نور تنزیل یافته با در نظر گرفتن تاثیر عناصر کلکین τ_k محاسبه می‌گردد. این محاسبه قرار ذیل صورت می‌گیرد:

$$\tau_k = S_s / S_w \quad (-) \quad (2.19)$$

از آنجاییکه:

S_s - مساحت شیشه بندی در کلکین با واحد اندازه گیری (m^2) می‌باشد،

S_w - مساحت کلی دهانه روشن شده با واحد اندازه گیری (m^2) می‌باشد.

نوع دهانه روشن شده	شیب شیشه بندی دهانه روشن شده	آلودگی هوا	ضریبآلودگی شیشه بندی	
			طرف بیرون $\tau_{z,e}$	طرف داخل $\tau_{z,i}$
عمودی	90°	کوچک	0,95	0,95
		اوسط	0,90	0,85
		بزرگ	0,85	0,65
شیب دار	45°	کوچک	0,80	0,95
		اوسط	0,70	0,90
		بزرگ	0,60	0,80
افقی	0°	کوچک	0,70	0,95
		اوسط	0,60	0,90
		بزرگ	0,50	0,80

جدول 2.4 ضریب آلودگی شیشه بندی نظر به ستندرد کشور سلواکیا (STN 73 0580-1)

تأثیرات جداگانه مواد شیشه بندی، قطعات آلوده و غیر شفاف در دهانه کلکین شامل ضرب کردن ضریب های τ_z, $\tau_{s,nor}$ و τ_k می‌شود، سپس برای کلکین این رابطه اعمال می‌شود:

$$\tau_w = \tau_{s,nor} \times \tau_z \times \tau_k \qquad (-) \qquad (2.20)$$

مجموع عبور نور از مواد چند لایه و یا عناصر ها، با ضرب نمودن ضرایب هر یک از لایه ها محاسبه می شود. باید متوجه اثرات هر یک از تأثیرات و تکرار آنها گردید. به طور معمول، تاثیر آلودگی و عدم عبور نوری چوکات های کلکین تنها یک بار محاسبه می‌گردد. ضریب عبور نوری نور یک شیشه ساده، تا چندین بار استفاده می‌شود به همان مقداری که پانل های شیشه دارای عناصر کلکین باشد.

2.2.3 جذب نور

جذب نور (absorption) به عنوان پروسه ای تعریف می‌شود که در آن انرژی تشعشعی در اثر تعامل متقابل با ماده به شکلمتفاوتی از انرژی تبدیل می‌شود. در تخنیک نور عملی، جذب نور توسط ضریب جذب نور α تعریف می‌شود که محاسبه آن به صورت نسبت جریان نور جذب شده Φ_α بر مجموع جریان وارده Φ انجام می گردد.

$$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi} \qquad (-) \qquad (2.21)$$

مقدار نور جذب شده توسط مواد ساختمانی معمولاً بسیار کوچک است و در محاسبات نورمال نادیده گرفته می‌شود.

با استفاده از فورمول (2.13)، (2.14) و (2.21) در (2.12) معادله ذیل را می‌توان به دست آورد:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \qquad (-) \qquad (2.22)$$

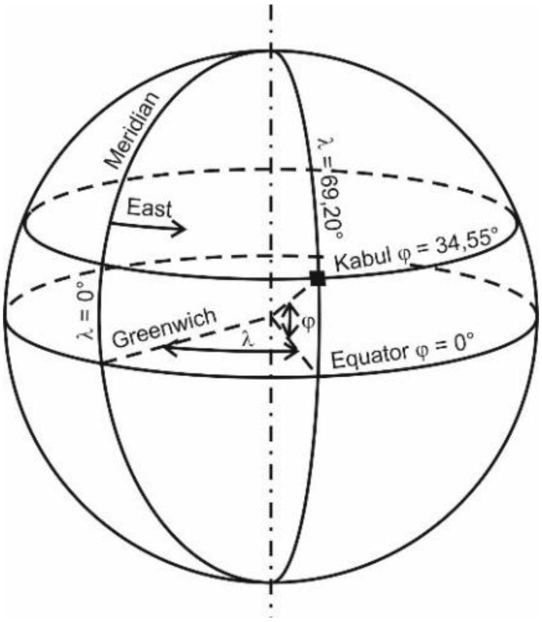
2.2.4 انکسار نور

انکسار نور (refraction) به عنوان یک پروسه ای است که در آن جهت تشعشع تغییر می‌نماید و آن هم به علت تغییرات در سرعت انتشار آن از طریق یک محیط آپتیکی غیر متجانس (inhomogeneous) و یا هم از طریق سطوح جدا شده میدیا های مختلف (different media). مواد ساختمانی معمولی که نور را انکسار و باز ارسال می‌نماید، به طور مثال، شیشه اشمیت، عناصر نوری هولوگرافی، پانل های برش لیزری، شیشه بندی هدایت نوری می‌باشد (Kischkoweit-Lopin, 2002).

2.3 موقعیت مکان بر روی زمین و موقعیت خورشید در آسمان

موقعیت مکان بر روی زمین با عرض البلد φ و طول البلد جغرافیایی λ تعیین می‌شود. شکل (2.13). مکان هایی که در نیمکره شمالی قرار دارند دارای قیمت مثبت φ هستند، در حالی که موقعیت های از استوا به قطب جنوب دارای قیمت منفی φ می‌باشد. قیمت های مثبت طول البلد جغرافیایی دارای مکان هایی اند که در شرق نصف النهار گرینویچ واقع شده اند

(λ = 0°)، قیمت منفی λ را محلاتی دارند که در غرب نصف النهار گرینویچ واقع شده اند. برخی از مختصات مکان های جغرافیایی در همه قاره ها در جدول 2.5 نشان داده شده است.



شکل 2.13 مختصات جغرافیایی، نمونه ای برای شهر کابل

λ	φ	**محل**	λ	φ	**محل**
51.39° E	35.69° N	تهران	21.82° W	64.13° N	ریکیاویک
139.69° E	35.69° N	توکیو	10.75° E	59.91° N	اسلو
69,16° E	34.54° N	کابل	37.62° E	55.76° N	مسکو
31.24° E	30.04° N	قاهره	13.41° E	52.52° N	برلین
103.82° E	1.35° N	سنگاپور	21.26° E	48.72° N	کوشتسی سلواکیا
47.92° W	15.83° S	برازیل	17.06 E	48.17° N	براتیسلاوا
28.05° E	26.20° S	ژوهانسبورگ	12.50° E	41.90° N	روم
151.21° E	33.86° S	سیدنی	74.01° W	40.71° N	نیویوراک
59.52° W	51.80° S	فالکلند	116.41° E	39.90° N	پکن

جدول 2.5 مختصات جغرافیایی شهرهای انتخاب شده (نظر به https://www.latlong.net)

زمین در اطراف محور خود در سیکل روزانه (daily cycle) و به طور همزمان در اطراف خورشید در طول مسیر بیضوی در سیکل سالانه چرخش می‌یابد. محور زمین به 23,45° تمایل تا سطح هموار این مسیر می‌داشته باشد، به این صورت محلات در سطح زمین همیشه در طول سال نظر به خورشید دارای موقعیت های متفاوت می باشند. این تغییر را میل (declination) δ بیان می‌نماید، زاویه ای را که شعاع خورشیدی با سطح هموار به وجود می‌آورند از طریق خط استوا عبور می‌یابد. مقدار میل δ در طول سال از 23,45°- به + 23,45°+ تغییر می‌یابد، کمترین آن در 22 دسامبر می‌باشد. بالاترین آن در تاریخ 21 جون بوده و قیمت صفر را در تاریخ 21 مارچ و23 سپتامبر دارا می‌شود.

در محاسبات تخنیکی، رابطه (2.23) را می‌توان در درجه های منتشر شده توسط اسمیت ویلسون (1976) استفاده کرد، همان را در رادیان ها بیان نموده اند، در (IESNA 200) یا رابطه (2.24) به دست آمده از Puškáš (Halahyja et al., 1985). برای تعیین دقیق میل، توصیه می‌شود از جداول نجومی استفاده صورت بگیرد.

$$\delta = 23{,}45° \sin\left[360°/365\,(J - 81)\right] \quad (°) \qquad (2.23)$$

از آنجاییکه:

J - سلسله مراتب روز در سال، $J = 1$ برای 1 جنوری، $J = 365$ ($J = 366$) برای 31 دسامبر می‌باشند.

$$\delta = 23{,}45° \sin\left(29{,}7°M + 0{,}98°DM - 109°\right) \quad (°) \qquad (2.24)$$

از آنجاییکه:

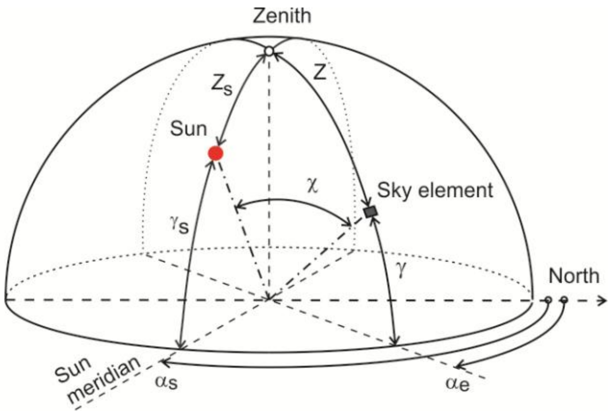
M - شماره ماه، DM - شماره روز در ماه می‌باشند.

موقعیت خورشید در آسمان را دو مختصات زاویه ای، ارتفاع خورشید γ_S و آزیموت خورشید α_S تعیین می‌نماید. شکل(2.14). خورشید در آسمان در یک مسیر قابل مشاهده از شرق آن به غرب در حال حرکت می باشد. روشهای محاسباتی و ابزارهای گرافیکی مختلفی برای تعیین ارتفاع و آزیموت خورشید وجود دارد. برای محاسبه ارتفاع خورشید از یک رابطه مثلثاتی شناخته شده استفاده می‌شود.

$$\gamma_S = \arcsin\left[\sin\varphi \sin\delta - \cos\varphi \cos\delta \cos(15°TST)\right] \quad (°) \qquad (2.25)$$

از آنجاییکه:

φ - عرض جغرافیایی در زمین، δ - میل خورشید، TST - زمان واقعی خورشیدی می‌باشند.



شکل2.14 مختصات زاویه ای موقعیت خورشید در آسمان و عنصر آسمانی

ارتفاع خورشید همچنین می‌تواند توسط زاویه زینت (zenith) تعیین گردد $Z_S = 90° - \gamma_S$، این زاویه در حقیقت زاویه تکمیل کننده در ارتفاع خورشید γ_S می‌باشد. زمان واقعی خورشیدی TST بستگی دارد به به طول البلد λ_{lo}، طول طول البلد

زون زمانی λ_s، زمان محلی LT و معادله زمان ET (2.26). در برخی از وظایف تخنیک نوری و شبیه سازی روشنایی روز با زمان تابستان نیز کار صورت می‌گیرد. در این موارد، تغییر زمان در دوره تابستان با تفریق یک ساعت مد نظر گرفته می‌شود (IES 1984).

$$TST = LT + (\lambda_{lo} - \lambda_s)/15 + ET - 1 \qquad \text{(hour)} \qquad (2.26)$$

معادله زمان ET تغییرات بین زمان ساعتی و زمان واقعی آفتابی را که تحت تاثیر حرکت غیر عادی (غیر محوری) زمین در اطراف خورشید است، تعریف می‌نماید. در عمل اغلب از روابط ساده استفاده می‌شود مانند (2.27)
از (IES 1984), Pierpont (1982) یا هم از Tregenz and Sharples (1993).

$$ET = 0{,}17 \sin\left[4\pi(J - 80)/373\right] - 0{,}129 \sin\left[2\pi(J - 8)/355\right] \qquad \text{(hour)} \qquad (2.27)$$

آزیموت خورشید α_s را می‌توان با یک رابطه تعیین کننده انحراف آن از شمال و یا هم جنوب تعیین نمود، (Kittler & Mikler 1986 یا Kittler & Darula 2013).

در حالت اول، α_s با قیمت های مثبت در محدوده 0° تا 360° درجه بیان می‌شود. در حالت تعیین آزیموت خورشید از جنوب، محدوده مقادیر قیمت ها در انتروال [180°; 0°] می‌باشد، در حالیکه مقادیر مثبت در هنگام اندازه گیری در جهت مخالف حرکت عقربه های ساعت قرار می‌داشته باشد، به عنوان مثال از جنوب به شرق و در جهت حرکت عقربه های ساعت منفی هستند، به عنوان مثال از جنوب به غرب. رابطه برای محاسبه آزیموت خورشید α_s، از تبدیل زمان با استفاده از زاویه ساعت $\tau = 15 \times TST$ استفاده می‌کند (It uses transfer time by hour angle).

برای شرایط قبل از ظهر، ، زمانی که $TST \leq 12$ می‌باشد، قیمت آزیموت توسط رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$\alpha_s = \arccos\left[\cos\delta\,(\cos\varphi \tan\delta + \sin\varphi\ \cos\tau) / \cos\gamma_s\right] \qquad (°) \qquad (2.28)$$

و برای موقعیت های بعد از ظهر زمانی که $TST > 12$ می باشد، لازم است که از 360° نتیجه حاصل شده از (2.28) را تفریق کرد، در اینصورت قیمت آزیموت اندازه گیری شده از شمال طور ذیل بدست می‌آید:

$$\alpha_s = 360° - \arccos\left[\cos\delta\,(\cos\varphi \tan\delta + \sin\varphi\ \cos\tau) / \cos\gamma_s\right] \qquad (°) \qquad (2.29)$$

موقعیت خورشید می‌تواند نیز به صورت گرافیکی بکمک دیاگرام خورشید خوانده شود. در کتاب های مسلکی مرتبط به این موضوع، انواع مختلفی از این دیاگرام را می‌توان جستجو کرد. با توجه به پروجکشن (شکلسازی گرافیکی) خطوط خورشیدی، آنها به استوانه/ مستطیل شکل equidistant, orthographic, date, stereographic and kotangent طبقه بندی می‌شوند به عنوان مثال (Twarowski 1962, Halahyja et al., 1985).

ضعف استفاده از دیاگرام های خورشیدی گرافیکی، دقت پایین تر نتایج و اعتبار آن فقط برای یک عرض البلد می باشد.

برای محاسبه ارتفاع و آزیموت خورشید همچنین می‌توان از اپلیکشن های اینترنتی نیز استفاده نمود. کیفیت الگوریتم های آنها متفاوت می‌باشد، توصیه می‌شود ابتدا اطمینان از صفحات ویب سایت آن حاصل شود و سپس محاسبات انجام گیرد. برای حل وظایف، می‌توان از پروگرام های استفاده کرد که اپلیکشن آن رایگان موجود می‌باشد: SolarBeam (http://solarbeam.sourceforge.net). برنامه تغییر یک ساعته در فصل تابستان را در نظر می‌گیرد. بنابراین مراقب باید بود که در هنگام وارد نمودن معلومات به پروگرام، زمان در فصل تابستان در نظر گرفته شود.

مثال 2.1

قیمت ارتفاع و آزیموت خورشید را در کابل در ساعت 10:30 به وقت محلی در تاریخ 6 آگست محاسبه نمایید.

مختصات جغرافیایی کابل عبارتوند از:

عرض البلد $\varphi = 34{,}54°$ N و طول البلد $\lambda_{lo} = 69{,}16°$ E, (GMT +4,5) می باشند.

1. کابل پایتخت افغانستان بوده که در زون زمانی GMT +4:30 قرار دارد که مطابق با طول البلد استندرد نصف النهار (meridian) $\lambda_s = 4{,}5 \times 15 = 67{,}5°$ می‌باشد. شماره سلسله ای روز در سال $J = 218$ بوده و در تاریخ 6 آگست و زمان محلی $LT = 10 + 30/60 = 10{,}5$ h می‌باشد.

2. قیمت معادله زمان ET بر اساس رابطه (2.27) محاسبه می‌گردد.

$$ET = 0{,}17 \sin (4\pi (J - 80)/373) - 0{,}129 \sin (2\pi (J - 8)/355)$$

$$ET = 0{,}17 \times \sin (4\pi \times (218 - 80)/373) - 0{,}129 \times \sin (2\pi \times (218 - 8)/355)$$

$$\underline{ET = -0{,}0995 \text{ hour}}$$

3. میل خورشید (solar declination) δ بر اساس رابطه (2.24) تعیین می‌شود.

$$\delta = 23{,}45° \sin (29{,}7° M + 0{,}98° JM - 109°)$$

$$\delta = 23{,}45 \times \sin (29{,}7 \times 8 + 0{,}98 \times 6 - 109)$$

$$\underline{\delta = 16{,}73° = 0{,}292 \text{ rad.}}$$

4. استفاده از روابط (2.25)، (2.26) و (2.28)، محاسبه را در زمان واقعی خورشید پیش بینی می‌نماید و این در حالی است که قیمت زمان محلی LT برای تمام منطقه زون زمانی قابل اعتبار می-باشد. با توجه به این تغییر زمان نه چندان مهم در طول زمان تابستان، زمان واقعی خورشید TST بر اساس (2.26) محاسبه می‌شود:

$$TST = LT + (\lambda_{lo} - \lambda_s)/15 + ET = 10{,}5 + (69{,}16 - 67{,}5)/15 + (-0{,}0995)$$

$$\underline{TST = 10{,}51 \text{ hour.}}$$

5. وقتی قیمت δ و TST تعیین می‌شود، بعداً ارتفاع خورشید با توجه به رابطه (2.25) محاسبه می‌شود.

$$\gamma_s = \arcsin (\sin\varphi \sin \delta - \cos \varphi \cos \delta \cos(15° \times TST))$$

$$\gamma_S = \arcsin(\sin(34{,}54°) \times \sin(16{,}73°) - \cos(34{,}54°) \times \cos(16{,}73°) \times \cos(15° \times 10{,}51))$$

$$\underline{\gamma_S = 1{,}1038 \text{ rad} = 63{,}2°}$$

6. در آخر، آزیموت خورشید برای قبل از ظهر و با توجه به رابطه (2.28) تعیین می‌گردد، و برای بعد از ظهر با توجه به رابطه (2.29) تعیین می‌گردد. اول زاویه ساعت τ بیان می‌شود.

$$\tau = 15 \times TST = 15 \times 10{,}51 = \underline{157{,}65°}$$

از آنجاییکه مختصات آفتابی برای قبل از ظهر 10:30 تعیین می‌شود، رابطه (2.28) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\alpha_S = \arccos\left[\cos\delta\left(\cos\varphi\tan\delta + \sin\varphi\cos(\tau)/\cos\gamma_S\right)\right]$$

$$\alpha_S = \arccos[\cos(16{,}73°) \times (\cos(34{,}54°)\tan(16{,}73°) + \sin(34{,}54°) \times \cos 157{,}65°))/\cos(63{,}2°)]$$

$$\underline{\alpha_S = 126°}$$

نتیجه:

روز 6 آگست ساعت 10:30 در کابل، مختصات خورشید عبارتند از: ارتفاع خورشید $\gamma_S = 63{,}2°$ و آزیموت خورشید که از شمال اندازه گیری شده است $\alpha_S = 126°$ می‌باشد.

2.4 آفتاب

خورشید بزرگترین جسم در منظومه شمسی می‌باشد. پارامترهای آن که در تکنالوژی نور و سولر استفاده می‌شود در جدول (2.6) نشان داده شده است. در محدوده حیات ما، منبع انرژی بی پایان و پایدار می‌باشد که از طریق اتموسفیر به سطح زمین منتقل می‌شود.

تعریف		قیمت	ماخذ علمی
فاصله زمین از خورشید	متوسط	1,496.10^{11} m	Stix (1989)
وزن، کیلوگرم		(1,9891±0,0012).10^{30}	
شعاع، متر		(6,9626±0,0007).10^{8}	
زاویه پخش دیسک خورشید، رادیان		32´ = 0,0009308	Chauliaguet et al., (1979)
قدرت کلی، W		(3,845 ± 0,006).10^{26}	Stix (1989)
درجه حرارت موثر، K		5777 ± 2,5	
درخشنده گی، cd/m^2		1,968.10^{9}	Kittler & Pulpitlová (1988)

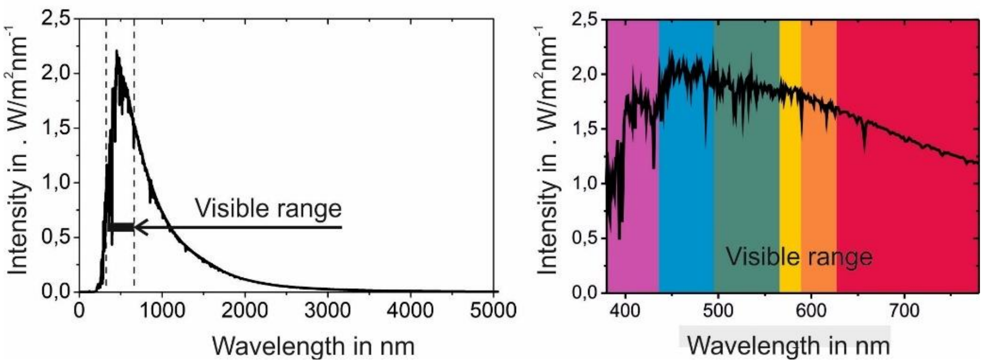
جدول 2.6 مشخصات و پارامترهای خورشید

تابش خورشیدی، تابش الکترومقناطیسی متصل شده بوده که از خورشید در یک محدوده طول موج $\lambda = 10^{-11}$ و بیش از 1 m گسترش می‌یابد.

شکل (2.15) در سمت چپ. انرژی آن در مرز بالا از اتموسفیرتقریبا ثابت بوده و با ثابت خورشیدی (solar constant) تعریف می‌شود. ثابت خورشیدی $E_o = 1367 \pm 1,6\ W/m^2$ (WMO 1982, Gueymard 2004) نشان دهنده مقدار نور خورشید است که بر روی واحد یک سطح می‌افتد که عمود بر اشعه های خورشیدی بوده و در سطح بالای فضای اتموسفیر زمین در فاصله متوسط زمین از خورشید $l = 149,59.10^6$ km قرار دارد. طیف خورشیدی همچنین نور قابل مشاهده را پوشش می-دهد. (λ = 380 – 780 nm)، اشعه ماوراء بنفش و اشعه مادون قرمز را پوشش می دهد، جدول (2.7). دامنه مشترک از اشعه ماوراء بنفش (ultraviolet)، اشعه مرئی و اشعه مادون سرخ (infrared) نیز به عنوان تشعشع آپتیکی نامیده می‌شوند.

نوع تابش		طول موج در nm	اثرات
ماوراء بنفش	UV-C	100 - 280	دارای خواص ضد باکتری
	UV-B	280 - 315	Actinic، تاثیر کیمیاوی بالای رنگ پوست
	UV-A	315 - 380	اثرات چشم، اریتم
قابل دید		380 - 780	دید
مادون سرخ	IR-A	760 - 1 400	فقط حرارتی
	IR-B	1 400 - 3 000	
	IR-C	> 3 000	

جدول 2.7 طیف تشعشع آپتیکی و تاثیر کیمیاوی بالای رنگ پوست (Baker et al., 1993)



شکل 2.15 طیف تشعشع خورشید

ماوراء بنفش در پیمانه پایین برای ارگانیسم اثرات مثبت می‌داشته باشد، در رنگ گرفتن پوست اثر می گذارد، میتابولیسم وجود انسان را تقویت می‌نماید، ویتامین D را ایجاد می‌نماید، تعداد گلبول های سرخ و سفید در خون را افزایش داده و اثرات ضد عفونی کننده می‌داشته باشد. اثرات منفی آن زمانی آشکار می‌گردد که مدت طولانی در معرض آن قرار گرفته شود، به پوست آسیب می‌رساند و باعث ایجاد سرطان پوست می‌گردد.

نور به عنوان تابش الکترومقناطیسی در محدوده طول موج λ = 380 – 780 nm تعریف می‌شود، شکل (2.15) در سمت راست. نور از دیدگاه تکنالوژی نوری و استفاده از آن طور ذیل تقسیم می‌شود:

الف. ویژگی های همه احساسات و ادراکات که مخصوص دید هستند،

ب. تشعشع، که توانایی آنرا دارد که تحریک کننده سیستم بینایی انسان باشد.

نور برای انسان مهم ترین عنصر تشعشع خورشید می‌باشد (Boyce 2014). اجازه می‌دهد که نوعیت رنگ ها را درک نماییم، در تمرکز کردن ما در محیط کمک نموده و حس بینایی ما را همچنان کمک می‌نماید تا 90% اطلاعات را به دست بیآوریم. در وابستگی به درک نمودن نوع رنگ، محدوده اشعه قابل رویت را می‌توان به شش مناطق اصلی تقسیم نمود، جدول (2.8).

نوع رنگ	طول موج در nm	نوع رنگ	طول موج در nm
بنفش	380 – 436	زرد	566 – 589
آبی	436 – 495	نارنجی	589 – 627
سبز	495 – 566	سرخ	627 - 780

جدول 2.8 طیف قابل مشاهده تابش الکترومقناطیسی

مانند ثابت خورشیدی، می‌توان در محدوده طول موج طیف قابل دید، ثابت خورشیدی نوری E_{vo} را هم استنباط کرد. ثابت خورشیدی E_{vo} = 133,8 klx غلظت و یا تراکم جریان نوری می‌باشد که از خورشید به سرحد بیرونی اتموسفیرزمین وارد می‌شود (Kittler & Pulpitlová 1988, Darula & Kittler, 2001).

در واقع می‌توان از طریق اختلاط وادغام جریان تشعشعی طیفی $E_e(\lambda)$ و موثریت نوری نسبی طیفی $V(\lambda)$ در محدوده طول موج 380 = 780 nm نظر به رابطه ذیل تعیین نمود:

$$E_{vo} = K_m \int_{\lambda=380}^{780} E_e(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda \qquad (\text{lx یا lm/m}^2) \qquad (2.30)$$

از آنجاییکه:

K_m = 683 lm/W - حداعظمی موثریت نوری تک رنگی (مونو کروماتیک) نور در طول موج λ = 555 nm بوده که جوابده اوج منحنی photopic می‌باشد، $E_e(\lambda)$ - تراکم جریان تشعشعی فرا زمینی می‌باشد با واحد اندازه گیری (W/m^2. nm).

$V(\lambda)$ - موثریت نسبی نوری طیفی از تشعشع تک رنگی (مونو کروماتیک) می‌باشد. ثابت خورشیدی نوری E_{vo} (2.30) معادل پارامتر فوتومتریک به ثابت خورشیدی E_o بوده که یک پارامتر رادیومتری می‌باشد. مسیر زمین در اطراف خورشید نسبتاً بیضوی شکلبوده که باعث ایجاد تغییر 3,3% ± در قیمت ثابت خورشیدی در طول سال می‌شود. این تغییرات می‌تواند توسط ضریب عدم تمرکز گرایی (eccentricity) تنظیم شده باشد ϵ (2.31). سپس تغییرات روزانه در ثابت خورشیدی به صورت $\breve{E}_o = \epsilon \times E_o$ یا ثابت خورشیدی نوری به شکل $\breve{E}_{vo} = \epsilon \times E_{vo}$ می تواند محاسبه شود. برای محاسبات عملی IES (Illuminating Engineering Society of North America, 1984) توصیه می‌گردد که از یک رابطه ساده استفاده صورت گیرد:

$$\epsilon = 1 + 0{,}034 \cos\,[360°\,(J - 2) / 365] \qquad (-) \qquad (2.31)$$

2.5 تشعشع خورشیدی

بخش کوچکی از تابش خورشید فرا زمینی (extraterrestrial solar radiation) که در اتموسفیر زمین می تابد، منعکس می‌شود و بقیه به سطح زمین نفوذ می‌نماید. این بخش پس از آن بیشتر جذب می‌شود و از طریق آئروسل ها، مالیکول ها، ذرات گرد و همچنان گازات در اتموسفیرپراگنده می‌شود. تشعشع خورشیدی با طول موجهای بین nm 250-3000، 98% انرژی خورشیدی را تشکیل می‌دهد که بروی سطح زمین فرود می‌آید. تشعشعی که از شعاع های مستقیم خورشید حاصل می‌شود، به نام تشعشع انتشاری آسمانی نامیده می‌شود، در حالیکه تشعشع که ازاثر پراگندگی در اتموسفیر حاصل می‌شود به نام تشعشع غیر مستقیم آسمانی یاد می‌شود. تشعشع مجموعی که در سطح زمین فرود می‌آید (سطح افقی، شکل2.16)، همچنین به عنوان تابش جهان $E_{e,g}$، شناخته می‌شود که شامل دو جزء یعنی تشعشع مستقیم خورشید $E_{e,s}$ و تابش انتشاری آسمانی $E_{e,d}$ یاد می‌شود.

$$E_{e,g} = E_{e,s} + E_{e,d} \qquad (\mathrm{W/m^2}) \qquad (2.32)$$

وقوع شرایط آفتابی و بدون آفتابی می‌تواند در هر روز متفاوت باشد. تابش جهانی $E_{e,g}$ (global irradiance)، در روز روشن می‌تواند به کمک رابطه (2.32) محاسبه شود. ابرها در حال حرکت در آسمان می‌توانند دیسک خورشید را سایه بیندازند و تاثیر تابش مستقیم را تضعیف نمایند. در این حالت، سطح زمین فقط توسط تابش انتشاری تحت تابش قرار می‌گیرد و بعداً قیمت اندازه گیری شده تابش مجموعی بر روی زمین،مساوی با تابش انتشاری می‌باشد، بنابراین رابطه ذیل مدار اعتبار خواهد بود:

$$E_{e,g} = E_{e,d} \qquad (\mathrm{W/m^2}) \qquad (2.33)$$

مقدار تابش در زمین ارتباط به ارتفاع خورشید از سطح بحر γ_s (شکل2.16) و تضعیف انرژی خورشیدی که از اتموسفیر عبور می‌نماید می‌داشته باشد. در محاسبات عملی، اثر تضعیف توسط پارامتر های ذیل شرح داده می‌شود: ضخامت نسبی آپتیکی اتموسفیر m، ضریب انقراض a_r و ضریب کدورت لینکه T_L (Linke turbidity factor). با توجه به این پارامترهای زیر، فورمول (2.34) را می‌توان نوشت (for example, Kittler & Mikler, 1986).

$$E_{e,s} = E_{\frown}\ \epsilon \exp(-a_r\, m\, T_L) \qquad (\mathrm{W/m^2}) \qquad (2.34)$$

از آنجاییکه:

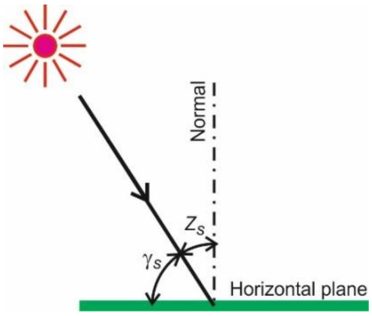
$E_{e,s}$ - تابش مستقیم بر سطح که عمود بر اشعه خورشیدی فرود آمده می‌باشد، با واحد اندازه گیری $\mathrm{W/m^2}$،

$E_{\frown}$ = 1 367، ثابت خورشیدی با واحد اندازه گیری $\mathrm{W/m^2}$،

a_r - ضریب انقراض ریلی اتموسفیر (extinction coefficient of Rayleigh's atmosphere) بدون واحد اندازه گیری،

m - ضخامت نسبی اتموسفیر بدون واحد اندازه گیری،

T_L - ضریبکدورت لینکه اتموسفیر (Linke turbidity factor).



شکل 2.16 فرود آمدن اشعه خورشید در یک سطح افقی

در محاسبات دقیق ضخامت نسبی اتموسفیر m، انکسار اشعه خورشید در اتموسفیر مد نظر گرفته می‌شود و در ارتفاعات کم خورشید، انحنای زمین مد نظر گرفته می‌شود. نتایج دقیق با دقت کافی در کار های عملی انجنیری توسط یک رابطه ساده که بر اساس (Kasten & Young 1989 ,Tregenza & Wilson 2011) می باشد، ارایه می‌گردد.

$$m = \frac{1}{\sin\gamma_s + 0{,}50572\,(\gamma_s + 6{,}07995°)^{-1{,}6364}} \qquad (-) \qquad (2.35)$$

در انجنیری عملی خورشیدی، برای محاسبه ضریب ریلی اتموسفیر، رابطه ی پیشنهاد شده توسط کاستون (1980) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

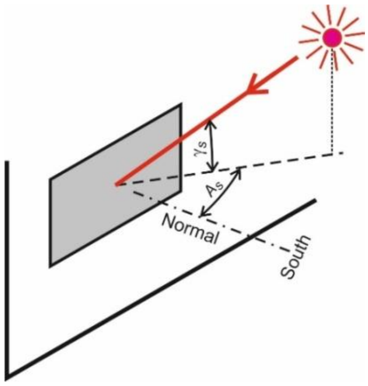
$$a_r = 1 / (0{,}9\, m + 9{,}4) \qquad (-) \qquad (2.36)$$

در محاسبات عملی، کسب انرژی خورشیدی اغلب بر روی یک صفحه افقی شکل (2.16) یا عمودی محاسبه می‌شود. سپس برای سطح افقی چنین می‌باشد:

$$E_{e,sh} = E_{e,s} \sin \gamma_s \qquad (W/m^2) \qquad (2.37)$$

سطوح عمودی مانند نما های ساختمانها و یا کلکین ها می‌توانند به نقاط کاردینال جهت داده شوند یا می‌توانند جهت بندی دلخواه یا شیب خود را داشته باشند. در شرایطی که جهت کلکین به طرف جنوب باشد (شکل2.17)، نرمال این کلکین جهت بندی جنوب خواهد داشت و فقط آزیموت و ارتفاع خورشید برای اندازه گیری تابش مستقیم $E_{e,s,south}$ مورد نیاز می-باشد (Chauliaquet et al., 1977).

$$E_{e,s,south} = E_{e,s} \cos\gamma_s \cos\alpha_s \qquad (W/m^2) \qquad (2.38)$$

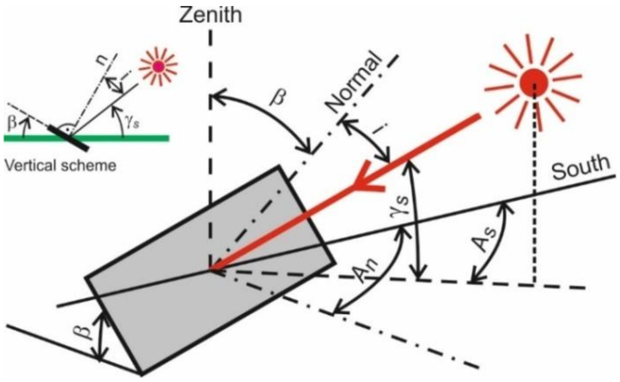


شکل 2.17 کلکین به سوی جنوب جهت داده شده است

محاسبات مقدار انرژی خورشیدی براساس تعریف موقعیت خورشید و در پیوند با شیب و جهت بندی سطوح که تحت تابش قرار دارند می‌باشد. جهت بندی این سطوح ها در محیط در جهت نرمال مشخص شده است. بنابراین، تمام طرز عمل های ریاضی و یا فورمول ها بر اساس تعیین زاویه θ فی مابین شعاع خورشیدی فرود آمده و نرمال در مسطح مورد تابش کار می‌نمایند شکل (2.18). استفاده از یک فورمول مثلثات کروی (spherical trigonometry)، $\cos\,\theta$ برای مسطح با جهت بندی دلخواه و شیب به شکلذیل تعیین می‌شود:

$$\cos\,\theta = \cos\,\gamma_s \sin\beta \cos\,(|\alpha_s - \alpha_n|) + \sin\,\gamma_s \cos\,\beta \qquad (2.39)$$

از آنجاییکه: $|\alpha_s - \alpha_n|$ تفاوت بین آزیموت خورشید و آزیموت نورمال برای سطح می‌باشد.



شکل2.18 سطح شیب دار با جهت بندی دلخواه

بعداً، تابش مستقیم $E_{e,s\beta}$ سطح شیب دار با جهت بندی دلخواه طور ذیل محاسبه می‌شود:

$$E_{e,s\beta} = E_{e,s}\ \cos\,i \qquad (\mathrm{W/m^2}) \qquad (2.40)$$

تعیین تشعشع منتشره یک کار بسیار دشوار می‌باشد. تشعشع منتشرهمی‌تواند تحت شرایط آب و هوایی متجانس (homogenous) در روزهای بدون ابری، روز های ابری با غبار و همچنین در شرایط غیر متجانس مثل شرایط ابری با پوشش های مختلف انواع ابرها، اندازه گیری شود. در حال حاضر هیچ روش رضایت بخش برای محاسبه تشعشع انتشاری وجود ندارد. در نشرات مختلف چندین روش دیگر برای محاسبه قیمت های متوسط یا احتمالی $E_{e,d}$ وجود دارد. یکی از این فورمول ها برای محاسبه قیمت های تابش آسمانی انتشاری یا غیر مستقیم و منعکسه از زمین توسط (Kittler & Mikler,1986) منتشر شده است.

تابش اننشاری در سطح افقی $E_{e,d}$، در شرایط بدون ابری می‌تواند از پارامترهای شناخته شده $E_o, \epsilon, E_{e,s}$ و T_{Lm} طوری ذیل بیان شود:

$$E_{e,d} = (E_o\, \epsilon \sin\,\gamma_s - E_{e,s} \sin\,\gamma_s)\,(0{,}25 + 0{,}025\ T_{Lm}) \qquad (\mathrm{W/m^2}) \qquad (2.41)$$

از آنجاییکه: T_{Lm}- قیمت ماهانه ضریب کدورت لینکه (monthly value of Linke turbidity factor) می‌باشد.

قیمت تابش انتشاری در مسطح دلخواه شیب دار $E_{e,d\beta}$ با شیب β می‌تواند با استفاده از فورمول (2.41) $E_{e,d}$ بیان شود:

$$(W/m^2)\quad E_{e,d\beta} = 0,5\, E_{e,d}\, [1+\cos\beta + (0,94 \exp(\cos\, \iota) + 1,84/T_{Lm} - 1,44) \sin\beta] \qquad (2.42)$$

سطوح شیب دار نه تنها در معرض تابش خورشید و آسمان قرار دارند، بلکه در معرض تابش از سطح زمین نیز قرار می-گیرند. برای تعیین تابش منعکس شده از سطح افقی زمین، لازم است که انعکاس آن را یا به عباره دیگر ضریب انعکاس و یا هم ρ_t را بشناسیم. قیمت های انتخاب شده سپیدایی یا آلبیدا و سطح زمین، سرسبزی و مواد ساختمانی که همواره در اطراف محیط ساختمان قرار دارد، در جدول (2.9) بیان شده است. بعداً، اثر مشترک $E_{e,d}, E_{e,s}$ و البیدا زمین اطراف توسط فورمول ذیل بیان می‌شود:

$$(W/m^2)\quad E_{e,d\rho} = 0,5\, \rho_t\, (1 - \cos\beta)\, (E_{e,d} + E_{e,s}) \qquad (2.43)$$

کتگوری	نوع	سپیدایی (%)
زمین	ریگ سفید	34–40
	گل رس روشن	30–31
	سطح زمین خشک خاکستری	35–30
	خاک مرطوب خاکستری	10–12
سرسبزی طبیعی و سطح زمین اطراف	برف تازه	75–95
	سنگ	12–15
	سبزه بلند چمن	18–20
	جنگل ها با درخت های برگ ریز	18
	سبزه کوتاه چمن	23–25
	سطوح آبی - بند آب، بحر	3–10
مواد ساختمانی	کانکریت که با هوای آزاد در تماس بوده و خراب شده	22
	کاشی سرامیکی کانکریتی سرخ	18
	کاشی سرامیکی کانکریتی سفید – جدید	77
	پوشش آسفالتی - سیاه	3,4
	پوشش آسفالتی – سفید	26
	پوشش بام آهنی – سفید	59
	پوشش بام آهنی – آبی	19
	پوشش بام آهنی – سبز	8–24
	پوشش بام آلومینیومی - بدون اصلاح سطح	71

جدول 2.9 سپیدایی یا آلبیدا سطح زمین و مواد ساختمانی

در شرایط واقعی، سطوح ساختمان ها هم زمان مورد تابش مستقیم و عنصر غیر مستقیم یا انتشاری تابش خورشید قرار می‌گیرد. این در حقیقت همان تابش جهانی می‌باشد. در مورد سطوح شیب دار، قیمت $E_{e,g\beta}$ که در اثر شمارش تمام اجزا حاصل می‌شود قرار ذیل می‌باشد:

$$E_{e,g\beta} = E_{e,s\beta} + E_{e.d\beta} + E_{e,d\rho} \qquad (W/m^2) \qquad (2.44)$$

مثال 2.2

تابش مستقیم خورشیدی را در روز 6 آگست در ساعت 10:30 در شرایط غیر ابری به یک کلکینی که در جهت جنوب ساختمان قرار دارد و این ساختمان در شهر کابل موقعیت دارد، محاسبه نمایید. معلومات ورودی:

$\varphi = 34{,}54°$ N, $\lambda_{lo} = 67{,}16°$E, $J = 218$, $\gamma_s = 63{,}2°$ بوده و $A_s = 126°$ (GMT +4,5) را از از مثال (2.1) می‌توان استفاده نمود.

محاسبه:

1.ضریب خارج از مرکز بودن ϵ (the factor of eccentricity)، توسط تغییرات در ثابت خورشیدی در طول سال تعیین می گردد. قیمت آن را برای 6 آگست می‌تواند نظر به رابطه (2.31) دقیق تر محاسبه گردد.

$$\epsilon = 1 + 0{,}034 \cos [360° (J - 2°)/365°] = 1 + 0{,}034 \times \cos [360° (218 - 2°)/365°] = 0{,}9697$$

2. ضخامت آپتیکی اتموسفیر m را به طور دقیق رابطه (2.35) بیان می‌نماید.

$$m = \frac{1}{\sin\gamma_s + 0{,}50572\ (\gamma_s + 6{,}07995°)^{-1{,}6364}}$$

$$m = 1 / (\sin 63{,}2 + 0{,}50572\ (53{,}8 + 6{,}07995)^{-1{,}6364}) = 1{,}1209$$

3. ضریب انقراض a_r (2.36) برای محاسبه تابش مستقیم خورشید مورد نیاز می‌باشد..

$$a_r = 1 / (0{,}9\ m + 9{,}4) = 1/(0{,}9 \times 1{,}1205 + 9{,}4) = 0{,}0961$$

4. قیمت ضریب کدورت لینکه T_L همچنین ارتباط به آلودگی اتموسفیری دارد. برای کابل پایتخت افغانستان می توان قیمت $T_L = 6 - 7$ را در نظر گرفت.

در محاسبات قیمت $T_L = 6{,}5$ استفاده شده است . اعمال رابطه (2.34) باعث می شود که تابش مستقیم روی مسطح که عمود بر نور خورشید می‌باشد به صورت زیر به دست آید:

$$E_{e,s} = E_{\frown}\ \epsilon\ \exp(-a_r\ m\ T_L) = 1\,367 \times 0{,}96975 \times \exp(-0{,}0961 \times 1{,}1209 \times 6{,}5) = 658{,}15\ W/m^2$$

5. نتیجه گیری توسط رابطه (2.38) از نور مستقیم خورشید در کلکین که در جهت جنوب قرار دارد $E_{e,s,\mathrm{south}}$ تعیین می‌شود. در حالیکه آزیموت خورشید نظر به رابطه (2.39) از جهت جنوب محاسبه می‌شود، $\alpha_s = 180 - 126$ استفاده می‌شود. سپس چنین خواهد شد:

$$E_{e,s,\text{south}} = E_{e,s}\ \cos\gamma_s\ \cos\ \alpha_s = 658{,}44 \times \cos 63{,}2 \times \cos 54 = 174{,}42\ \text{W/m}^2$$

نتیجه:

به کمک محاسبه تابش مستقیم خورشیدی $E_{e,s,\text{south}} = 174{,}42\ \text{W/m}^2$ در روز 6 آگست در ساعت 10:30 در شرایط غیر ابری به یک کلکینی که در جهت جنوب ساختمان قرار دارد و این ساختمان در شهر کابل موقیعت دارد بدست آمد.

2.6 نور افتاب

در شرایط آفتابی، نور آفتاب از مسیرهای خورشیدی به داخل اطاق نفوذ می‌نماید، در حالیکه اطاق های که به شکلغیر مستقیم تحت روشنایی قرار می‌گیرند و در جهت خارج از تاثیرات تابش خورشید قرار دارند، تنها با نور آسمانی روشن می‌شوند. تنها اطاق های که دارای نور انداز های با شیشه بندی افقی می‌باشند، در طول تمام روز دسترسی به نور خورشید را فراهم می‌نمایند. وقوع شرایط آفتابی در طول سال و روز تغییر می‌نماید و می تواند در ساعت یا نور نسبی آفتابی s_r بیان شود و به شکلنسبت مدت زمان مجموعی دوره آفتابی s_i بر طول نجومی روز s_a تعریف شود. فورمول (2.45) را می‌توان برای محاسبه نور نسبی روزانه آفتاب s_{rd} استفاده کرد، در حالیکه فورمول (2.46)، اطلاعات نور آفتابی را در ماه s_{rm} فراهم می‌نماید، سپس:

$$s_{rd} = s_i / s_a, \quad (-) \quad \text{یا} \quad s_{rd} = 100\ (s_i/s_a)\ , \quad (\%) \qquad (2.45)$$

با جمع بندی همه روز ها در ماه، قیمت متوسط ماهانه بدست می‌آید.

$$s_{rm} = (\sum s_i / \sum s_a) / JM, \quad (-) \quad \text{یا} \quad s_{rm} = 100\ (\sum s_i / \sum s_a) / JM \quad (\%) \qquad (2.46)$$

از آنجاییکه:

s_i - مجموع دوره های آفتابی در طول روز با واحد اندازه گیری (hour)،

s_a - طول نجومی روز، در حقیقت این زمان از طلوع خورشید تا غروب می‌باشد با واحد اندازه گیری (hour)،

JM - تعداد روزهای ماه می‌باشند.

اندازه گیری های منظم تابش مثلاًدر براتیسلاوا نشان می‌دهد که نور نسبی آقتابی می‌تواند روزانه به میزان قابل توجهی از 0 تا 0.95 متغیر باشد. در حالیکه قیمت های جستجو شده همانند قیمت های است که در جدول(2.10) بیان گردیده است.

ماه	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
s_{rm}	0,247	0,384	0,420	0,458	0,546	0,541	0,555	0,583	0,490	0,431	0,239	0,201

جدول 2.10 قیمت های متوسط ماهانه نور نسبی آقتابی s_{rm} با واحد اندازه گیری ساعت در شهر براتیسلاوا 1994-2007

مدت زمان نور آفتاب نیز می‌تواند به طور مستقیم در ساعت برای روز، ماه یا سال بیان شود. در جدول (2.11) قیمت نور آفتاب s_m نشان دهنده مجموع فواصل زمانی در ماه مد نظر گرفته شده می‌باشد.

ماه	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	سال
s_m	177,2	178,6	204,5	232,5	310,3	353,4	356,8	339,7	303,9	282,6	253,2	182,4	3175,1

جدول 2.11 نور آفتابی ماهانه s_m با واحد اندازه گیری ساعت در شهر کابل

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_cities_by_sunshine_duration

مدت زمان نور آفتاب را می‌توان با هلیوگرام Campbell-Stokes، دستگاه برای ثبت نور خورشید اندازه گیری کرد یا هم می-توان آن را از طریق تابش اندازه گیری شده $E_{e,s}$ در شرایطی که تابش مستقیم $E_{e,s} > 120\ W.m^{-2}$ باشد، محاسبه کرد.

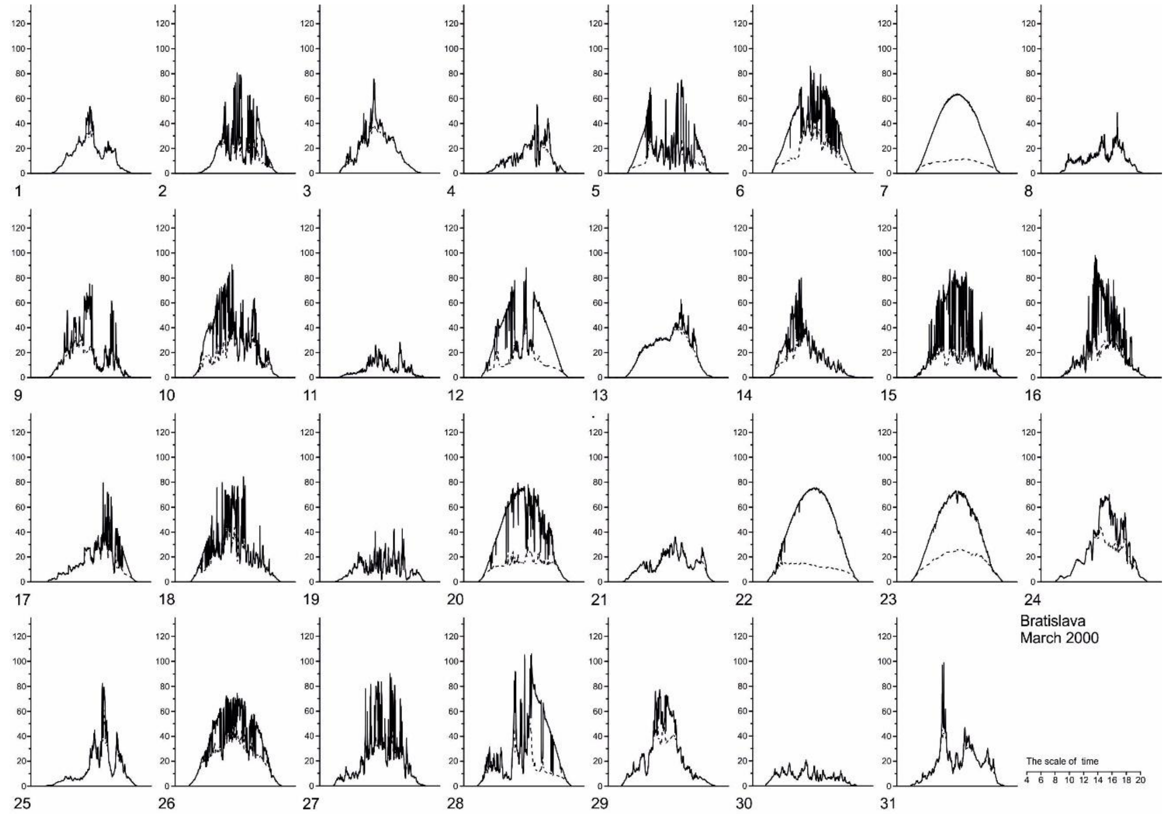
2.7 روشنایی بیرونی

استفاده روزانه از نور در طول سال و ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها بر اساس کار با مقادیر فوتومتریک می‌باشد. مهمترین آنها شدت روشنایی و درخشنده گی (illuminance and brightness) می‌باشد. شرایط واقعی روشنایی روزمره بیرونی نه تنها در طول سال بلکه در طول روز در حال تغیر می‌باشد، این تغیر وابسته به ارتفاع خورشید، خواص آپتیکی اتموسفیر و همچنان پراگنده گی و پوشش ابری در آسمان می‌باشد. شدت روشنایی مجموعی $E_{v,g}$ در سطح افقی متشکل از تابش خورشیدی مستقیم $E_{v,sh}$ و انتشاری آسمانی اجزاء $E_{v,d}$ می‌باشد:

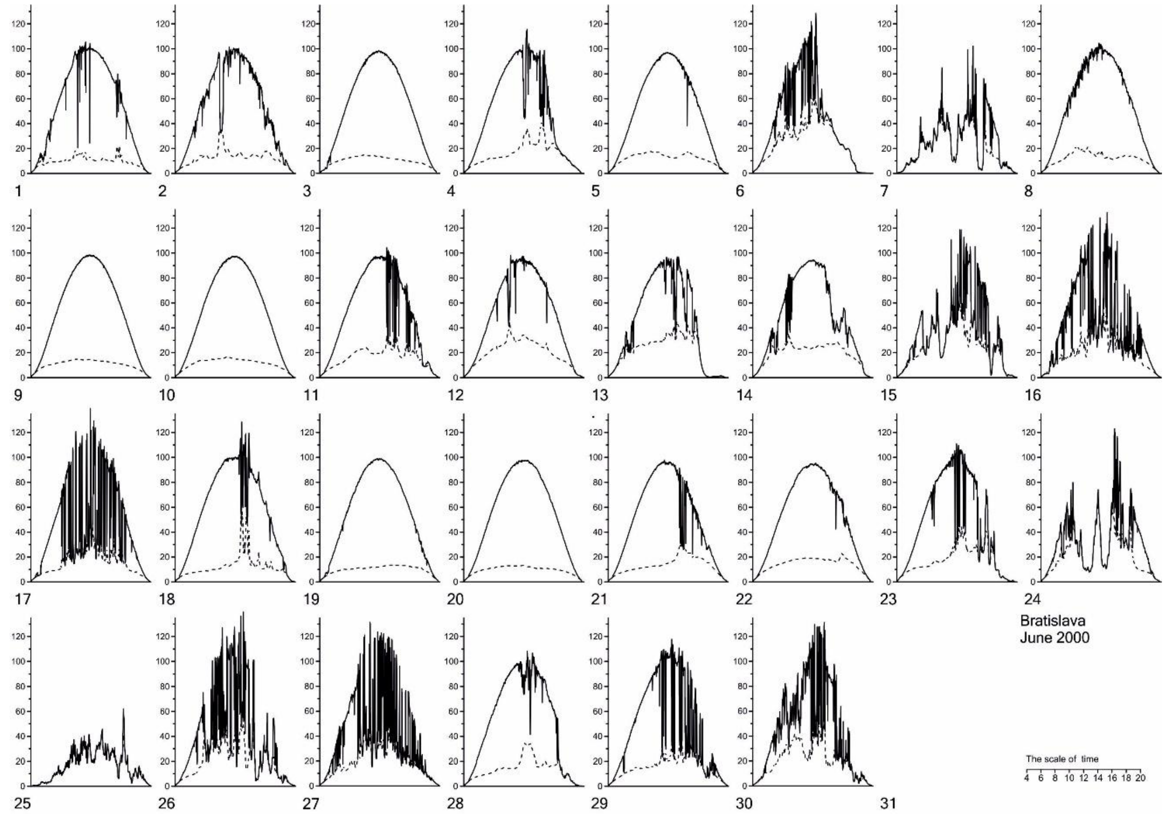
$$E_{v,g} = E_{v,d} + E_{v,sh} \qquad \text{(lx)} \qquad (2.47)$$

در صورتیکه شرایط غیر آفتابی که در آن تاثیر نور مستقیم خورشیدی حذف می‌شود حکم فرما باشد، روشنایی مجموعی برابر است با روشنایی انتشاری آسمانی ، سپس این رابطه $E_{v,g} = E_{v,d}$ مدار اعتبار می‌باشد.

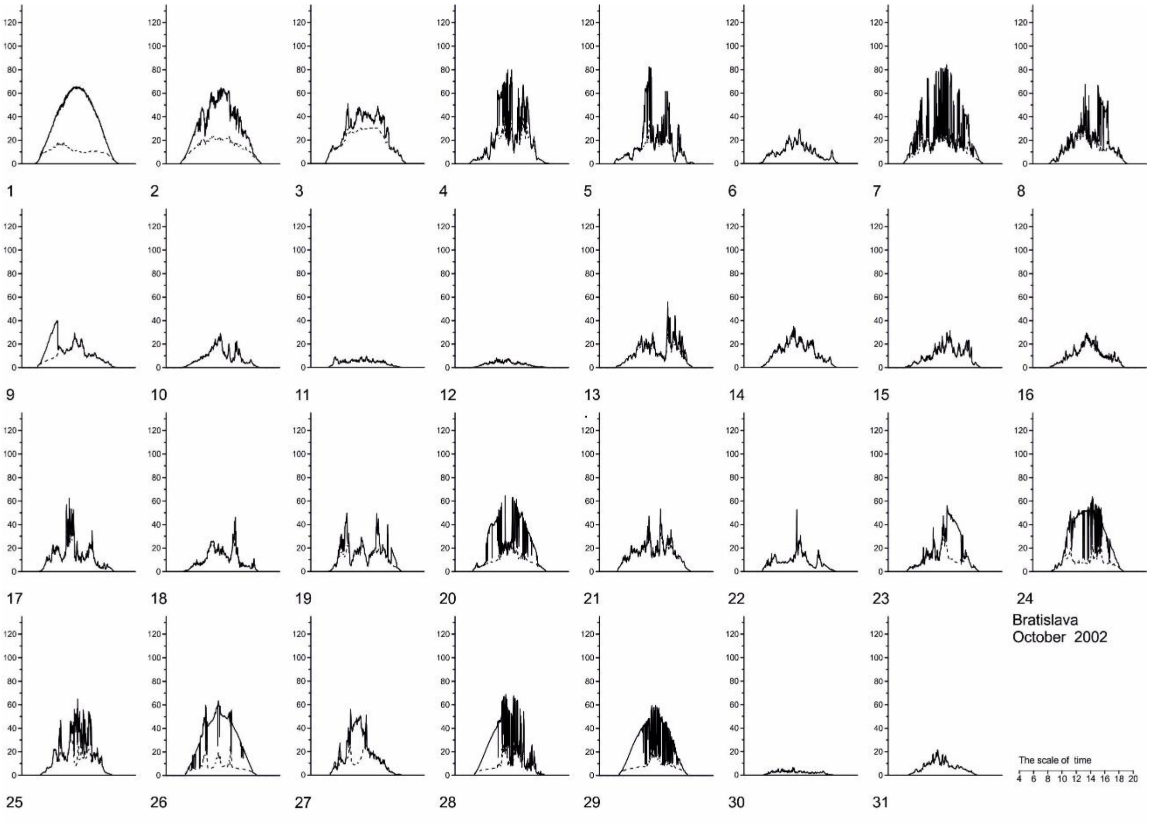
روشنایی بیرونی را می‌توان اندازه گیری و یا به کمک ریاضیات مدل سازی نمود (Darula & Kittler, 2002). در لبه بالای اتموسفیر، مقدار انرژی خورشیدی تقریبا مساوی فرود می‌آید که درمورد دسترس بودن آن بر روی سطح زمین نمی‌توان گفت. مثلاً کمترین قیمت روشنایی مجموعی در سلواکیا در زمستان وجود می‌داشته باشد. در مکان های دیگر در کره زمین و در وا بستگی به شرایط آب و هوای محلی، می‌تواند تغییرات مختلف در دسترس بودن روشنایی روز در طول سال به وجود آید. بیشترین قیمت را می‌توان در نیمه روز (ساعت 12 بجه روز) در تابستان در نیمکره شمالی انتظار داشت. علاوه بر ارتفاع خورشید و سطح روشنایی، ضخامت، نوع و میزان ابرهایی که آسمان را پوشش می‌دهند به شکل قابل توجهی تاثیر می‌گذارند. تغییرات روشنایی مداوم می‌باشند و شکل جریان روزانه آنها هر روز متفاوت بوده، اصلی می‌باشد، شکل (2.19 الی 2.22). در تصاویر، خط کامل نشان دهنده سطوح شدت روشنایی مجموعی و خط نقطه نقطه ای نشان دهنده شدت روشنایی انتشاری می‌باشد (Darula & Kittler, 2001, Darula & Kittler, 2006).



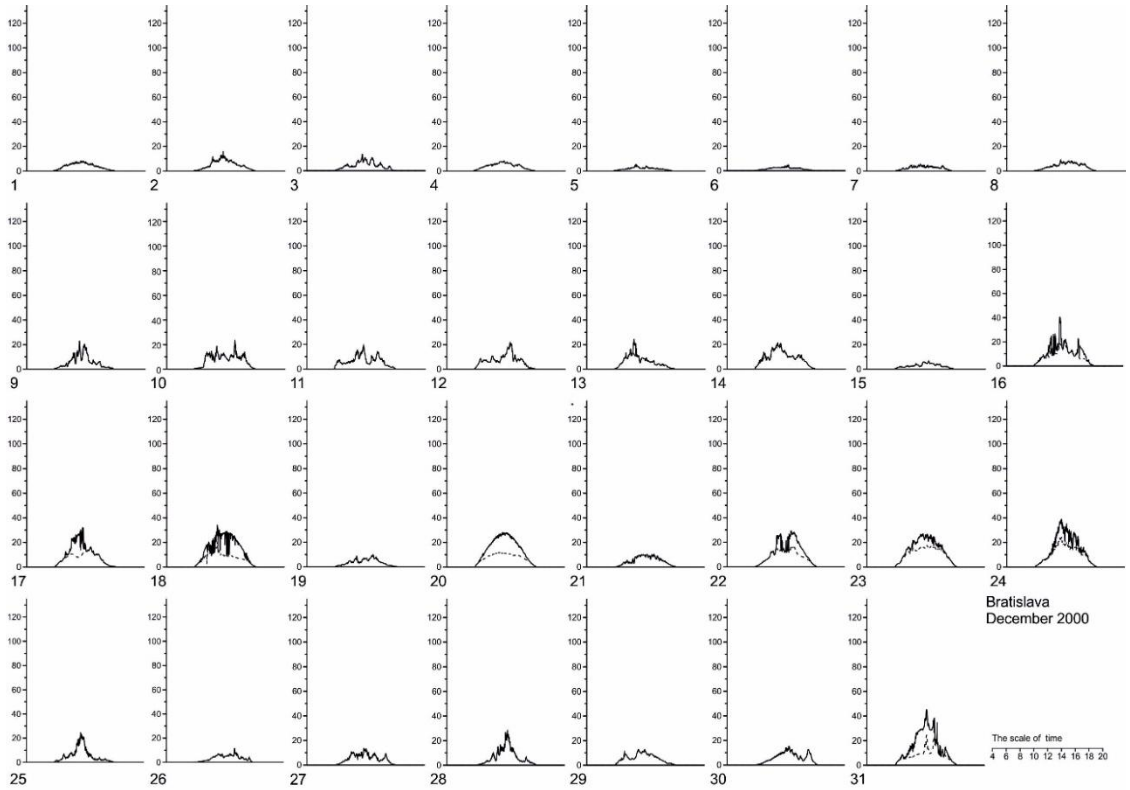
شکل 2.19 جریان های روزانه شدت روشنایی مجموعی و شدت روشنایی انتشاری در ماه بهار در شهر براتیسلاوا



شکل 2.20 جریان های روزانه شدت روشنایی مجموعی و شدت روشنایی انتشاری در ماه تابستانی در شهر براتیسلاوا



شکل 2.21 جریان های روزانه شدت روشنایی مجموعی و شدت روشنایی انتشاری در ماه خزانی در شهر براتیسلاوا

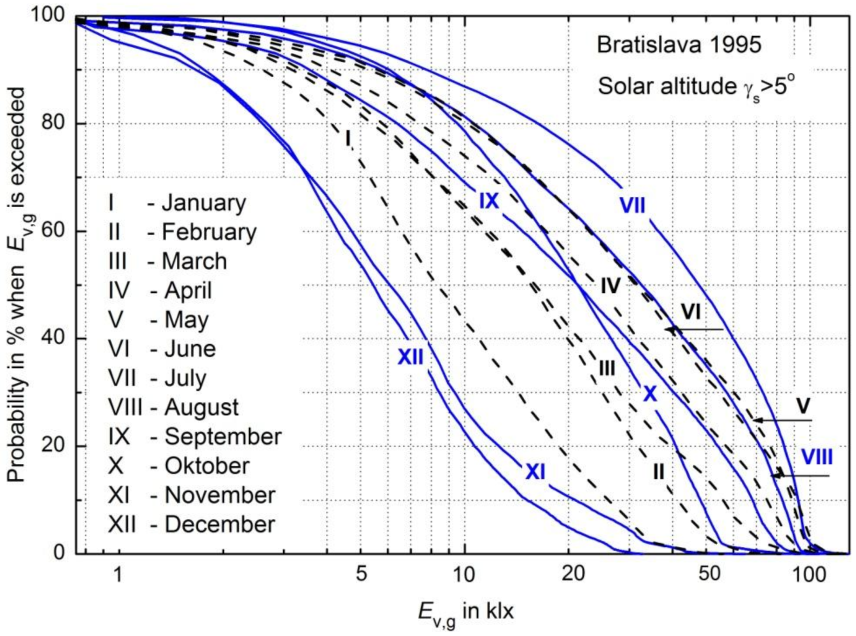


شکل 2.22 جریان های روزانه شدت روشنایی مجموعی و شدت روشنایی انتشاری در ماه زمستانی در شهر براتیسلاوا

بطور مثال Darula در سال1997 از لحاظ احصائیوی ارقام نورپردازی در فضای باز و نور منتشر شده در سال1995 در براتیسلاوا را ارزیابی کرد. در جدول (2.12) مقادیر انتخاب گردیده احصائیوی تشریح شده مجموع شدت روشنایی در دسترس بوده $E_{v,g}$ ، تقسیم شده نظر به ماه مستند شده اند. جریان های تابع (عملکرد های) تجمعی در دسترس بودن مجموع شدت روشنایی بیرونی در شکل(2.23) نشان داده شده است.

ماه	حداعظم مقدار	حد اوسط	انحراف تعیین کننده	احتمال اینکه، چه زمانی $E_{v,g}$ بیش از حد می باشد، در %			
				95 %	90 %	75 %	میانه (50%)
1	55,741	11,885	9,405	1,991	2,844	5,024	7,850
2	82,501	19,299	14,645	2,312	3,647	7,151	11,244
3	100,995	23,100	20,426	2,258	3,387	6,966	12,574
4	118,818	32,288	26,324	2,908	4,595	10,072	17,555
5	134,471	41,082	31,060	3,260	5,837	13,659	17,216
6	135,401	40,389	31,158	3,579	6,074	13,697	19,547
7	128,788	50,135	31,188	5,134	8,314	21,698	18,515
8	125,017	39,547	28,696	3,921	6,246	13,714	16,642
9	106,006	29,125	24,206	2,366	3,788	8,213	13,184
10	93,453	24,864	15,996	4,126	6,257	11,410	14,221
11	65,195	9,049	8,627	1,269	1,925	3,308	6,242
12	32,649	7,318	5,834	1,341	1,851	3,217	5,488

جدول 2.12 مشخصات احصائیوی مجموع شدت روشنایی افقی $E_{v,g}$ در klx در شهر براتیسلاوا در سال 1995

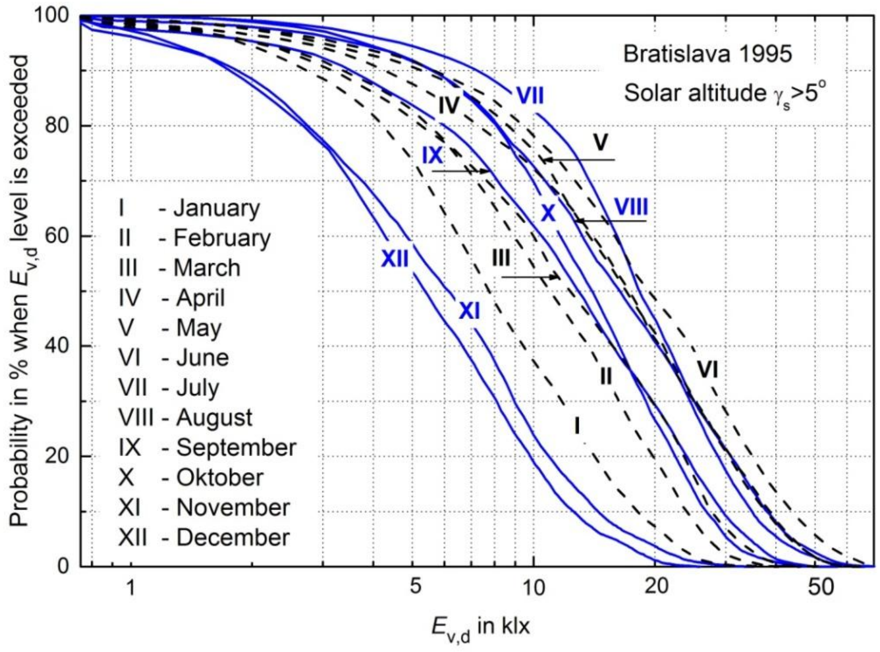


شکل 2.23 وقوع مجموع شدت روشنایی انتشاری افقی $E_{v,g}$ در شهر براتیسلاوا در سال 1995

به همین ترتیب، مقادیر نور افقی منتشر شده $E_{v,d}$ مورد بررسی قرار گرفت. جدول (2.13) و شکل (2.24) جریان ها در شکل (2.23) و شکل (2.24) نشان دهنده تغییرات قابل توجه در وقوع سطوح مجموع شدت روشنایی انتشاری در طول سال بوده و نسبتاً به شکل خوب آب و هوای سالم در براتیسلاوا را مشخص می‌سازد. به طور مشابه، امکان ثبت و مطالعه آب و هوای نور در دیگر مناطق نیز وجود دارد.

ماه	حداکثر مقدار	حد اوسط	انحراف جهت	احتمال این، چه زمانی E_{vd} بیش از حد می باشد، در %			
				95 %	90 %	75 %	میانه (50%)
1	41,166	9,449	6,086	1,991	2,843	4,956	7,850
2	45,961	12,850	7,906	2,343	3,657	6,633	11,244
3	50,670	14,689	9,593	2,306	3,435	6,742	12,574
4	64,690	19,699	12,861	2,913	4,520	9,303	17,555
5	63,788	19,872	12,422	3,222	5,542	10,425	17,216
6	77,061	22,882	14,799	3,559	5,908	11,331	19,547
7	73,787	21,205	12,030	4,956	7,467	12,873	18,515
8	66,189	19,041	11,792	3,852	5,846	9,611	16,642
9	56,622	15,286	10,045	2,394	3,779	7,417	13,184
10	52,651	15,556	8,358	4,034	5,873	9,247	14,221
11	35,130	7,426	5,375	1,269	1,925	3,304	6,242
12	25,858	6,577	4,474	1,358	1,863	3,248	5,488

جدول 2.13 مشخصات احصائیوی وقوع شدت روشنایی انتشاری افقی آسمانی $E_{v,d}$ در شهر براتیسلاوا در سال 1995



شکل 2.24 وقوع شدت روشنایی انتشاری افقی $E_{v,d}$ در شهر براتیسلاوا در سال 1995

2.7.1 شدت روشنایی مستقیم خورشیدی

هنگامی که نور خورشید به طور مستقیم بر زمین نفوذ می‌کند، شدت آن بر روی سطح زمین بستگی به ارتفاع خورشید و ترکیب لحظه ای اتموسفیر دارد که اندازه تضعیف آن را تعیین می‌کند.

از آنجا که پراکندگی تابش الکترومقناطیسی در اتموسفیر به طول موج بستگی دارد، پارامترهای مربوط به تضعیف و پراکندگی در محاسبات فوتومتریک و رادیومتری نیز متفاوت خواهد بود. در محدوده طیفی قابل مشاهده از تابش الکترومقناطیسی، در کار های عملی معمول می‌توان برای محاسبه شدت روشنایی مستقیم خورشید از رابطه زیر $E_{v,s}$ استفاده کرد:

$$E_{v,s} = E_{vo}\, \epsilon\, \exp\,(-a_v\, m\, T_v) \qquad \text{(lx)} \qquad (2.48)$$

از آنجاییکه:

E_{vo}- ثابت خورشیدی نوری با واحد اندازه گیری (lx)،

ϵ - ضریب خروج از مرکز (eccentricity factor) با واحد اندازه گیری (-)،

a_v - ضریب خاموشی نور (light extinction coefficient) با واحد اندازه گیری (-)،

m - ضخامت نسبی اتموسفیر با واحد اندازه گیری (-)،

T_v- ضریب کدورت نور با واحد اندازه گیری (-) می‌باشند.

Clear در سال (1982) رابطه (2.49) را که از Navvab and collectives در سال 1984 به دست آورده بود استنباط نمود. این رابطه برای محاسبه ضریب خاموشی a_v بوده که برای استفاده در محاسبات نور تخنیکی توصیه می‌شود. این ضریب حد اوسط قیمت خاموشی نور را در هوای پاک و خشک بیان می‌نماید.

$$a_V = \frac{1}{9{,}9 + 0{,}043\,m} \qquad \text{(lx)} \qquad (2.49)$$

در دسترس بودن شدت روشنایی روز به طور معمول اندازه گیری می‌شود و در یک سطح افقی ارزیابی می گردد. در این حالت، شدت روشنایی مستقیم خورشید که از رابطه (2.48) به دست می‌آید، باید در سطح افقی به صورت زیر محاسبه شود:

$$E_{v,sh} = E_{v,s}\, \sin\, \gamma_s \qquad \text{(lx)} \qquad (2.50)$$

ضریب کدورت نور اتموسفیر T_v نشان دهنده میزان ضعیف شدن نور خورشید بوده که از طریق اتموسفیر عبور می‌نماید، نشان دهنده کدورت اتموسفیر واقعی به شکل لایه ای مقدار معادل ریلی اتموسفیر کاملا روشن (Rayleigh atmospheres) می‌باشد. قیمت $T_v = 1$ خواص ریلی اتموسفیر کاملا روشن را مشخص می‌کند. هر قدر که قیمت T_v بالا باشد، اتموسفیر دارای کدورت بیشتر بوده و آلوده گی آن بیشتر می‌باشد. Kittler & Pulpitlová درسال 1988 و Rybár and collectives در سال 2002 پیشنهاد کرده اند که در محاسبات قیمت های سوق دهنده T_v برای انواع مختلف سایت ها استفاده شود، جدول (2.14).

سایت	T_v	
	Kittler و Pulpitlová درسال 1988	Rybár و team در سال 2002
مناطق کوهستانی	1,5	2,45
قریه جات	1,7	
شهر ها	2,5	3,30
مناطق صنعتی	3,5	5,50
شهر های بزرگ در زمان دود	13,0	-

جدول 2.14 قیمت های سوق دهنده T_v

بطور مثال قیمت های معمول اوسط ماهانه T_v توسط Darula & Kittler در سال 2008 را از اطلاعات های 1 دقیقه ای مجموعه ای شدت روشنایی انتشاری کلی اندازه گیری شده در براتیسلاوا در سال های 1994 - 2005 بر اساس رابطه (2.51) بدست آمده است، در حالیکه نتایج نظر به هر یک از ماه ها تقسیم گردیده و در جدول (2.15) درج شده است. همچنین با روش مشابه، می‌توان به کمک اندازه گیری ها، مقادیر T_v را در دیگر شهرهای روی زمین هم تعیین نمود.

$$T_v = \frac{-\ln\left(E_{v,s} / E_{vo}\right)}{a_v\, m} \qquad (-) \qquad (2.51)$$

ماه	T_v	ماه	T_v	ماه	T_v	ماه	T_v
جنوری	3,55	اپریل	5,32	جولای	4,86	اکتوبر	4,19
فبروری	3,99	می	4,84	آگست	4,95	نوامبر	3,95

جدول 2.15 قیمت های توصیه شده ضریبروشنای کدورت T_v (Bratislava 1994-2005)

مثال 2.3

روشنایی مستقیم خورشید $E_{v,sh}$ را در سطح افقی در شهر کابل به تاریخ 6 آگست ساعت 10:30 در هوای بدون ابری محاسبه نمایید. معلومات $\varphi = 34{,}54°$ N, $\lambda_{lo} = 69{,}16°$ E, $J = 218$, $\gamma_s = 63{,}2°$ را می‌توان از مثال (2.1) و $\epsilon = 0{,}9697$ و $m = 1{,}1205$ را از مثال (2.2) استفاده کرد.

محاسبه:

1. ضریب انقراض نور a_v بر اساس رابطه (2.49) محاسبه می‌گردد.

$a_v = 1/(9{,}9 + 0{,}043\ \mathrm{m}) = 1/(9{,}9 + 0{,}043 \times 1{,}1205) = 0{,}10052$

2. شکل رابطه (2.34) برای محاسبه $E_{e,s}$ در واحد های تابش $\mathrm{W/m^2}$ می‌توان بر اساس محاسبه فوتومتری شدت روشنایی مستقیم خورشیدی E_{vn} در lx در سطح عمود بر اشعه خورشیدی اعمال نمود. ضریب روشنایی کدورت نور $T_v = 5$ را می‌توان برای شرایط شهری استفاده نمود. سپس چنین خواهد شد:

$$E_{v,s} = E_{vo}\, \epsilon \exp(-a_v\, m\, T_v) = 133{,}8 \times 0{,}9697 \times \exp(-0{,}10052 \times 1{,}1205 \times 5) = 73{,}863 \text{ klx}$$

3. در نتیجه، قیمت شدت روشنایی مستقیم خورشیدی در یک سطح افقی $E_{v,sh}$ بر اساس رابطه (2.50) محاسبه می گردد:

$$E_{v,sh} = E_{vs} \sin \gamma_s = 73{,}863 \sin(63{,}2) = 65{,}929 \text{ klx} = 65\,929 \text{ lx}$$

نتیجه:

در هوای بدون ابری به تاریخ 6 آگست ساعت 10:30 ممکن است شدت روشنایی افقی مستقیم $E_{v,sh} = 65\,929$ lx در کابل رخ بدهد.

2.7.2 نور آسمانی

روش های مختلف پیش بینی شدت روشنایی انتشاری آسمانی وجود دارد. یکی از ساده ترین راه ها این است که تاثیر مشترک لایه های ابر و محتوای اتموسفیری را در کاهش ارزش قیمت نور خورشید که از فضای خارج از زمین به سطح زمین عبور می‌نمایند پیگیری گردد. این اثر می‌تواند به عنوان مشخصه (شاخص) شفافیت انتشاری اتموسفیر k_{dd} به شکل نسبت تابش شدت روشنایی انتشاری افقی $E_{v,d}$، بر شدت روشنایی افقی خارج از زمین $E_{vo,h}$ بیان شود. البته با افزودن تأثیر ضریب خروج از مرکز (eccentricity factor)، ϵ چنین خواهد شد:

$$E_{vo,h} = E_{vo}\, \epsilon \sin \gamma_s \qquad \text{(lx)} \qquad (2.52)$$

و مشخصه شفافیت انتشاری اتموسفیر k_{dd} این خواهد بود:

$$k_{dd} = E_{v,d} / E_{vo,h} \qquad (-) \qquad (2.53)$$

هر قدر که لایه ابری بزرگتر و تیره تر باشد، به همان اندازه قیمت k_{dd} پایینتر می‌گردد. با توجه به در دسترس بودن شدت روشنایی انتشاری آسمانی $E_{v,d}$ می‌توان به شکل معکوس هم ادامه داد. اگر اندازه گیری $E_{v,d}$ مورد استفاده قرار می-گیرد. سپس $E_{vo,h}$ می‌تواند، برای یک مکان خاص و برای یک معلومات اندازه گیری شده خاص با توجه به در نظر گرفتن ϵ و $\gamma_s = f(\varphi, \delta, TST)$ محاسبه شود. از این دیتابیس بوجود آمده می‌توان به کمک روش های احصائیوی، مقادیر معمولی یا مرجع ای k_{dd} حاصل شود. سپس متغیر شناخته شده k_{dd} و $E_{vo,h}$ خواهد بود و امکان آنرا دارد تا پیش بینی نمودن سطوح مرجع ای نمونه ای $E_{v,d}$ در یک موقعیت تعیین شده توسط رابطه ذیل صورت بگیرد:

$$E_{v,d} = k_{dd}\, E_{vo,h} \qquad \text{(lx)} \qquad (2.54)$$

بطور مثال قیمت های معمول متوسط مشخصه ماهانه k_{dd} با تفکیک پذیری برای شرایط آفتابی و غیر آفتابی را Darula & Kittler برای Bratislava در سال (2008) در نتیجه اندازه گیری $E_{v,d}$ که در سالهای 1994 - 2005 انجام شده بود بدست آوردند. نتایج در جدول (2.16) درج شده است.

ماه	شرایط		ماه	شرایط		ماه	شرایط	
	آفتابی	ابری		آفتابی	ابری		آفتابی	ابری
جنوری	0,20	0,30	می	0,25	0,26	سپتمبر	0,24	0,26
فبروری	0,25	0,30	جون	0,25	0,26	اکتوبر	0,23	0,28
مارچ	0,23	0,28	جولای	0,24	0,26	نوامبر	0,20	0,29
اپریل	0,24	0,29	آگست	0,25	0,26	دسامبر	0,18	0.30

جدول 2.16 قیمت های توصیه شده ضریبکدورت روشنایی k_{dd}، براتیسلاوا 1994-2005

مثال 2.4.

شدت روشنایی افقی انتشاری را در سطح افقی در شهر کابل در تاریخ 15 اپریل ساعت 10:30 به وقت محلی در یک روز ابری بدون تابش آفتاب برآورد نمایید. ارتفاع آفتاب $\gamma_s = 58{,}7°$ در این زمان می‌تواند بر اساس رابطه (2.25) و یا هم بر اساس طرز العمل در مثال (2.2) و ضریب خروج از مرکز $\epsilon = 0{,}9948$ نظر به رابطه (2.31) باشد.

محاسبه:

1. ثابت خورشیدی نوری $E_{vo,h}$ با توجه به رابطه (2.52) محاسبه می‌شود.

$$E_{vo,h} = E_{vo}\,\epsilon \sin \gamma_s = 133800 \times 0{,}9948 \sin(58{,}7) = 113732 \text{ lx}$$

2. قیمت k_{dd} را می‌توان بر اساس اندازه گیری بدست آورد و یا هم بشکل تقریبی در نظر گرفت. برای شهر کابل قیمت $k_{dd} = 0{,}26$ فرض شده است. شدت روشنایی انتشاری افقی بر اساس رابطه (2.54) محاسبه می‌شود.

$$E_{v,d} = k_{dd}\, E_{vo,h} = 0{,}26 \times 113732 = 29\ 570 \text{ lx}$$

نتیجه:

به شکل فرضی شدت روشنایی انتشاری $E_{v,d} = 29\ 570$ lx در سطح افقی در کابل در تاریخ 15 اپریل ساعت 10:30 به وقت محلی در یک روز ابری بدون تابش آفتاب به دست آمد.

مثال 2.5

جریان روزمره مجموع شدت روشنایی انتشاری افقی $E_{v,g}$ را در شهر کابل در تاریخ 28 سپتامبر در یک روز آفتابی محاسبه و رسم نمایید. مختصات جغرافیایی کابل قرار ذیل است:

$$\varphi = 38{,}54°\text{ N},\ \lambda_{lo} = 69{,}16°\text{E, GMT +4:30},\ J = 271$$

برای محاسبه m از رابطه (2.35) می‌توان استفاده کرد و یا هم از روش در مثال (2.2)، a_v بر اساس رابطه (2.49) محاسبه می‌گردد، $E_{v,sh}$ با توجه به رابطه (2.50)، $E_{vo,h}$ با توجه به رابطه (2.52) و $E_{v,d}$ با توجه به رابطه (2.54) شبیه در مثال (2.3) و در مثال (2.4) محاسبه می‌گردد.

محاسبه:

1. روشنایی مستقیم خورشیدی $E_{v,sh}$ در سطح افقی با استفاده از $T_v = 5$ محاسبه می‌شود. ارتفاع خورشید γ_s از رابطه (2.25) تعیین می‌شود.

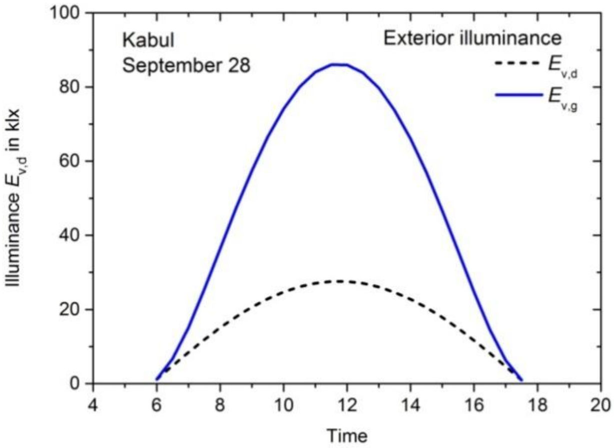
2. شدت روشنایی انتشاری $E_{v,d}$ را می‌توان به کمک $k_{dd} = 0,26$ استفاده شده در رابطه (2.54) فرض نمود.

3. مجموع روشنایی $E_{v,g}$ از مجموع محاسبه $E_{v,sh}$ و $E_{v,d}$ نظر به رابطه (2.47) محاسبه می‌گردد.

4. تکرار مراحل 1، 2 و 3 برای زمان محلی LT از طلوع تا غروب خورشید، قیمت های $E_{v,sh}$، $E_{v,d}$ و $E_{v,g}$ در جریان طول روز به دست می‌آید، جدول (2.17).

LT	γ_s	$E_{vo,h}$	m	a_v	$E_{v,sh}$	$E_{v,d}$	$E_{v,g}$
	(°)	klx	-	-	klx		
6,00	1,94	4,497	58,510	0,016	0,04	1,17	1,21
6,50	8,08	18,673	7,466	0,062	1,84	4,85	6,70
7,00	14,15	32,477	4,153	0,076	6,69	8,44	15,13
7,50	20,10	45,655	2,930	0,083	13,52	11,87	25,39
8,00	25,90	58,029	2,299	0,087	21,30	15,09	36,39
8,50	31,46	69,335	1,921	0,090	29,25	18,03	47,28
9,00	36,71	79,413	1,676	0,092	36,84	20,65	57,48
9,50	41,52	88,064	1,511	0,093	43,64	22,90	66,54
10,00	45,76	95,177	1,397	0,094	49,41	24,75	74,16
10,50	49,22	100,597	1,322	0,094	53,89	26,16	80,05
11,00	51,69	104,243	1,276	0,095	56,95	27,10	84,05
11,50	52,97	106,057	1,254	0,095	58,48	27,57	86,05
12,00	52,93	106,001	1,254	0,095	58,43	27,56	85,99
12,50	51,57	104,070	1,278	0,095	56,80	27,06	83,86
13,00	49,03	100,309	1,326	0,094	53,65	26,08	79,73
13,50	45,52	94,788	1,403	0,094	49,09	24,64	73,74
14,00	41,25	87,594	1,519	0,093	43,27	22,77	66,04
14,50	36,40	78,836	1,688	0,092	36,39	20,50	56,89
15,00	31,13	68,681	1,939	0,090	28,77	17,86	46,63
15,50	25,55	57,298	2,328	0,087	20,81	14,90	35,71
16,00	19,75	44,892	2,981	0,083	13,07	11,67	24,75
16,50	13,78	31,644	4,266	0,076	6,32	8,23	14,55
17,00	7,71	17,823	7,858	0,061	1,64	4,63	6,27
17,50	1,57	3,640	107,649	0,009	0,02	0,95	0,97

جدول 2.17 مجموع مدلسازی شده روشنایی منتشر شده به klx در کابل در تاریخ 28 سپتامبر



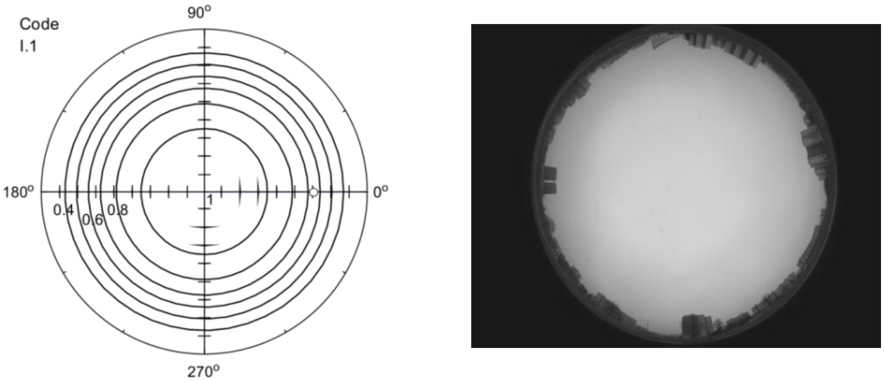
شکل 2.25 تغییرات مدل سازی شده $E_{v,d}$ و $E_{v,g}$ در یک روز روشن در کابل در 28 سپتمبر

نتیجه:

قیمت های محاسبه شده شدت روشنایی انتشاری $E_{v,d}$ و شدت روشنایی جهانی $E_{v,s}$ در یک روز روشن در 28 سپتمبر در کابل، در جدول (2.17) مستوند شده اند. در حالیکه جریان های $E_{v,d}$ و $E_{v,d}$ در شکل (2.25) رسم شده است.

2.7.3 پخش و توزیع روشنایی آسمانی

تسلسل روزانه شدت روشنایی بیرونی در شکل (2.19) الی (2.22) محصول تغییرات در توزیع درخشنده گی آسمانی در تمام نیمکره می‌باشد طوریکه رابطه (2.8) آنرا نشان می‌دهد. تمام روز، ممکن است شرایط آفتابی، ابری و یا شرایطی که آسمان با ابرهای شناور پوشیده شده باشد، می‌تواند تابش خورشید در آسمان را تحت الشعاع قرار بدهد، به وجود بی‌آید. از نقطه نظر مدل سازی توزیع درخشنده گی، نمونه های آسمان به شکل متجانس (بطور مساوی آسمان ابری و آسمان روشن بدون ابری) و آسمان غیر متجانس از هم تفکیک می‌گردند (تحت پوشش مقدار های مختلف و انواع مختلف ابر قرار می‌گیرند). آسمان ابری متوازن با تغییرات مداوم درخشنده گی از افق به زنینت (horizon to the zenith) مشخص می‌شود، همان طوریکه در شکل فیش آی نشان داده شده است (2.26 الف) و مدل سازی خطوط مساوی درخشنده گی آسمانی در شکل (2.26 ب).

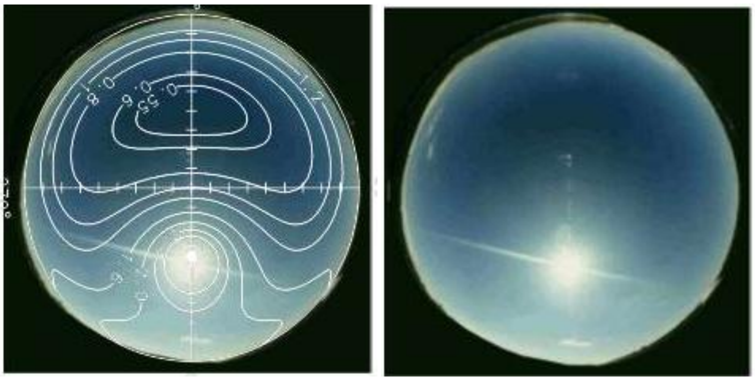


ب الف

شکل 2.26 آسمان ابری متوازن

الف - شکل فیش آی (fisheye picture), ب - مدل سازی خطوط تراز(مساوی) - Isoline درخشنده گی آسمانی

ویژگی مشخصه آسمان روشن بدون ابری، تقارن درخشنده گی در امتداد نصف النهار آفتابی می‌باشد. موقعیت عنصر با بیشترین درخشنده گی در محل خورشید می‌باشد، در حالیکه کمترین قیمت درخشنده گی در جهت معکوس°90 از خورشید واقع شده است، شکل (2.27 الف). در محل افق، می‌توان بلند رفتن قیمت های درخشنده گی آسمان را مشاهده کرد، شکل (2.27 ب).

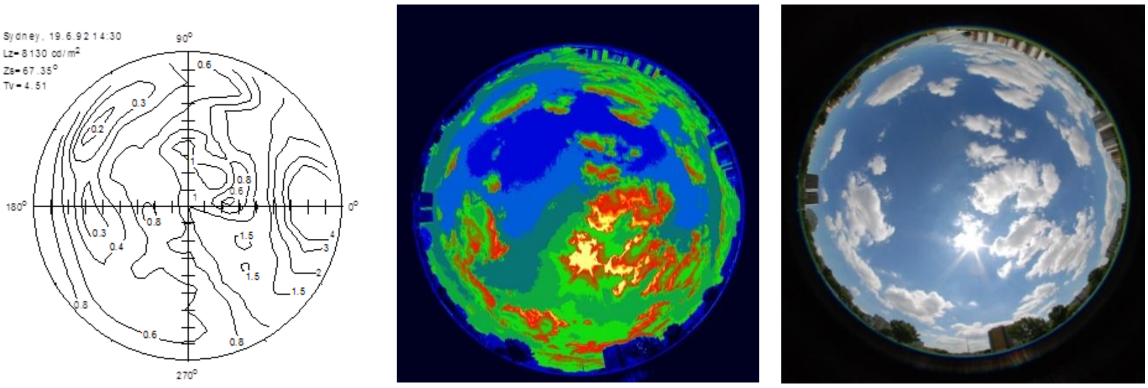


ب الف

شکل 2.27 آسمان بدون ابری روشن

الف - شکل فیش آی (fisheye picture), ب - مدل سازی خطوط مساوی درخشنده گی آسمانی

پیچیده ترین نمونه های درخشنده گی آسمان در طول روزهای ابری رخ می‌دهد. توزیع درخشنده گی آسمان را در این مورد به دلیل جمع شدن ناگهانی ابر ها خیلی به دشواری می‌توان مدل سازی نمود. یک نمونه از توزیع ناهمگن (inhomogeneous distribution) درخشنده گی آسمان، وضعیت آسمان ابری در شکل (2.28 الف) می‌باشد. نقشه درخشنده گی که از پروگرام LumiDISP بدست آمده است، مکان ها را بصورت گرافیکی با درخشنده گی بالاتر (رنگ سرخ) و کمترین درخشنده گی (آبی تیره) در آسمان نشان می‌دهد. شکل (2.28 ب) و شکل (2.28 ج) نشان دهنده یک مثال از ارزیابی ارقام های گرافیکی است که توسط یک اسکنر درخشنده گی اندازه گیری می‌شود.



ج ب الف

شکل 2.28 توضیع درخشنده گی آسمان در آسمان ابری

الف - شکل فیش آی، ب - نقشه درخشنده گی، ج - جریان خطوط مساوی اندازه گیری شده درخشنده گی، سیدنی، 19.6.1992 ساعت 14:30

چندین مدل ریاضی برای تعیین توزیع درخشنده گی آسمانی وجود دارد. ساده ترین رابطه شرح آسمان ابری توسط لامبرت در سال 1760 پیشنهاد شده بود. او پیش بینی کرد که آسمان یک منبع منتشره متحد با شدت روشنایی یکسان می- باشد. سپس بیان ریاضی این فرضیه در واحدهای نسبی شکل می‌گیرد که قرار ذیل می‌باشد:

$$L_{ve} / L_{vz} = 1 \qquad (2.55)$$

از آنجاییکه:

L_{ve} - درخشنده گی عنصر آسمانی با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

L_{vz} - درخشنده گی در زینت با واحد اندازه گیری (cd/m^2) می‌باشند.

در ابتدای قرن بیستم، Kähler در سال 1908 به اندازه گیری های Schramm، درخشنده گی در آسمان ابری را با یک فورمول ریاضی مبادله قیمت ها از افق به زینت در نسبت 2 :1 الی 3 :1 با استفاده از رابطه سینوسی اضافه کرد:

$$L_{\gamma} / L_h = 1 + 2 \sin \gamma \qquad (2.56)$$

از آنجاییکه:

L_{ve} - درخشنده گی عنصر آسمان در ارتفاع γ با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

L_h - درخشنده گی عنصر آسمان در افق با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

γ - ارتفاع درخشنده گی عنصر آسمان بالای افق با واحد اندازه گیری (°) می باشد.

بعدها، Moon & Spencer در سال 1942، بر اساس معادله کایلر(2.56)، برای ستندرد سازی توزیع درخشنده گی آسمان در آسمان ابری رابطه ذیل را طرح کردند:

$$L_{\gamma} / L_{vz} = (1 + 2 \sin \gamma) / 3 \qquad (2.57)$$

مثال از طرح Moon & Spencer در مورد توزیع درخشنده گی، نمونه خطوط مساوی درخشنده گی می باشد که در شکل (2.26 ب) نشان داده شده است. این مدل توسط CIE در سال 1955 به عنوان یک ستندرد CIE از آسمان ابری به طور یکنواخت به تصویب رسید و توصیه می‌شود که از آن در محاسبات روشنایی روز در ساختمان ها استفاده شود (CIE16:1970). مدل CIE آسمان ابری، نامساعدترین شرایط برای نورپردازی محیط داخلی توسط روشنایی روز را نشان می- دهد. افزایش هزینه های تامین انرژی زمینه تمرکز تحقیق در توضیح و تشریح منابع حقیقی طبیعی نور که عبارت از نور آسمانی و خورشیدی می‌باشد را مساعد ساخته است. اولین مدل قابل اجرا برای توزیع درخشنده گی آسمان صاف توسط کیتلر در سال1967 به وجود آمد. تحقیقات بیشتر توسط کیتلر و همکاران اش در سال1997 و1998، پانزده نوع مدل توزیع درخشنده گی آسمان را ارائه کردند که نشان دهنده شرایط وقوع روشنایی روز در طبیعت می‌باشد. این مجموعه شامل پنج آسمان ابری می‌باشد، پنج آسمان نیمه ابری و پنج آسمان آفتابی می‌باشد. این مدل با نام CIE برای ستندرد عمومی آسمان توسط CIE برای جهت اجراء و استعمال در کار های عملی تخنیکی مورد تایید قرار گرفت و این مطابق ستندرد ISO 15469 (2004) می‌باشد.

2.7.4 توزیع ستدردی درخشنده گی آسمانی

تنوع روشنایی روز در طبیعت آنقدر بلند می‌باشد که امکان ندارد برای هر موقعیتی در ساختمان دهانه های روشنایی و عناصر و تجهیزات کلکینی طراحی نمود. فلهذا در کار های عملی و تخنیکی راه هایی جستجو می‌گردد که چگونگی شرایطی را بیان نماید که تعیین کننده قابلیت استفاده از روشنایی روز را داشته باشند. حالت اول منجر به تعریف حداقل شرایط برای دید خوب و سالم و حداکثر لیمت ها می گردد که در آن اختلال در بینایی الی از دست دادن بینایی می‌تواند اتفاق افتد. درحالت دوم، پاسخ به این سوال جستجو می‌گردد که چگونه ما می‌توانیم در فضای داخلی و زمانیکه انسان در آن اقامت می-ورزد به طور موثر از روشنایی روز استفاده کنیم؟

منابع اصلی روشنایی روز در ساختمان ها، خورشید و آسمان می‌باشد. فضای داخلی ساختمانها در کشورهای اروپایی در بخش عمده ای از سال با روشنایی انتشاری روشنایی آسمانی روشن می‌باشند. در محیط کاری، روشنایی انتشاری همچنان منبع اصلی روشن ساختن اطاق های می‌باشند که در جهت نور خورشید قرار دارند، در حالیکه تجهیزات سایه افگن و یا کنترول کننده در کلکین ها، نور خورشید را تضعیف می‌نمایند و یا هم در خارج از منظره چشم انسان آنرا تغییر مسیر می-دهند. Kittler در سال1967 و Nakamura و همکاران در سال 1985، Perez و همکاران در سال 1993 و Igawa و همکاران در سال 2004 نشان داده اند که رده بندی توزیع درخشنده گی آسمان برای استفاده کارآمد از روشنایی روز ضرورت مبرم می‌باشد. Littlefair در سال 1981 و 1994، Pierpoint در سال 1982، Perradeau در سال 1988، Ineichen در سال 1994، Lam و همکاران در سال1997 مطالعات مدل سازی توزیع روشنایی درخشنده گی را ارایه نمودند.

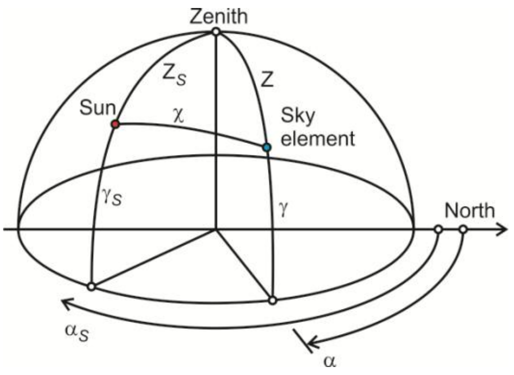
2.7.5 CIE (کمیسیون بین المللی روشنایی) مجموع آسمان (CIE of the general sky)

Kittler و همکاران در سال1997 دریافتند که رده بندی توزیع درخشنده گی آسمان به پانزده گروپ امکان آنرا مساعد می‌نماید تا تعیین کننده نمونه های معمولی از آسمان که نشان دهنده شرایط ابری الی بدون ابری و صاف است باشد. یک مدل همگون ومتجانس بر مبنای راه حل توابع درجه بندی و توابع نشانه گذاری (indicatrix) طراحی نمود. توابع ارایه شده پرنسیپ های منتشره نور از طریق اتموسفیر را مد نظر می‌گیرد و با واحد های فوتومتریک فعالیت می‌نماید. از آنجا که مدل تشریح دهنده شرایط متجانس آسمان، توزیع ناهموار درخشنده گی را در آسمان ابری پوشش نمی‌دهد. این شرایط را با نمونه های کمک کننده جایگزین می‌کند و به اصطلاح با آسمان شبه همگن کار می‌نماید. Darula و همکاران در سال 2006 و Wittkopf & Soon در سال2007 تجزیه و تحلیل اندازه گیری شدت روشنایی را در سنگاپور انجام دادند، رده بندی توزیع روشنایی آسمان را برای انواعی که در اقلیم گرمسیر و مرطوب اتفاق می‌افتد ارائه نمودند.

2.7.6 توزیع نسبی درخشنده گی (International Commission on Illumination CIE) آسمان عمومی ستندردی

مدل منتشر شده توسط Kittler و همکاران در سال 1997 توسط کمیسیون بین المللی روشنایی (CIE) تصویب شد و به عنوان ستندرد ISO 15469:2004 منتشر شد. مبنای تعیین آسمان ستندردی، محاسبه درخشنده گی نسبی عنصر آسمانی $L_{\gamma\alpha} / L_{vz}$ با توجه به رابطه (2.59) می‌باشد. موقعیت عنصر آسمان توسط زاویه زینت Z و تفاوت زاویه های آزیموت

خورشید α_s و آزیموت عنصر α شکل (2.29) تعریف می‌شود و یا هم با زاویه ای کروی χ بین خورشید و عنصر آسمانی که بر اساس رابطه (2.58) تعیین می‌شود تعریف می‌شود.



شکل 2.29 رسم محاسبه ای درخشنده گی عنصر آسمان

موقعیت عنصر در آسمان با استفاده از زاویه کروی χ بین موقعیت خورشید در آسمان و عنصر آسمان به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

$$\chi = \arccos(\cos Z_s \cos Z + \sin Z_s \sin Z \cos \alpha_z) \quad (2.58)$$

از آنجاییکه:

Z- زاویه زنیت عنصر آسمان با واحد اندازه گیری (°)،

Z_s- زاویه زنیت خورشید با واحد اندازه گیری (°)،

$\alpha_z = |\alpha_e - \alpha_s|$ با واحد اندازه گیری (°)،

α_e - آزیموت عنصر آسمان با واحد اندازه گیری (°)،

α_s - آزیموت آفتاب با واحد اندازه گیری (°) می‌باشند.

نسبت درخشنده گی عنصر آسمان بر درخشنده گی آسمان در زنیت، نشان دهنده مقدار روشنایی نسبی می‌باشد و نظر به معادله ذیل تعیین می‌شود:

$$\frac{L_{\gamma\alpha}}{L_{vz}} = \frac{f(\chi)\,\varphi(Z)}{f(Z_s)\,\varphi(0°)} \quad (-) \quad (2.59)$$

تابع گرادیان برای عنصر آسمان φ، که مربوط به درخشنده گی در عنصر آسمان در انحراف از زنیت Z می‌شود، به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\varphi(Z) = 1 + a \exp(b/\cos Z) \quad (2.60)$$

در حالیکه $0 \le Z \le \pi/2$ و در افق $\varphi(\pi/2) = 1$ مدار اعتبار می‌باشد. قیمت تابع گرادیان در زنیت چنین می‌باشد:

$$\varphi(0°) = 1 + a \exp b \quad (2.61)$$

تابع هدایتگر f (indicatrix function) نشان دهنده پراکندگی نور خورشید است که به درخشنده گی نسبی عنصر آسمان در فاصله زاویه ای آن χ از موقعیت خورشید مربوط می‌شود

$$f(\chi) = 1+c(\exp(d \times \chi) - \exp(d \times \pi/2)) + e\cos^2\chi \qquad (2.62)$$

و قیمت آن به زنیت قرار ذیل می‌باشد:

$$f(Z_s) = 1 + c(\exp(d \times Z_s) - \exp(d\times\pi/2)) + e\cos^2 Z_s \qquad (2.63)$$

از آنجاییکه:

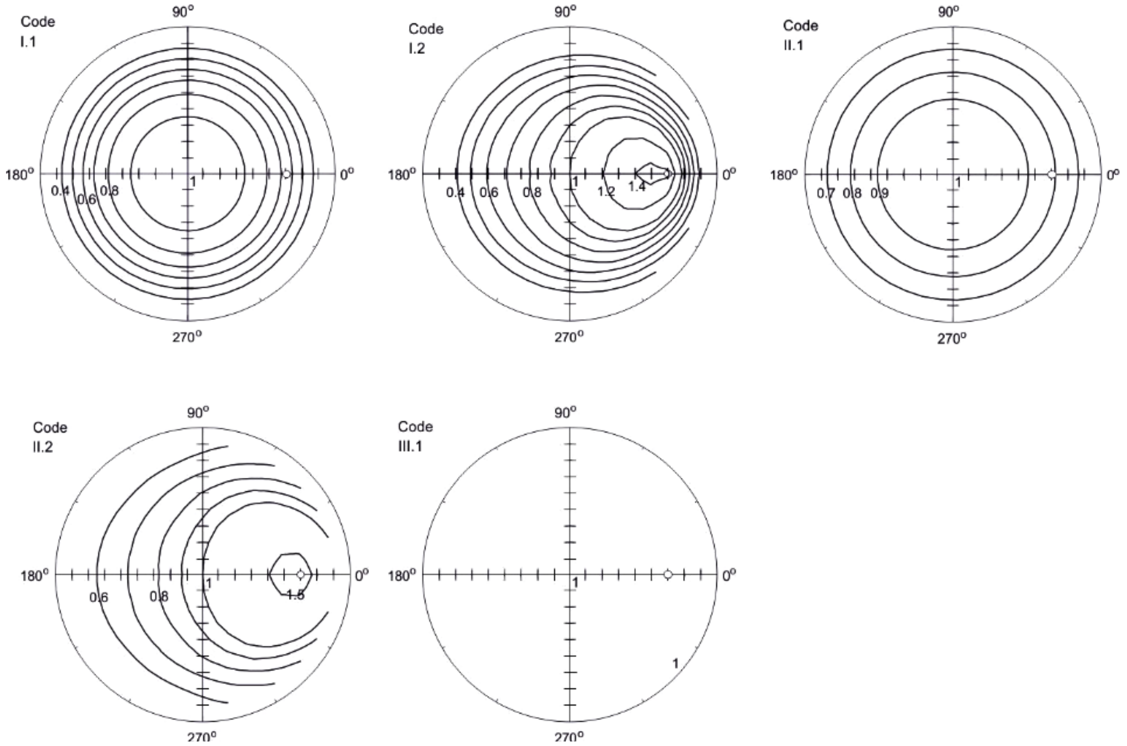
a, b, c, d - پارامترهای نشان دهنده شرایط برای انتشار نور در اتموسفیر می‌باشد، قیمت های آنها در ستندرد ISO 15469:2004 و همچنین در جدول (2.18) ارائه شده است.

نوع آسمان	پارامتر ها					نوع
	e	d	c	b	a	
CIE آسمان ابری متوازن با درجه بندی صعودی و بدون متغیر آزیموتال	0,00	-1,0	0	-0,70	4,0	1
ابری با درجه بندی صعودی و افزایش کمی در درخشنده گی در جهت خورشید	0,15	-1,5	2	-0,70	4,0	2
ابری با درجه بندی کم و بدون آزیموتال متغیر	0,00	-1,0	0	-0,8	1,1	3
ابری با درجه بندی کم و افزایش کمی در درخشنده گی در جهت خورشید	0,15	-1,5	2	-0,8	1,1	4
یکنواخت، با همان درخشنده گی عناصر، ابری، با غبار، بدون درجه بندی	0,00	-1,0	0	-1,0	0,0	5
تقریباً ابری بدون درجه بندی و ازدیاد نه بزرگ درخشنده گی در جهت خورشید	0,15	-1,5	2	-1,0	0,0	6
تقریباً ابری بدون درجه بندی با مکان های واضح تر در اطراف خورشید	0,30	-2,5	5	-1,0	0,0	7
تقریباً ابری بدون درجه بندی با کرونا خورشیدی واضح	0,45	-3,0	10	-1,0	0,0	8
نیمه ابری با خورشید سایه دار	0,15	-1,5	2	-0,55	-1,0	9
ابری با مکان های واضح تر در اطراف خورشید	0,30	-2,5	5	-0,55	-1,0	10
ابری و یا هم نیمه ابری با کرونا خورشیدی واضح	0,45	-3,0	10	-0,55	-1,0	11
CIE آسمان صاف بدون ابری با کدروت پایین و با کرونا خورشیدی (With low turbidity, with a solar corona)	0,45	-3,0	10	-0,32	-1,0	12
بدون ابری و آلوده شده با کرونا خورشیدی وسیع تر	0,30	-3,0	16	-0,32	-1,0	13
بدون ابری با کدورت و با کرونا خورشیدی وسیع تر	0,30	-3,0	16	-0,15	-1,0	14
آسمان آبی شبیه ابری و کدورتی با کرونا خورشیدی وسیع تر	0,15	-2,8	24	-0,15	-1,0	15

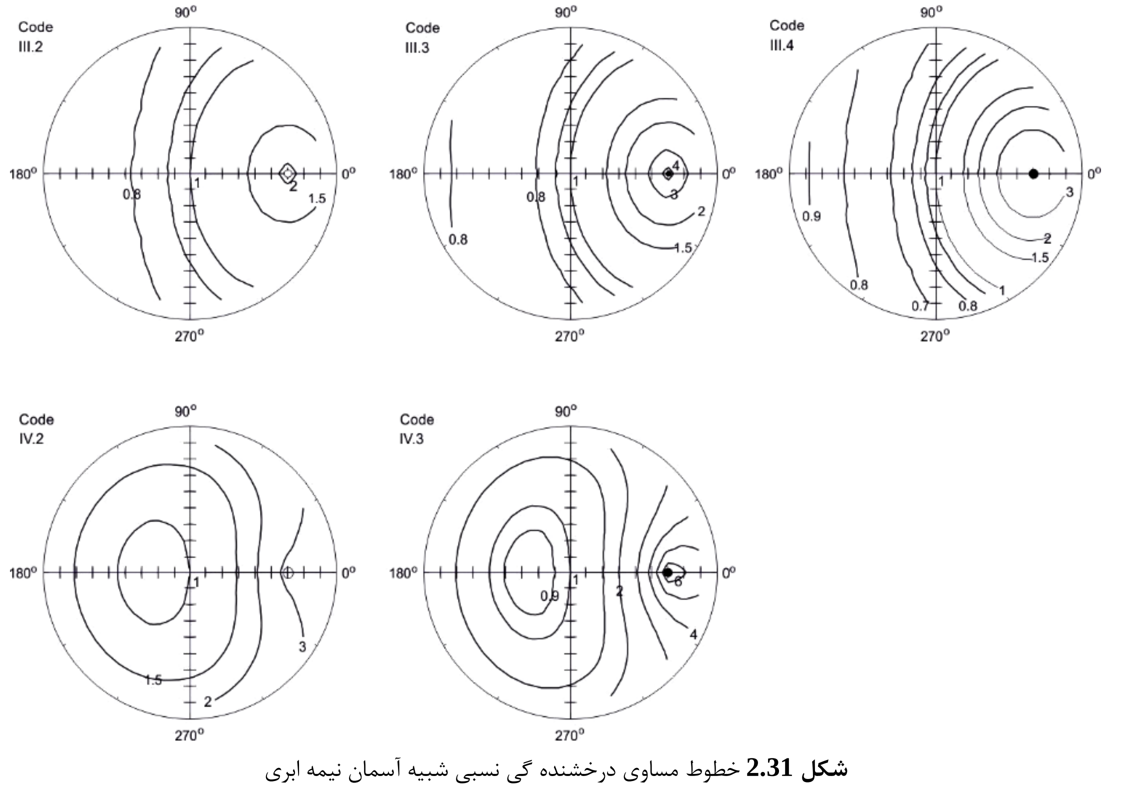
جدول2.18 پارامترها برای محاسبه توزیع نسبی روشنایی آسمان ستندردی

مهم این است که به یاد داشته باشید که تمام توزیع درخشنده گی آسمان ستندردی بر روی نصف النهار خورشیدی شمرده شده است. در محاسبات نور تخنیکی با ارتفاع خورشید و آزیموت خورشید کار می‌کنند که در طول روز تغیر می‌نماید. در مطالعه تغییرات روزانه شدت روشنایی روز، باید نمونه های فیلم برداری از آسمان را با توجه به قیمت های آزیموت نصف النهار خورشیدی فراهم نمود (Darula, S. & Kittler, R., 2002b).

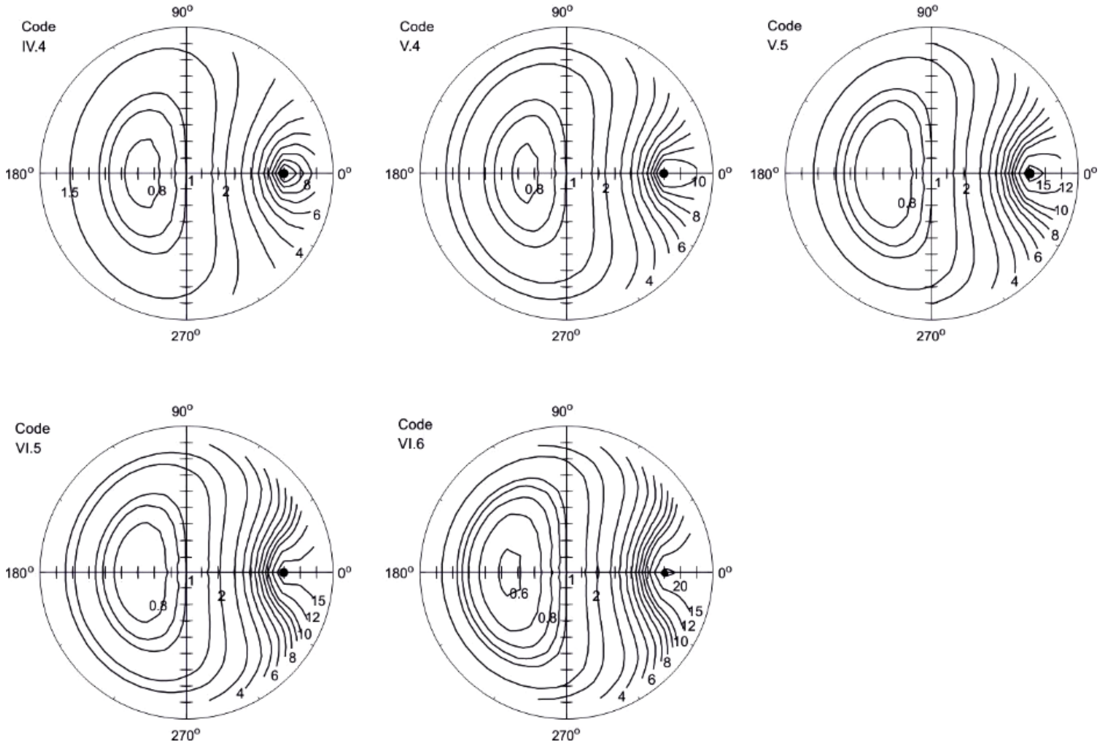
مثال توزیع درخشنده گی نسبی پانزده نوع آسمان استندرد به شکلخطوط مساوی $L_{\gamma\alpha} / L_{vz}$ برای ارتفاع خورشید $\gamma_s = 30°$ در تصاویر (2.30) الی (2.32) نشان داده شده است.



شکل 2.30 خطوط مساوی درخشنده گی نسبی آسمان ابری



شکل 2.31 خطوط مساوی درخشنده گی نسبی شبیه آسمان نیمه ابری



شکل2.32 خطوط مساوی درخشنده گی نسبی آسمان صاف بدون ابر

2.7.7 توزیع درخشنده گی ستندردی در قیمت های مطلق

در محاسبات نورتخنیکی به طور معمول با واحدهای نسبی و توابع مثلثاتی کار صورت می‌گیرد. مزیت این روش حذف تغییرات در متغیرهای فوتومتریک، حذف بعضی خطاها در هنگام اندازه گیری روشنایی و مقایسه بهتر نتایج محاسبات می‌باشد. همیشه این شیوه ساده را نمیتوان اعمال کرد، مثلاً در هنگام تعیین در دسترس بودن روشنایی روز، مطالعه اقلیم روشنایی و یا هم ارزیابی مصرف انرژی در ساختمانها در یک دوره زمانی خاص. در این موارد، بهتر است پیش بینی روشنایی روز در واحد های مطلق، در لوکس و در درخشنده گی با واحد اندازه گیری cd/m^2 باشد. در هنگام تعیین توزیع درخشنده گی آسمان، فورمول (2.59) را می توان به صورت زیر تغییر داد:

$$L_{\gamma\alpha} = L_{vz}\,\frac{f(\chi)\,\varphi(Z)}{f(Z_s)\,\varphi(0^\circ)} \qquad (cd/m^2) \qquad (2.64)$$

یک تغییر ناشناخته در معادله (2.64) درخشنده گی زنیت L_{vz} می‌باشد (zenith luminance L_{vz}). قیمت آن را می-توان از اندازه گیری های بلند مدت تعریف کرد و یا می‌توان از طریق محاسبه تخمین زد. Kittler & Darula در سال1998 فورمول های محاسباتی را برای محاسبه درخشنده گی زنیت (zenith luminance) در شرایط غیر آفتاب و آفتابی ایجاد نمودند که پارامترهای ورودی اولیه آن شاخص منتشرهشفافیت اتموسفیر k_{dd} (2.53) و ضریب کدروت روشنایی (luminous turbidity factor) T_v در جدول (2.19) می‌باشد.

پارامتر ها		کد	نوع	پارامتر ها		کد	نوع	پارامتر ها		کد	نوع
$T_v.$	k_{dd}			$T_v.$	k_{dd}			T_v	k_{dd}		
4,0	0,23	IV.4	11	12	0,42	III.3	7	*)	0,10	I.1	1
2,5	0,10	V.4	12	10	0,41	III.4	8		0,18	I.2	2
4,5	0,28	V.5	13	12	0,40	IV.2	9		0,15	II.1	3
5,0	0,28	VI.5	14	10	0.36	IV.3	10		0,22	II.2	4
4.0	0,30	VI.6	15						0,20	III.1	5
									0,38	III.2	6
انواع 1 تا 6 در شرایط غیر آفتابی هستند، بنابراین قیمت T_v مورد استفاده قرار نمی‌گیرد										نوت	

جدول 2.19 پارامترهای توصیه شده k_{dd} و T_v، کیتلر و همکاران (1998)

محدوده تابع نشانه گر (indicatrix function) و تابع گرادیان برای هر نوع ستندردی ISO 15469:2004 با نسبت درخشنده گی زنیت L_{vz} بر شدت روشنایی افقی انتشاری $E_{v,d}$ تعریف می‌شود. فورمول تحلیلی برای محاسبه نسبت $L_{vz}/E_{v,d}$ به شرح زیر می‌باشد:

$$\frac{L_{vz}}{E_{v,d}} = \frac{\varphi(0^\circ)\, f(Z_s)}{\int_{Z=0}^{\pi/2}\int_{\alpha=0}^{2\pi}\left[\varphi(Z) f(\chi) \sin Z \cos Z\right] dZ\, d\alpha} \qquad (sr^{-1}) \qquad (2.65)$$

نسبت $L_{vz}/E_{v,d}$ را می‌توان به عنوان یک پارامتر رده بندی شده برای انتخاب نوع CIE استندرد عمومی آسمان بر اساس اندازه گیری L_{vz} و $E_{v,d}$ و یا هم بر اساس محاسبه $E_{v,d}$ از آنجاییکه L_{vz} تعیین شده باشد استفاده نمود. فورمول دقیق (2.65) را می‌توان با فورمول تقریبی (2.66) که برای خورشید 75° اعمال می شود شبیه سازی کرد.

$$L_{vz} / E_{v,d} = [B\,(\sin \gamma_s)^C / (\cos \gamma_s)^D + E \sin \gamma_s] / E_{vo,h} \qquad (sr^{-1}) \qquad (2.66)$$

از آنجاییکه:

γ_s- ارتفاع آفتاب با واحد اندازه گیری (°)،

$E_{vo,h}$ - نور افقی فراتر از زمین (extraterrestrial horizontal illuminance) (lx)، رابطه (2.52)،

B, C, D و E پارامترهای که بیان کننده چگونگی نوع آسمان می‌باشند. جدول(2.20).

چگونگی نوع آسمان	کود	پارامتر ها					
		$A1$	$A2$	B	C	D	E
1	I.1	انواع 1 تا 6 در شریط غیر آفتابی هستند، بنابراین پارامترهای $A1$ و $A2$ مشخص نیستند		54,63	1,00	0,00	0,00
2	I.2			12,35	3,68	0,59	50.47
3	II.1			48,30	1,00	0,00	0,00
4	II.2			12,23	3,57	0,57	44,27
5	III.1			42,59	1,00	0,00	0,00
6	III.2			11,84	3,53	0,55	38,78
7	III.3	0,957	1,790	21,72	4,52	0,64	34.56
8	III.4	0,830	2,030	29,35	4,94	0,70	30.41
9	IV.2	0,600	1,500	10,34	3,45	0,50	27,47
10	IV.3	0,567	2,610	18,41	4,27	0,63	24,04
11	IV.4	1,440	-0,750	24,41	4,60	0,72	20,76
12	V.4	1,036	0,710	23,00	4,43	0,74	18,52
13	V.5	1,244	-0,840	27,45	4,61	0,76	16,59
14	VI.5	0,881	0,453	25,54	4,40	0,79	14,56
15	VI.6	0,418	1,950	28,08	4,13	0,79	13,00

جدول 2.20 پارامترها برای محاسبه ویژگی های CIE انواع آسمان در واحد های فیزیکی

سپس L_{vz} برای شرایط آفتابی می‌تواند از طریق اصلاح رابطه (2.66) از قبل چنین تعیین شود:

$$L_{vz} = \frac{E_{v,d}}{E_{vo,h}}\left[\frac{B(\sin\gamma_s)^C}{(\cos\gamma_s)^D} + E\sin\gamma_s\right] \qquad (\mathrm{cd/m^2}) \qquad (2.67)$$

رابطه (2.67) برای ارتفاع خورشید $\gamma_s < 75^o$ و برای $0,1 < E_{v,d} / E_{vo,h} \leq 0,4$ استفاده می‌شود. برای شرح شرایط آفتابی و یک برآورد تخمینی دیگر رابطه (2.68) برای محاسبه L_{vz} با واحد اندازه گیری kcd/m^2 در وابستگی به نوع T_v بدست آمد، این رابطه برای شرایط ارتفاع خورشید که در آن $\gamma_s < 75^o$ و با T_v در محدوده $1 < T_v \leq 6,5$ می‌باشد استفاده می‌شود.

$$L_{vz} = A\sin\gamma_s + 0,7(T_v + 1)\frac{(\sin\gamma_s)^C}{(\cos\gamma_s)^D} + 0,04.T_v \qquad (\mathrm{cd/m^2}) \qquad (2.68)$$

از آنجاییکه:

$A = (A1 \times T_v + A2)$ و $A1, A2$ - پارامترهای که شرایط خورشیدی را مشخص می‌نمایند می‌باشند، جدول (2.20).

برای شرایط با ارتفاع خورشید $\gamma_s < 75^o$،

ادغام توابع گرادیان و هدایتگر(integration of gradiation and indicatrix functions) نظر به رابطه ذیل باید استفاده شود:

$$L_{VZ} = \frac{Evo,h\ (Ev,d/Evo,h)\ \phi(0°)\ \ f(Zs)}{\int_{Z=0}^{\pi/2} \int_{\alpha=0}^{2\pi} \left[\phi(Z)\ \ f(\chi)\ \sin\ Z\ \cos\ Z\right] dZ\ \ d\alpha} \quad (2.69)$$

در مطالعات اقلیم نوری در یک منطقه خاص، قیمت های معمول $E_{v,d}$ /$E_{vo,h}$ و L_{vz} را می‌توان با استفاده از روش های آماری و اندازه گیری های منظم درازمدت تشخیص داد. Muneer در سال1997 روابط برای محاسبه L_{vz} را بیان داشت و Darula & Kittler (2004a ,2004b ,2005b) وقوع $E_{v,d}$ /$E_{vo,h}$ و L_{vz} را در براتیسلاوا بر اساس اندازه گیری های یک دقیقه ای طولانی تهیه و منتشر نمودند.

مثال 2.6

درخشنده گی را در عنصر آسمان $L_{\gamma\alpha}$ با واحد اندازه گیری cd/m^2 با مختصات ارتفاع بالای افق $\gamma = 10°$ و آزیموت $\alpha_e = 130°$ اندازه گیری شده از شمال محاسبه نمایید. شرایط بیرونی ستندردی بدون ابری نوع (IV.4) 11 را نظر به استندرد ISO 15469:2004 را پیش بینی نمایید. ارتفاع خورشید $\gamma_s = 38{,}02°$ و آزیموت خورشید$\alpha_s = 147{,}67°$ می-باشد Darula & Kittler (2004a ,2004b ,2005b). معلومات پارامتر های *a, b, c, d, e* برای آسمان IV.4 را از استندرد ISO 15469:2004 و یا هم از جدول (2.18) می‌توان استفاده نمود، برای محاسبه روشنایی نسبی و قیمت های پارامتر های *A*1, A2, *C, D* می‌توان از جدول (2.20) استفاده نمود.

محاسبه:

1. توزیع درخشنده گی در آسمان برای نوع ستندرد آسمان IV.4 با قیمت های پارامترهای

a = -1,00, b = -0,55, c = 10,00, d = -3,00 و e = 0,45 تعریف شده است

(جدول 2.18 یا 15469:2004/CIE S011/E:2003).

2. موقعیت عنصر در نمونه آسمان توسط مختصات زاویه ای تعریف می‌شود: زاویه زنیت Z و انحراف از نصف النهار خورشیدی α_Z (solar meridian) به شرح زیر می‌باشد:

$$Z = 90° - \gamma = 90 - 10 = 80°$$

و

$$\alpha_Z = |\alpha_e - \alpha_s| = |147{,}67 - 130| = 17{,}67°$$

3. موقعیت خورشید در آسمان با استفاده از زاویه زنیت خورشید Z_s و آزیموت خورشید α_s محاسبه می‌شود و سپس برای زاویه زنیت مدار اعتبار می‌باشد:

$Z_s = 90° - \gamma_s = 90 - 38{,}02 = 51{,}98° = 0{,}907$ rad.

4. فاصله زاویه ای بین موقعیت خورشید و عنصر آسمان χ نظر به رابطه (2.58) قرار ذیل می‌باشد:

$\cos\chi = \cos Z_s \cos Z + \sin Z_s \sin Z \cos \alpha_Z = \cos 51{,}98 \cos 80 + \sin 51{,}98 \sin 80 \cos 17{,}67 = 0{,}8462$

از آنجاییکه: $\chi = 32{,}20° = 0{,}562$ rad.

5. محاسبه گرادیان و توابع هدایتگر (gradation and indicatrix functions)

- تابع گرادیان برای عنصر آسمان:

φ (Z) = 1 + *a* exp (*b*/cos *Z*) = 1 - 1 exp(-0,55 / cos 80°) = 0,9579

- تابع گرادیان برای زنیت:

φ (0°) = 1 + *a* exp (*b*/cos 0°) = 1 + *a* exp *b* = 1 - 1 exp(-0,55) = 0,4231

- تابع هدایتگر برای عنصر آسمان:

$f(\chi) = 1 + c\,[\exp(d \times \chi) - \exp(d \times \pi/2)] + e\cos^2 \chi$

$f(\chi) = 1 + 10\,[\exp(-3 \times 0.562) - \exp(-3\pi/2)] + 0{,}45 \times 0{,}8462^2 = 3{,}0847$

- تابع هدایتگر زنیت:

$f(Z_s) = 1 + c\,[\exp(d \times Zs) - \exp(d \times \pi/2)] + e\cos^2 Zs$

$f(Z_s) = 1 + 10\,[\exp(-3 \times 0{,}907) - \exp(-3\pi/2)] + 0{,}45\cos^2 51{,}98 = 1{,}7385$

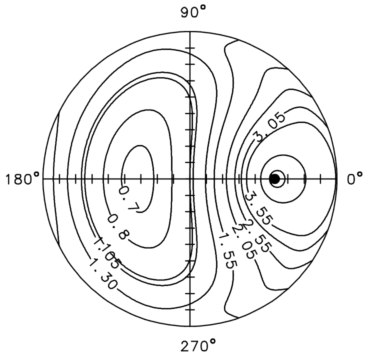
در عضو اکسپوننشیل $\exp(d \times Zs)$ تابع هدایتگر (indicatrix function) Zs در رادیان بیان می‌شود.

6. محاسبه درخشنده گی نسبی آسمانی

قیمت درخشنده گی نسبی آسمانی، در حقیقت درخشنده گی در عنصر آسمان به درخشنده گی در زنیت بوده و بر اساس رابطه (2.59) محاسبه می شود و چنین خواهد بود:

$L_{\gamma\alpha} / L_{vz} = \varphi(Z) \times f(\chi) / ((\varphi(0°) \times f(Z_s)) = 0{,}9579 \times 3{,}0847/(0{,}4231 \times 1{,}7385) = 4{,}0175$

به کمک تکرار نمودن محاسبه برای عناصر آسمان مورد ضرورت می‌توان قیمت های روشنایی نسبی آسمان را به دست آورد و توزیع آنها را در آسمان رسم نمود. مثال برای CIE Standard IV.4 و ارتفاع خورشید γ_s = 38,02° در شکل (2.33) نشان داده شده است.



شکل 2.33 توزیع روشنایی آسمان که نشان دهنده CIE Standard IV.4 برای ارتفاع خورشید γ_s = 38,02° می‌باشد.

7. محاسبه درخشنده گی زنیت با واحد اندازه گیری cd/m^2

هنگامی که قیمت درخشنده گی زنیت شناخته شده است.

هنگامی که با اندازه گیری قیمت درخشنده گی زنیت L_{vz} = 4 404 cd/m^2 بدست آمد، سپس درخشنده گی در عناصر آسمان به شکلذیل به دست می‌آید:

$$L_{\gamma\alpha} = L_{vz}\ (L_{\gamma\alpha} / L_{vz}) = 4\ 404 \times 4{,}0175 = 17\ 693\ \text{cd/m}^2$$

وقتی قیمت درخشنده گی زنیت مشخص نمی‌باشد

در صورتیکه قیمت های اندازه گیری شده L_{vz} در دسترس نمی‌باشد، درخشنده گی زنیت را می‌توان برای شرایط آفتابی با توجه به رابطه (2.68) مدل سازی نمود. نمونه ستندرد آسمان IV.4 یک وضعیت غیر ابری را با کدروت روشنایی (lighthaze) اتموسفیر نشان می‌دهد و پارامترهای $A1 = 1{,}440,\ A2 = -0{,}750,\ C = 4{,}60,\ D = 0{,}72$ و ضریبکدروت

$T_v = 4{,}5$ را نشان می‌دهد.

در نتیجه استفاده از رابطه (2.68)، در اول چنین بیان می‌گردد:

$$A = A1 \times T_v + A2 = 1{,}44 \times 4{,}5 + (-0{,}750) = 5{,}73$$

و درخشنده گی زنیت چنین خواهد شد:

$$L_{vz} = A \sin\gamma_s + 0{,}7\ (T_v + 1)\ \frac{(\sin\gamma_s)^C}{(\cos\gamma_s)^D} + 0{,}04\ T_v$$

$$L_{vz} = 5{,}73 \sin(38{,}02°) + 0{,}7 \times (4{,}5+1) \times (\sin(38{,}02°))^{4{,}6} / (\cos(38{,}02°))^{0{,}72} + 0{,}04 \times 4{,}5 = 4{,}201\ \text{kcd/m}^2$$

درخشنده گی آسمان مدل سازی شده $L_{\gamma\alpha}$ در عنصر انتخاب شده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$L_{\gamma\alpha} = L_z\ (L_{\gamma\alpha} / L_z) = 4{,}201 \times 4{,}0175 = 16{,}878\ \text{kcd/m}^2 = 16\ 878\ \text{cd/m}^2$$

نتیجه:

به کمک محاسبه، قیمت درخشنده گی استندرد آسمانIV.4 در عنصر آسمان انتخاب شده $L_{\gamma\alpha}$ = 16 878 cd/m^2 دریافت می‌گردید. با روش مشابه، قیمت های درخشنده گی در عناصر مجموعی آسمان را می‌توان محاسبه کرد و از آن توزیع درخشنده گی در واحد فوتومتری cd/m^{2}را به شکلکشید، همانند نمونه های مشابه که در شکل (2.33) نشان داده شده است.

2.8 شدت روشنایی داخلی

محیط داخل برای مقاصد مختلف و برای الزامات مختلف بر روشنایی روز مورد استفاده قرار می‌گیرد. روشنایی در محیط کار و درخشندگی در ساحهء دید چشم، ملاحظات اصلی هستند که باید در طراحی روشنایی روز مد نظر گرفته شوند. محیط داخل می‌تواند با کلکین، روشنی انداز و یا هم تجهیزات انتقال دهنده روشنایی روز روشن گردند. به طور کلی، توزیع نور در داخل محیط داخل ساختمان به موقعیت کلکین ها و اندازه های آن، اندازه و موقعیت عناصر سایه دهنده، انعکاس نور از سطوح داخلی و خارجی، شرایط جریان داشتن باد و همچنین جهت بندی از سیستم روشنایی بستگی دارد.

توزیع درخشندگی در آسمان ابری در اطراف زینت متمرکز می‌گردد، شکل (2.34 الف). در این مورد، جریان خطوط درخشنده گی ثابت درخشندگی در زاویه فضایی (محیطی) کلکین به جهت بندی کلکین بستگی ندارد. نمونه از درخشندگی آسمان روشن به طور سیستماتیک در طول نصف النهار آفتابی قرار دارد و خطوط مساوی درخشندگی در زاویه فضایی کلکین

در وابستگی به جهت بندی اطاق از هم متفاوت می‌باشد، همانطور که در نقشه درخشندگی درشکل (2.34 ب) نشان داده شده است. به طور کلی، روشنایی بیرونی آسمان $E_{v,d}$ بر اساس معادله ذیل محاسبه می‌گردد:

$$E_{v,d} = \int_{0}^{2\pi} L_{vi} \cos\theta d\omega \qquad \text{(lx)} \qquad (2.70)$$

محیط داخلی ساختمان تنها توسط بخشی از آسمان روشن می‌شود که توسط زاویه فضایی کلکین جدا شده است.

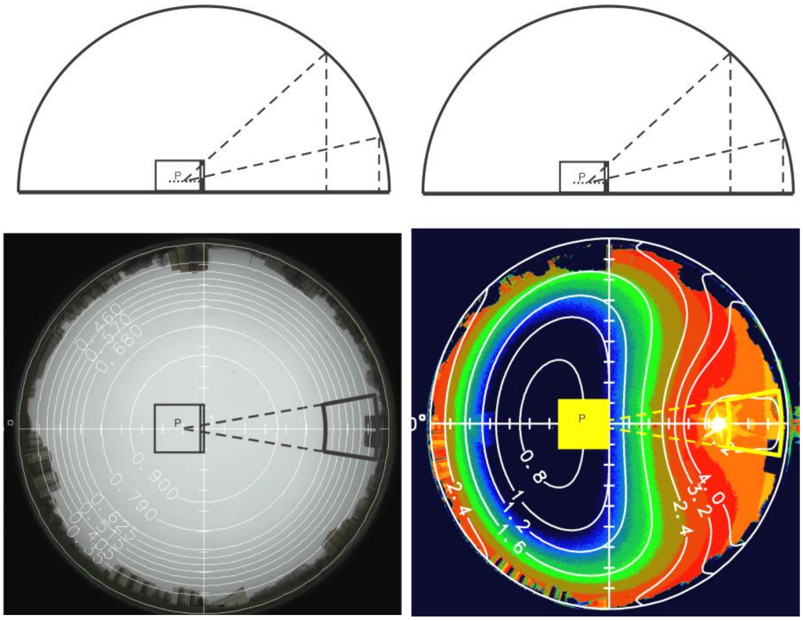
جهت اجرا واستعمال های معمولی و برای اثبات روشنایی روز کافی در اطاق، یک مدل ستندردی CIE از آسمان ابری متوازن و با شرایطی که در آن تاثیر تشعشع خورشید حذف گردیده در نظر گرفته شده است. اگر زاویه فضایی کلکین با زاویه های آزیموت α_{i+1} و α_i همچنان با زاویه های ارتفاع γ_{j+1} و γ_j محدود می‌باشد، شکل (2.35)؛ بعداً روشنایی از آسمان در نقطه P نظر به فورمول ذیل محاسبه می‌گردد:

$$E_{i,o} = \int_{\alpha_i}^{\alpha_{i+1}} \int_{\gamma_j}^{\gamma_{j+1}} L_{\gamma\alpha} \sin\gamma \cos\gamma \, d\gamma \, d\alpha \qquad \text{(lx)} \qquad (2.71)$$

روشنایی در اطاق E_i از سه جزء تشکیل شده است: $E_{i,o}$ آسمانی، منعکس کننده بیرونی از اشیاء روی سطح زمین $E_{i,\rho f}$ منعکس کننده بیرونی از روی سطح زمین $E_{i,\rho g}$ و منعکس کننده داخلی $E_{i,\rho i}$ از مجموع تمام این اجزا شدت روشنایی مجموعی به دست می‌آید:

$$E_i = E_{i,o} + E_{i,\rho f} + E_{i,\rho g} + E_{i,\rho i} \qquad \text{(lx)} \qquad (2.72)$$

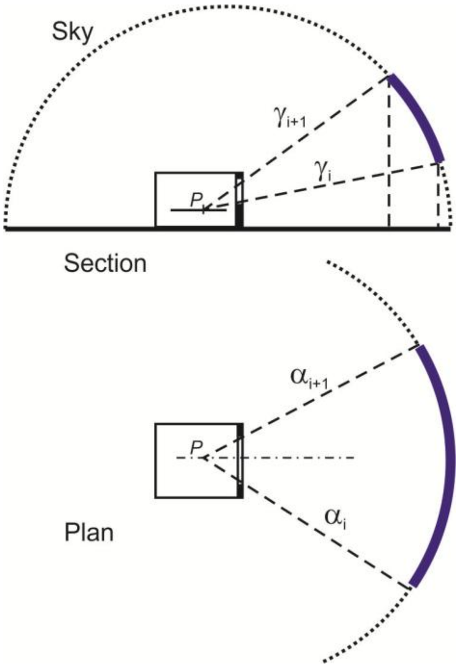
توزیع درخشندگی در فضای داخلی واقعی به شکل متوازن نمی‌باشد. بالاترین قیمت ها در نزدیکی کلکین رخ می‌دهد و به طرف عمق اطاق تنزیل می‌یابد.



ب الف

شکل 2.34 توزیع درخشندگی آسمان در زاویه فضایی کلکین

الف) آسمان ابری متاوزن، ب) آسمان صاف بدون ابر



شکل 2.35 زاویه فضایی کلکین

2.9 طراحی و ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها

در حال حاضر دو نظریه ارزیابی شدت روشنایی روز در ساختمان ها استفاده می‌شود. در نظریه اولی حداقل الزامات برای روشنایی با ضریب شدت روشنایی روز یا درجه شدت روشنایی روز و حداکثر قیمت های مجاز درخشندگی تعیین می‌شود. یک منطقه به خوبی روشن شده منطقه ای می‌باشد که پارامترهای موجود در آن در محدوده مجاز باشد. این نظر دارای ویژگی شیوه منفعل به طراحی روشنایی روز می‌داشته و می‌تواند در هر مکان مورد استفاده قرار گیرد، در حالی که به سختی منعکس کننده تغییرات در شرایط روشنایی روز در تمام طول سال می‌باشد.

نظریه دوم با درجه های شدت روشنایی که در یک مکان خاص رخ می‌دهد کار می‌نماید و امکان شرح و تغییرات شدت روشنایی روز را در طول سال فراهم می‌نماید، سیستم های روشنایی برای انتقال نور فعال را در مقادیر قابل دسترس و یا کاهش یافته طراحی می‌نماید. این نظریه همچنان به نام نظریه اقلیمی یاد می‌شود، با ارقام های اندازه گیری شده کار می‌نماید و اجازه می‌دهد که اقلیم روشنایی توضیح داده شود و بطور موثر از روشنایی روز در ساختمان ها استفاده گردد.

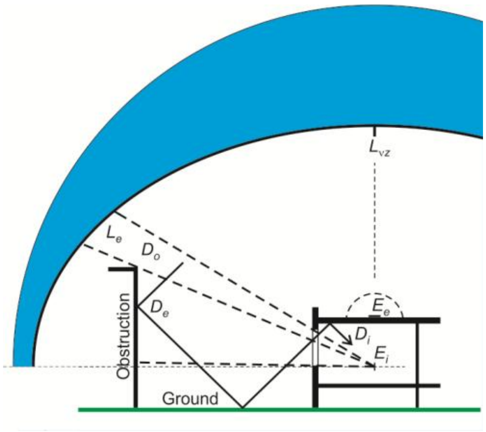
در طول سال، اطاق ها با درجه های مختلف روشنایی روز روشن می‌شوند. استفاده از آن بستگی به طراحی ساختمان و نیازهای کاربران می‌داشته باشد. برای سلامتی خود و شرایط ایمنی کار، نیاز به یک محیط روشن داریم. برای طراحی روشنایی روز در ساختمان ها، ارزیابی شدت روشنایی روز نظر به ضریب شدت روشنایی D به کار گرفته می‌شود رابطه (2.73) که با نسبت E_i - قیمت شدت روشنایی داخلی در یک نقطه معین در یک سطح داده شده در داخل ساختمان بر قیمت مقایسه ای فعلی شدت روشنایی بیرونی E_v در سطح افقی بدون سایه انداخته شده و با فرض نمودن یک آسمان ابری متوازن با پیش بینی یا توزیع درخشنده گی شناخته شده بیان می‌نماید. سهم نور خورشیدی مستقیم، در هر دو حالت شدت روشنایی حذف می‌شود.

$$D = 100\, E_i / E_v \qquad (\%) \qquad (2.73)$$

ضریب شدت روشنایی روز D دارای سه جزء می‌باشد:

D_o - آسمانی، D_e - عنصر منعکس شده بیرونی و D_i - عنصر منعکس داخلی شکل (2.36) به طوری که:

$$D = D_o + D_e + D_i \qquad (\%) \qquad (2.74)$$



شکل 2.36 رسم برای محاسبه ضریب شدت روشنایی روز

قیمت ضریب نور روز به طور عمده به هندسه و محل جابجایی کلکین ها، دیوارها و پیش برآمده گی های بالای کلکین ها، انتقال نور از طریق شیشه بندی و تخنیک سایه افگن ها، انعکاس نور از سطوح اطراف داخلی و بیرونی بستگی دارد. ضریب شدت روشنایی روز D می‌تواند در یک سطح مقایسوی در یک نقطه خاص از دید در یک شبکه مقایسه وی که مدار یا همان اطراف آن 1 m از دیوار دور می‌باشد، ارزیابی شود. ضریب شدت روشنایی روز D می‌تواند در یک سطح مقایسوی در یک محل معین قابل دید در یک شبکه مقایسه وی که محدوده آن 1 متر از دیوار فاصله دارد، ارزیابی شود. قیمت متوسط $\overline{D}$ رابطه (2.75) از قیمت های $D_{i,j}$ در تمام نقاط یا بخشی از شبکه محاسبه می‌شود.

$$\overline{D} = (1/n) \sum D_{i,j} \qquad (\%) \qquad (2.75)$$

از آنجاییکه:

$D_{i,j}$ - ضریب شدت روشنایی روز در نقطه $[i, j]$،

n - تعداد نقاط در شبکه می‌باشند.

بطور مثال، معیارها و شرایط برای ارزیابی روشنایی روز در سلواکیا در ستندرد STN 73 0580-1 تعیین شده است.

2.9.1 اجزاء آسمانی ضریب شدت روشنایی ر روز

اجزاء آسمانی ضریب شدت روشنایی روز را می‌توان از طریق گرافیکی، محاسبه و یا هم اندازه گیری تعیین نمود. هر یک از این روش ها دارای مزایا و معایب می‌باشد و انجنیر متخصص تصمیم به استفاده از آن می‌گیرد.

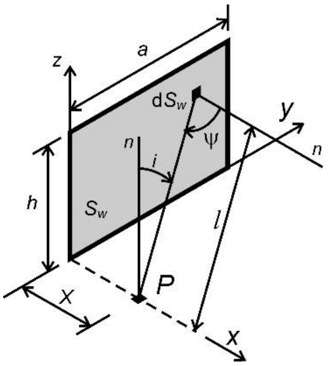
روش های گرافیکی برای تعیین اجزاء آسمانی شدت روشنایی روز :

در گذشته، انواع مختلفی از ابزارهای گرافیکی طراحی شده اند که هر کدام روشن کردن یک اطاق را در یک آسمان ابری با واحد یا درجه بندی درخشنده گی پیش بینی نموده اند. با توجه به اینکه در استندرد های ملی مدل CIE از آسمان ابری متوازن با درجه بندی درخشنده گی 1:3 مورد استفاده قرار می‌گیرند، ابزارهای گرافیکی به شکل دیاگرام و محافظ عمدتا برای این نوع آسمان ساخته شده اند.

در گذشته دیاگرام های Daniljuk، محافظ های B.R.S و محافظ های Kittler (Daniljuk's diagrams, B.R.S. protractors and Kittler protractors) عمدتاً مورد استفاده قرار می‌گرفت.

روش های محاسبه برای تعیین اجزاء آسمان ضریب شدت روشنایی روز :

در حال حاضر، برای ارزیابی روشنایی روز عمدتاً از تکنالوژی محاسباتی استفاده می‌شود. هر برنامه، همچنین روشنایی تخنیکی، بر اساس اصل وارد کردن ارقام های ورودی عمل می‌نماید،تحلیل و تجزیه آن بر اساس کد نوشته شده و معلومات خروجی در فورم الکترونیکی یا چاپی می‌باشد. عنصر کلیدی هر کد پروگرام روشی می‌باشد که الگوریتم پروگرام و یا فورمول های که محاسبات خود را انجام می‌دهند را تعیین می نمایند. روش های محاسبه برای تعیین ضریب شدت روشنایی روز را می‌توان به چهار گروپ تقسیم کرد: نقطه ای، جریانی، تجربی و عددی. محاسبات عددی دقیق تر و مناسب تر برای تعیین ضریب شدت روشنایی روز نسبت به روش های گرافیکی می‌باشد.



شکل 2.37 رسم اساسی برای تعیین شدت روشنایی روز در نقطه P از کلکین

سطح شدت روشنایی آسمانی در نقطه P شکل (2.37) به درخشنده گی هر عنصر کلکین dS_w و موقعیت نقطه P در سطح مرجع بستگی دارد. از آنجا که هر عنصر کلکین دارای درخشنده گی متفاوت می‌باشد، کلکین باید به یک شبکه تعداد متناهی از سطوح عنصری تقسیم شود. قیمت درخشنده گی آسمان $L_{\gamma\alpha}$ به علت نفوذ پذیری شیشه کاهش می‌یابد، فلیهذا در سطح داخلی شیشه بندی قیمت L_w خواهد بود. .سپس شدت شدت روشنایی آسمانی داخلی می‌تواند به شرح زیر باشد:

$$E_{i,o} = \int L_w \cos i \, d\omega_w = \int L_w \cos i \, \frac{\cos\psi}{l^2} \, dS_w \quad \text{(lx)} \qquad (2.76)$$

از آنجاییکه:

L_w - درخشنده گی عنصر در سطح داخلی شیشه بندی با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

ω - زاویه فضایی با واحد اندازه گیری (sr)،

dS_w - عنصر کلکین می‌باشند.

با تطبیق رابطه های (2.8) و (2.73) با (2.76) می‌توان رابطه برای محاسبه عددی عنصر آسمانی ضریب شدت روشنایی D_s را به شکل زیر به دست آورد.

$$D_s = \frac{E_{i,o}}{E_e} = \frac{\int L_w \cos i \, \frac{\cos\psi}{l^2} \, dS_w}{\int L_{\gamma\alpha} \cos Z \, d\omega} \qquad (\% \text{ یا } -) \qquad (2.77)$$

درخشنده گی عنصر کلکین L_w در شرایط ستندرد CIE آسمان ابری نظربه انتقال نور جهتی $\tau_{s.\psi} / \tau_{s,nor}$ شیشه بندی دوگانه (2.16)، باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$L_w = L_{vz} \frac{1+2\cos i}{3} \, \tau_{s,nor} \cos\psi \, (1+\frac{\sin^2\psi}{2}) \qquad (\text{cd/m}^2) \qquad (2.78)$$

از آنجاییکه:

$\tau_{s.nor}$ - ضریب انتقال نور به شکل نورمال می‌باشد جدول (2.3).

2.9.2 اجزای انعکاس دهنده ه داخلی شدت روشنایی روز

نور مستقیم و خورشیدی آسمان، سطح مرجع را در داخل ساختمان به شکل مستقیم روشن می‌نماید و همچنان این سطوح با نور منعکس شده از سطوح داخلی و بیرونی نیز روشن می‌گردد. نور منعکس شده از سطوح ساختمان های مقابل و سطح زمین به نام نور منعکسه بیرونی یاد می‌شود، این روشنایی است که به داخل اطاق نفوذ می‌کند و در آن چندین بار از سطوح داخلی انعکاس می‌یابد. انعکاس نور از ساختمان های اطراف و سطح زمین در هنگام تعیین اجزای بیرونی ضریب درخشنده گی روز در نظر گرفته می‌شود. بخاطریکه بتوان مقایسه نتایج محاسبات شدت روشنایی روز را انجام داد، با یک اطاق خالی بدون هیچگونه تجهیزات دیگر و با ضریب های تعریف شده انعکاس نور از دیوارها، کف و سقف کار صورت می‌گیرد.

اجزای منعکس شده شدت روشنایی روز را همچنین نیز می‌توان به صورت گرافیکی و با استفاده از روش تجربی یا با روش ردیابی (ray-tracing) محاسبه نمود. بیشترین روش های محاسباتی تجربی برای بیان اجزای منعکس شده ضریب شدت روشنایی روز، توزیع مجدد جریان نور Φ_{ir} در داخل ابعاد منظم را پس از عبور از دهانه های روشنایی فرض می‌نماید. قیمت متوسط اجزای داخلی شدت روشنایی روز $\overline{D}_i$ را همچنان می‌توان به کمک رابطه (Kittler & Kittlerova, 1975) به دست آورد:

$$\overline{D}_i = 100 \frac{E_{ir}}{E_h} = \frac{\tau_d \; S_w \; \overline{\rho}}{S \; (1-\overline{\rho})} \; K \qquad (\%) \qquad (2.79)$$

روش BRS برای محاسبه $\overline{D}_i$ نظر به رابطه (2.80)، سطوح داخلی را به فضاهای فوقانی و تحتانی از سطح قبلی مرکز کلکین تقسیم می‌نماید، در حالیکه فرض بر این است که شیشه شفاف دارای ضریب انتقال نور انتشاری τ_d = 0,85 می‌باشد (Hopkinson, 1966)، بعداً چنین خواهد شد:

$$\overline{D}_i = \frac{0{,}85\ S_w}{S\ (1-\overline{\rho})}\ (C\rho_d + 5\ \rho_u) \qquad (\%) \qquad (2.80)$$

از آنجاییکه:

ρ_d - ضریب متوسط انعکاس نور از کف و دیوارهای قسمت پایین اطاق با واحد اندازه گیری (-)،

ρ_u - ضریب متوسط انعکاس نور از سقف و دیوارها از یک بخشی از اطاق با واحد اندازه گیری (-)،

C - پارامتر اصلاح، بیان کننده تاثیرات ساختمان های سایه کننده بوده که نظر به زاویه سایه γ_F اندازه گیری شده از مرکز کلکین جدول (2.21) تعیین می‌شود.

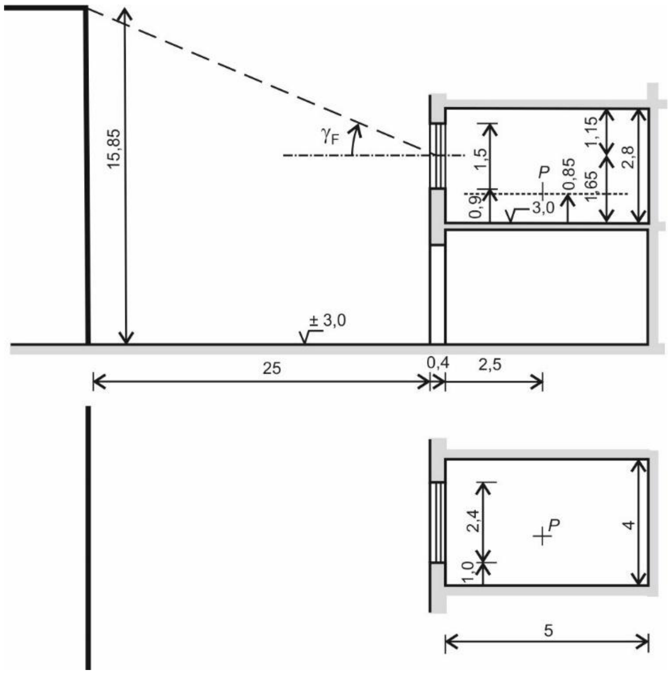
γ_F	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
C	39	35	31	25	20	14	10	7	5

جدول 2.21 قیمت های پارامتر اصلاح c

مثال 2.7

قیمت متوسط اجزای انعکاس دهنده داخلی ضریب شدت روشنایی روز $\overline{D}_i$ را در اطاق که در طبقه دوم 3 m بالاتر از سطح زمین واقع می‌باشد، محاسبه نمایید. اطاق دارای ابعاد 4 x 5 x 2,8 m می‌باشد شکل (2.38). این اطاق توسط یک کلکین چوبی با ابعاد 2,4 x 1,5 m که زیر طاقی آن 0,9 m از کف ارتفاع دارد روشن شده است. ضریبانعکاس نور در سطوح داخلی به شرح زیر می‌باشد: $\rho_{wall} = 0{,}5$، $\rho_{ceiling} = 0{,}8$، $\rho_{floor} = 0{,}2$ و از کلکین $\rho_w = 0{,}1$. ساختمان که سایه می‌افگند 15,85 m بالاتر از سطح زمین و 25 m دورتر از نمای ساختمان قرار دارد.

از رابطه BRS (2.80) برای محاسبه اجزای منعکس کننده داخلی ضریب شدت روشنایی $\overline{D}_i$ استفاده نمایید.



شکل 2.38 رسم محاسبه ای اطاق و ساختمان که سایه می‌افگند.

محاسبه:

1. مساحت دهانه روشنایی دهنده به شکلذیل محاسبه می‌شود:

$S_w = a \times b = 2{,}4 \times 1{,}5 = 3{,}6\ \text{m}^2$

2. مجموع مساحت های داخلی S چنین می‌باشد:

$S = S_{floor} + S_{ceiling} + S_{wall} = 4\times5 + 4\times5 + 2\times4\times2{,}8 + 2\times5\times2{,}8 = 90{,}4\ \text{m}^2$

3. ضریب متوسط انعکاس نور از سطوح داخلی $\overline{\rho}$ چنین می‌باشد:

$\overline{\rho} = (\rho_{floor}\ S_{floor} + \rho_{ceiling}\ S_{ceiling} + \rho_{wall}\ (S_{wall} - S_w) + \rho_w\ S_w) / (S_{floor} + S_{ceiling} + S_{wall})$

$\overline{\rho} = (0{,}2\times20 + 0{,}8\times20 + 0{,}5\times(50{,}4 - 3{,}6) + 0{,}1\times3{,}6) / (20 + 20 + 50{,}4) = 0{,}484$

4. محاسبه قیمت متوسط ضریب انعکاس نور از قسمت پایینی سطوح داخلی ρ_d چنین می‌باشد:

$\rho_d = (\rho_{floor}\ S_{floor} + \rho_{wall}\ (S_{wall,d} - S_{w,d}) + \rho_w\ 0{,}5\ S_w) / (S_{floor} + S_{wall,d})$

$\rho_d = (0{,}2\times20 + 0{,}5\times(2\times4\times1{,}65 + 2\times5\times1{,}65 - 0{,}5\times3{,}6) + 0{,}1\times0{,}5\times3{,}6) / (20 + 2\times4\times1{,}65 + 2\times5\times1{,}65)$

$\rho_d = 0{,}365$

5. محاسبه قیمت متوسط ضریب انعکاس نور از قسمت بالایی سطوح داخلی ρ_u چنین می‌باشد:

$\rho_u = (\rho_{ceiling}\ S_{ceiling} + \rho_{wall}\ (S_{wall,d} - 0{,}5\ S_w) + \rho_w\ 0{,}5\ S_w) / (\ S_{ceiling} + S_{wall,d})$

$\rho_u = (0{,}8\times20 + 0{,}5\times(2\times4\times1{,}15 + 2\times5\times1{,}15 - 0{,}5\times3{,}6) + 0{,}1\times0{,}5\times3{,}6) / (20 + 2\times4\times1{,}15 + 2\times5\times1{,}15)$

$\rho_u = 0{,}630$

6. محاسبه ارتفاع ساختمان که سایه می‌افگند γ_F. ارتفاع از نقطه در نظر گرفته شده که در مرکز کلکین قرار دارد محاسبه می-شود و در مورد فعلی ما از سطح زمین گرفته شده است و $3 + 0{,}9 + 1{,}5/2 = 4{,}65$ m می‌باشد. بعداً ارتفاع ساختمان بالای مرکز کلکین چنین خواهد بود:

$h_F = 15{,}85 - 4{,}65 = 11{,}2$ m

اگر کلکین در مرکز دیوار احاطوی قرار دارد، بعداً فاصله بین ساختمان سایه انداز و کلکین شیشه ای قرار ذیل خواهد بود:

$l_F = 25 + 0{,}4 / 2 = 25{,}2$ m

ارتفاع مانع سایه انداز γ_F از هر دو قیمت h_F و l_F محاسبه می‌گردد و قرار ذیل می‌باشد:

$\gamma_F = \arctan (h_F / l_F) = \arctan (11{,}2 / 25{,}2) = 23{,}96°$

7. برای تعیین پارامتر اصلاح C جدول (2.21) مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجاییکه قیمت $\gamma_F = 23{,}96°$ در انتروال 20° الی 30° می‌باشد. قیمت C می‌تواند بر اساس تعامل فی مابین (interpolation) قیمت های 31 و 25 و به کمک تطبیق تعامل فی مابین خطی (linear interpolation) تعیین گردد، بعداً $C = 28{,}62$ خواهد بود.

8. درنتیجه، برای تعیین قیمت متوسط اجزای داخلی ضریب شدت روشنایی روز $\overline{D}_i$ از رابطه (2.80) استفاده می‌شود.

$$\overline{D}_i = \frac{0{,}85\ S_w}{S\ (1-\overline{\rho})}\ (C\rho_d + 5\ \rho_u) = 0{,}85 \times 3{,}6\ (28{,}6 \times 0{,}365 + 5 \times 0{,}630) / (90{,}4\ (1 - 0{,}484)) = 0{,}892\ \%$$

نتیجه:

با استفاده از روابط تجربی BRS، قیمت متوسط اجزای منعکس کننده داخلی ضریب شدت روشنایی روز $\overline{D}_i = 0{,}892\ \%$ به دست آمد.

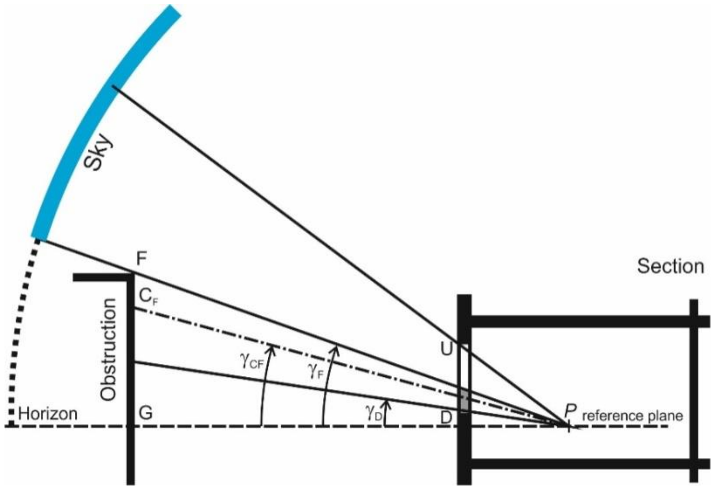
2.9.3 اجزای منعکس کننده بیرونی ضریب شدت روشنایی روز

ساختمان ها، سرک ها، ساحهء های داخل شهر، باغ ها و همانند آن، فضاهای شهری را ایجاد می‌نماید. در شهرها معمولا تراکم بیشتری از ساختمان وجود دارد، ساختمان های که در مقابل کلکین ها قرار دارند، در نزدیک به افق روشنایی آسمان سایه می‌افگنند شکل (2.39). در این وضعیت ، نقطه P در صفحه مرجع مستقیماً توسط نورگیر (در زاویه FPU که نشان دهنده نقاط F، P و U در شکل 2.39 بوده و در آن زاویه دید آسمان را از نقطه P که در صفحه مرجع قرار دارد را نشان می دهد) و با نور منعکس شده از نمای مسدود کننده (زاویه DPF) روشن می شود. به طور کلی، روش های تجربی روی اصل جریان نوری کار می‌نمایند و دهانه های که برای ایجاد روشنایی در نمای ساختمان می‌باشد، به عنوان منابع نور در نظر گرفته می‌شوند. از آنجا که درخشنده گی CIE آسمان ابری متداول در نصف النهار متغیر می‌باشد، قیمت های شدت روشنایی قسمت های کلکین نیز تحت شرایط واقعی متفاوت هستند. همچنان مقادیر روشنایی قسمت های از کلکین تحت شرایط واقعی متفاوت هستند. از آنجا که درخشنده گی نمای سایه دار بسیار به سختی بیشتر از 10% از درخشنده گی آسمان بدون سایه می‌باشد، محاسبه را می‌توان به صورت زیر ساده نمود:

$$L_{\gamma,F} = 0{,}1\ L_\gamma \qquad (\text{cd/m}^2) \qquad (2.81)$$

از آنجاییکه:

- $L_{\gamma,F}$ - درخشنده گی نمای ساختمان در زاویه ارتفاعی γ با واحد اندازه گیری cd/m^2،
- L_γ - درخشنده گی اجزای آسمانی در زاویه ارتفاعی γ با واحد اندازه گیری cd/m^2 می‌باشند.



شکل 2.39 رسم برای تعیین زاویه سایه انداز (Obstruction)

براینکه بتوان مفهوم نظریه جریان نوری را تطبیق نمود، مهم است که مرکز ثقل جریان نور (خط مستقیم $P - C_F$) و رابطه آن با موقعیت کلکین تعریف شود. از آنجاییکه شدت روشنایی به طور مستقیم به درخشنده گی مرتبط می‌باشد، اجزای منعکس کننده ضریب شدت روشنایی روز D_e نیز به همین طور اجزای آسمانی D_s را کاهش می‌دهد. همچو رابطه (2.81) می‌توان آنرا چنین بیان کرد:

$$D_e = f \times D_{s,F} \qquad (\%) \qquad (2.82)$$

از آنجاییکه:

f - ضریب کاهش دهنده با واحدا اندازه گیری،

$D_{s,F}$ - اجزای آسمانی D_s ، مجزاشده توسط زاویه DPF، این در حقیقت نظر به زاویه سایه ساختمان مجاور در نظر گرفته شده است، با واحدا اندازه گیری % می‌باشند.

Puškáš در سال (1984)، برای محاسبه تقریبی f فورمول زیر را طراحی نمود:

$$f = \frac{7}{30\,(1 + 2\sin\gamma_{CF})} \qquad (-) \qquad (2.83)$$

از آنجاییکه موقعیت زاویه ای مرکز ثقل را می‌توان بطور رضایت بخش نظر به رابطه ذیل محاسبه نمود
:

$$\gamma_{CF} \approx 0{,}7\,\gamma_F + 0{,}1\,\gamma_D \qquad (deg) \qquad (2.84)$$

2.10 پروگرام های محاسباتی برای طراحی و ارزیابی شدت روشنایی روز در ساختمان ها

طراحی مهندسی و طراحی روشنایی روز در ساختمانها در عمل بدون استفاده از تخنیک کامپیوتری انجام شده نمی‌تواند Heim (2007), Reinhart (2013). برخی از پروگرام های محاسباتی که می‌توانند برای حل مسله روشنایی روز استفاده شوند، در جدول (2.22) نشان داده شده است. در ستون دوم پارامترهای خروجی در عناصر وجود دارد: ضریب شدت روشنایی روز D با واحد اندازه گیری %، شدت روشنایی با واحد اندازه گیری lx و درخشندگی با واحد اندازه گیری cd/m^2.

در هنگام کار با پروگرام های کامپیوتری، باید به یاد داشته باشیم که در ارقام های ورودی (input data) می‌توانند، الگوریتم های جا سازی شده و ارقام خروجی (output data) ها از هم متفاوت باشند. بنابراین در ابتدا مهم است که خود را با رهنمود پروگرام آشنا نماییم، کنترول نماییم که کدام پارامترها وارد می‌شوند، ارقام های خروجی چه هستند و چه شرایطی در هنگام انجام محاسبات در نظر گرفته شده است. به طور کلی در هنگام استفاده ازپروگرام های مختلف، نتایج محاسبه اجزای آسمانی ضریب شدت روشنایی روز D_s تا حدی زیاد از هم متفاوت نمی باشند. اگر پروگرام دارای فورمول تجربی جا سازی شده باشد، در بیشتر موارد نتایج قابل اعتماد فقط به اطاق های داده می‌شود که منظم باشند و دارای نسبت ابعاد محدود باشند.

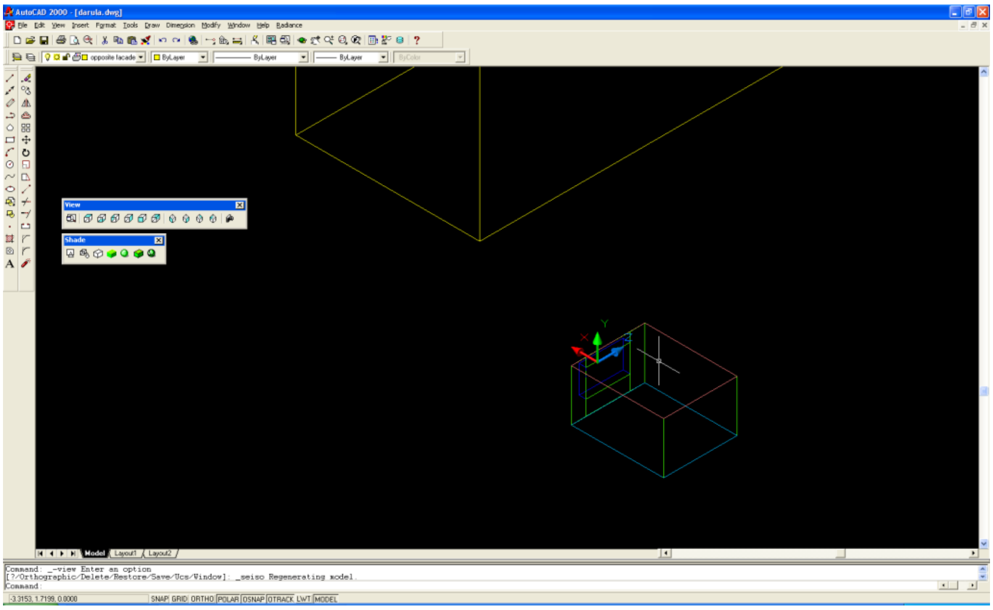
نام	پارامتر های ورودی	لینک
ADELINE	*D* شدت روشنایی، درخشنده گی	http://www.ibp.fhg.de/wt/adeline/
AGI32	*D* درخشنده گی	www.agi32.com
Bsim	شدت روشنایی	http://www.bsim.dk
Daylight	*D*	http://www.archiphysics.com/programs/daylight/daylight.htm
DAYSIM	*D* شدت روشنایی	http://www.daysim.com/
EnergyPlus	*D* شدت روشنایی	http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/reg_form.cfm
ESP-r	شبیه سازی نورپردازی	http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm
Leso DIAL	*D* شدت روشنایی، درخشنده گی	http://www.ibp.fraunhofer.de/software/lesodial.html
OSV	*D*	Hraška, J., Štujber, M. SvF STU Bratislava
Radiance	*D* شدت روشنایی، درخشنده گی	http://radsite.lbl.gov/radiance/HOME.html
Relux Pro	*D* شدت روشنایی	http://www.relux.biz
Velux Visualiser	*D* شدت روشنایی	http://viz.velux.com/daylight_visualizer
WDLS 4.0	*D*	http://www.astra-zlin.cz
Climate Studio	*Shadow analysis, daylighting, annual glare* تجزیه و تحلیل سایه، روشنایی روز، روشنایی در طول سال	https://www.solemma.com/climatestudio
Software Development	*Dynamic daylight, CIE Sky Generator, dynamic overshadowing, sun-path* روشنایی روز دینامیکی، جنراتور CIE آسمان، سایه دینامیکی ، مسیرهای آفتابی	http://andrewmarsh.com/software/

جدول 2.22 فهرست پروگرام های کامپیوتری انتخاب شده که امکان ارزیابی مبتنی بر روشنایی روز را فراهم می‌کند.

مثال 2.8

توزیع ضریب شدت روشنایی روز در سطح مرجع در یک اطاق که اندازه های آن 5 x 4 x 2,8 m می‌باشد را محاسبه نمایید. اطاق با یک کلکین 2,4 x 1,5 m روشن شده است. این ساختمان در داخل شهر و در هوا نسبتا آلوده طراحی شده است. ضریب انعکاس نور از سطوح داخلی عبارتند از: سقف $\rho_{ceiling} = 0,75$، کف $\rho_{floor} = 0,22$، دیوار ها $\rho_{wall} = 0,5$، شیشه بندی $\rho_w = 0,1$، نمای ثابت ساختمان مقابل $\rho_F = 0,2$ و سطوح زمین اطراف $\rho_{ground} = 0,2$ می‌باشند. کلکین دو شیشه ای با شیشه مات بوده با انتقال نور از طریق آن $\tau_w = 0,76$. مختصات موانع سایه دار قرار ذیل اند:

a[25, 10, 36], *b*[25, 10, 10]. از پروگرام Desktop Radiance برای محاسبه ضریب های شدت روشنایی روز استفاده صورت می‌گیرد.



شکل 2.40 رسم هندسه ای اطاق و ساختمان سایه انداز

<ins>محاسبه:</ins>

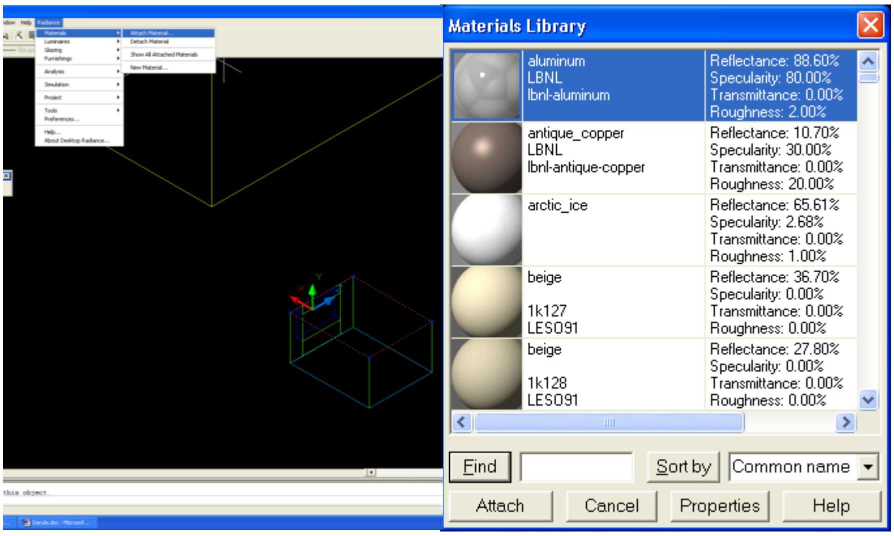
1. *رسم نمودن 3D هندسه اطاق، کلکین ها و ساختمان های سایه انداز.*

برای رسم نمودن دستور 3dface در AutoCad استفاده می‌شود. مفید خواهد بود که سطوح را با خواص آپتیکی مشابه به هریک از لایه های مانند کفپوش، دیوارها، سقف، دیوار اطراف کلکین، شیشه بندی، نمای ثابت بیرون، سطح زمین اطراف ساختمان و غیره ترتیب داد. شکل (2.40).

2. *تعیین خواص سطوح غیر شفاف.*

باید Attach Material را در گزینه Materials در پروگرام Desktop Radiance انتخاب نمایید و

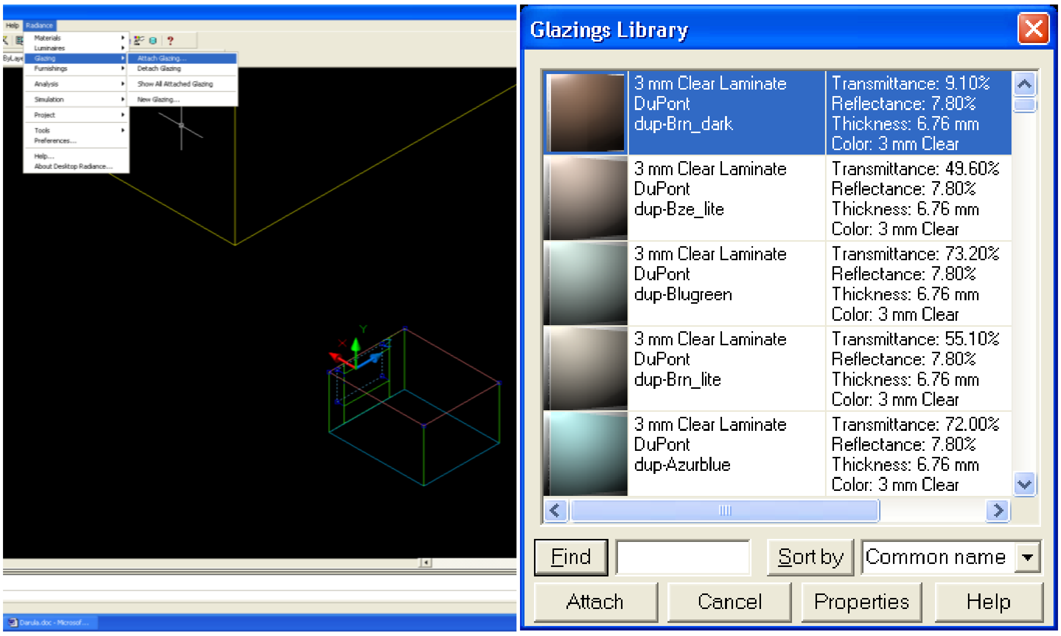
در منو Materials Library می‌توانید پارامترهای مورد نیاز برای این مواد را انتخاب کنید شکل (2.41).



شکل 2.41 منو برای وارد کردن خواص مواد غیر شفاف

3. *تعیین خواص سطوح شفاف.*

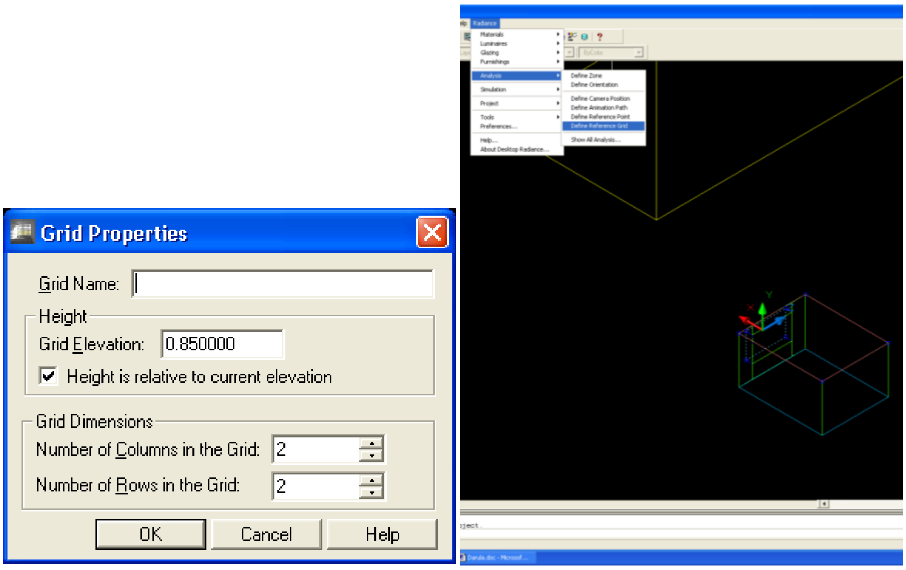
باید گزینه Attach Slicing و گزینه Glazing را در پروگرام Desktop Radiance انتخاب نمایید و در مینو Glazing Library پارامتر های آپتیکی مواد شفاف مورد نظر را می‌توان انتخاب کرد شکل (2.42).



شکل 2.42 قرار دادن پارامتر های آپتیکی مواد شفاف

4. *تعیین پارامترهای سطح مرجع.*

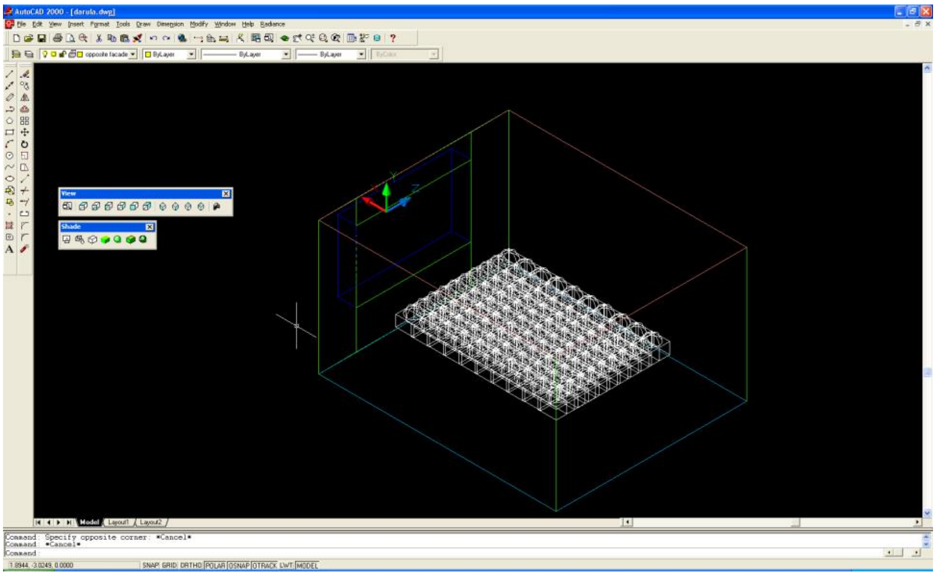
ارتفاع سطح مرجع و ابعاد شبکه نقطه ها را در Define Reference Grid در منو Analysis Radiance قرار می‌گیرد. ضبط کننده (Sensor) در خشنده گی یا ضبط کننده برای روشنایی را می‌توان برای نقاط شبکه تعیین نمود شکل (2.43 و 2.44).



الف ب

شکل 2.43 تعیین شبکه نقطه ها در سطح مرجع

الف - منو در پروگرام Desktop Radiance, ب - درج ابعاد شبکه نقطه



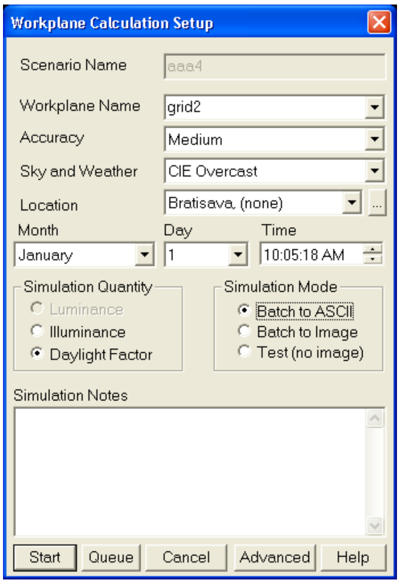
شکل 2.44 نگاه به سطح مرجع با سنسور های تعیین شده

5. *محاسبه ضریب شدت روشنایی روز.*

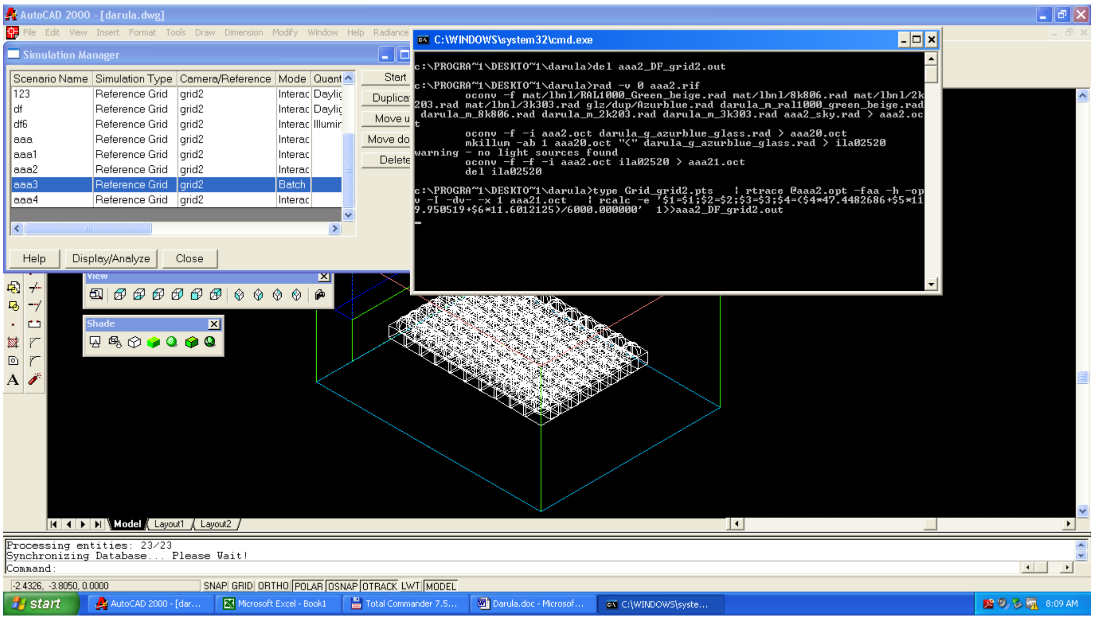
مرجع Reference Grid از Simulation انتخاب شده است و نام شبکه را از منو ارائه شده انتخاب می‌نمایید. سپس نام صحنه ها به یک جعبه خالی نوشته میگردد.بعداً کلکین Workplane Calculation Setup ظاهر خواهد شد شکل (2.45). در این فورم، CIE برای آسمان ابری متوازن، موقعیت محل ارزیابی انتخاب می‌گردد و ماه، روز و زمان تعیین می‌گردد. معلومات برای محاسبات در همان کلکین پس از انتخاب Daylight Factor در Simulation Quantity and Batch در Simulation Mode آماده شده است.

انتخاب Option Batch to ASCII به شما اجازه می‌دهد که فرمت فایل متون را برای محاسبه شبکه با ضریب شدت روشنایی روز مشخص نمایید. پس از فعال کردن دکمه Start،

ضریب شدت روشنایی روز در External software Desktop Radiance محاسبه می‌شود شکل (2.46).



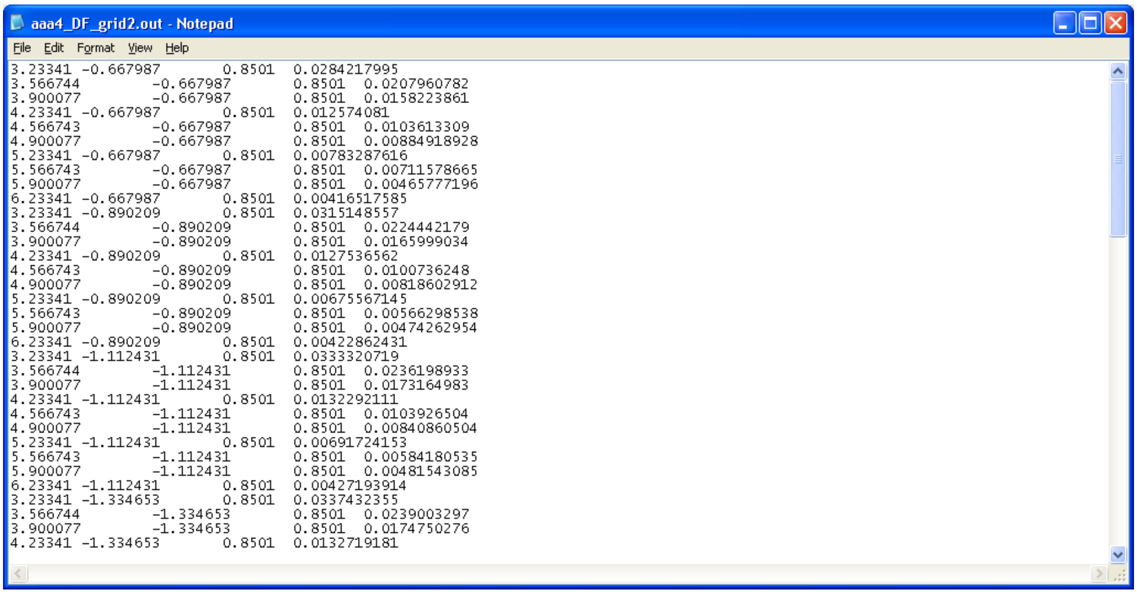
شکل 2.45 فورم پلان کاری راه اندازی محاسبه Workplane Calculation Setup



شکل 2.46 کلکین مدیر شبیه سازی Simulation Manager و محاسبه تابش Radiance calculation

6. *نتایج خروجی.*

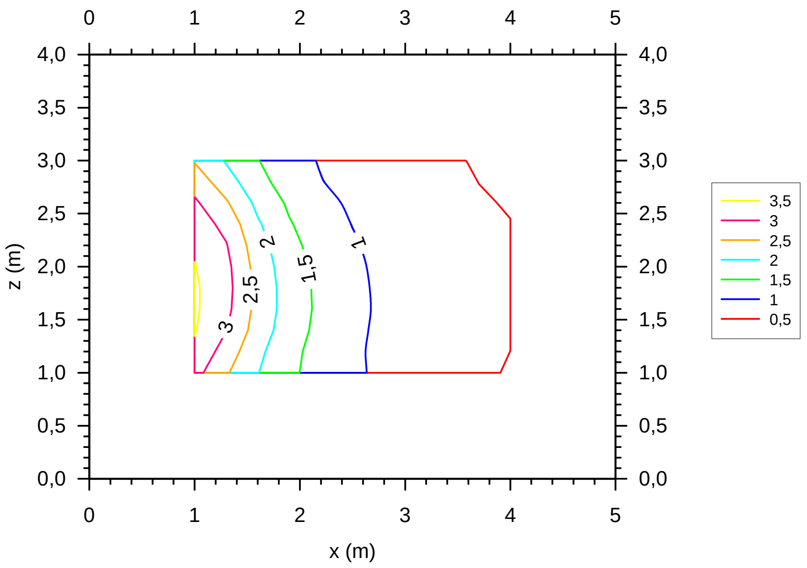
نتایج را می‌توان با استفاده از دکمه Display/Analyse و یا هم می‌توان آنرا در فایل که در آن از گزینه Edit در منوی اصلی استفاده می‌نماید حفظ نمود. لست تقریبی از محاسبه قیمت ضریبشدت روشنایی روز همراه با مختصات نقاط ارزیابی شده سطح مرجع در شکل (2.47) نشان داده شده است.


aaa4_DF_grid2.out - Notepad

3.23341	-0.667987	0.8501	0.0284217995
3.566744	-0.667987	0.8501	0.0207960782
3.900077	-0.667987	0.8501	0.0158223861
4.23341	-0.667987	0.8501	0.012574081
4.566743	-0.667987	0.8501	0.0103613309
4.900077	-0.667987	0.8501	0.00884918928
5.23341	-0.667987	0.8501	0.00783287616
5.566743	-0.667987	0.8501	0.00711578665
5.900077	-0.667987	0.8501	0.00465777196
6.23341	-0.667987	0.8501	0.00416517585
3.23341	-0.890209	0.8501	0.0315148557
3.566744	-0.890209	0.8501	0.0224442179
3.900077	-0.890209	0.8501	0.0165999034
4.23341	-0.890209	0.8501	0.0127536562
4.566743	-0.890209	0.8501	0.0100736248
4.900077	-0.890209	0.8501	0.00818602912
5.23341	-0.890209	0.8501	0.00675567145
5.566743	-0.890209	0.8501	0.00566298538
5.900077	-0.890209	0.8501	0.00474262954
6.23341	-0.890209	0.8501	0.00422862431
3.23341	-1.112431	0.8501	0.0333320719
3.566744	-1.112431	0.8501	0.0236198933
3.900077	-1.112431	0.8501	0.0173164983
4.23341	-1.112431	0.8501	0.0132292111
4.566743	-1.112431	0.8501	0.0103926504
4.900077	-1.112431	0.8501	0.00840860504
5.23341	-1.112431	0.8501	0.00691724153
5.566743	-1.112431	0.8501	0.00584180535
5.900077	-1.112431	0.8501	0.00481543085
6.23341	-1.112431	0.8501	0.00427193914
3.23341	-1.334653	0.8501	0.0337432355
3.566744	-1.334653	0.8501	0.0239003297
3.900077	-1.334653	0.8501	0.0174750276
4.23341	-1.334653	0.8501	0.0132719181

شکل 2.47 یک نمونه لست تقریبی از قیمت های محاسبه شده ضریبشدت روشنایی روز

خطوط مساوی ضریب شدت روشنایی روز را می‌توان با استفاده از پروگرام های ستندرد مانند MS Excel، Xact و غیره طراحی یا رسم نمود شکل (2.48).



شکل 2.48 مثال خطوط مساوی رسم شده و قیمت های ضریب شدت روشنایی روز

مثال 2.9

توزیع ضریب شدت روشنایی روز در سطح مرجع در یک اطاق که اندازه های آن 4 x 6 x 2,8 m می‌باشد را محاسبه نمایید. اطاق با یک کلکین 2,4 x 1,5 m که دوشیشه ای می‌باشد و انتقال نور آن τ_w = 0,76 است، رروشن شده است. این ساختمان در داخل شهر و در هوا نسبتا آلوده طراحی شده است. ضریب انعکاس نور از سطوح داخلی عبارتوند از:

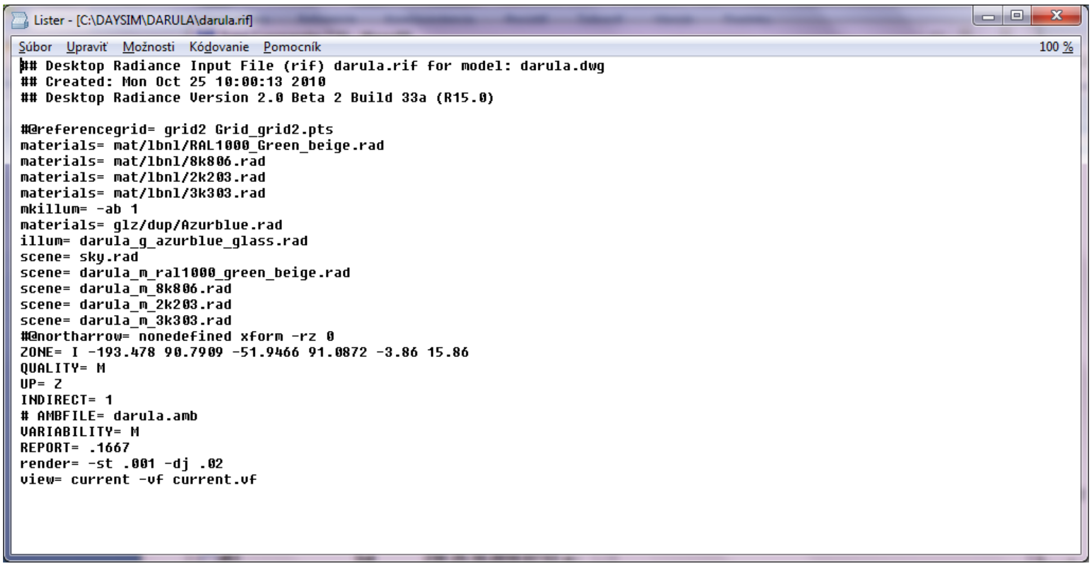
سقف $\rho_{ceiling}$ = 0,75، کف ρ_{floor} = 0,22، دیوار ها ρ_{wall} = 0,5، شیشه بندی ρ_w = 0,1،

نمای ثابت ساختمان مقابل ρ_F = 0,2 و سطوح زمین اطراف ρ_{ground} = 0,2 می‌باشند. مختصات نما های سایه دار قرار ذیل اند [25, 10, 10]*b*, [25, 10, 36]*a*. از پروگرام Daysim برای محاسبه ضریب شدت روشنایی روز در سطح مرجع استفاده نمایید.

محاسبه:

1. *رسم نمودن 3D هندسه ای اطاق با کلکین ها و موانع سایه انداز.*

پروگرام Daysim اجازه نمی‌دهد که رسم ها در 3D صورت بگیرد، بنابراین، باید از پروگرام CAD و یا پروگرام های دیگر رسامی 3D برای ایجاد یک مدل فضایی استفاده نمود. پروگرام Daysim با چندین پروگرام دیگر کار می‌نماید، بطور مثال: Desktop Radiance، SketchUp، Ecotect، AutoCad یا RHINO. پروگرام Desktop Radiance با دستور 3dface AutoCad برای رسم نمودن مدل هندسی استفاده می‌شود که منحیث ورود برای پروگرام Daysim می‌باشد. یک فایل جداگانه *.rif ایجاد می‌نماید که حاوی معلوماتی می‌باشد که برای پروگرام Daysim استفاده می‌گردد. نمونه از فایل کنترول کننده اصلی را می‌توان در شکل (2.49) مشاهده نمود.



Lister - [C:\DAYSIM\DARULA\darula.rif]

Súbor Upraviť Možnosti Kódovanie Pomocník 100 %

```
## Desktop Radiance Input File (rif) darula.rif for model: darula.dwg
## Created: Mon Oct 25 10:00:13 2010
## Desktop Radiance Version 2.0 Beta 2 Build 33a (R15.0)

#@referencegrid= grid2 Grid_grid2.pts
materials= mat/lbnl/RAL1000_Green_beige.rad
materials= mat/lbnl/8k806.rad
materials= mat/lbnl/2k203.rad
materials= mat/lbnl/3k303.rad
mkillum= -ab 1
materials= glz/dup/Azurblue.rad
illum= darula_g_azurblue_glass.rad
scene= sky.rad
scene= darula_m_ral1000_green_beige.rad
scene= darula_m_8k806.rad
scene= darula_m_2k203.rad
scene= darula_m_3k303.rad
#@northarrow= nonedefined xform -rz 0
ZONE= I -193.478 90.7909 -51.9466 91.0872 -3.86 15.86
QUALITY= M
UP= Z
INDIRECT= 1
# AMBFILE= darula.amb
VARIABILITY= M
REPORT= .1667
render= -st .001 -dj .02
view= current -vf current.vf
```

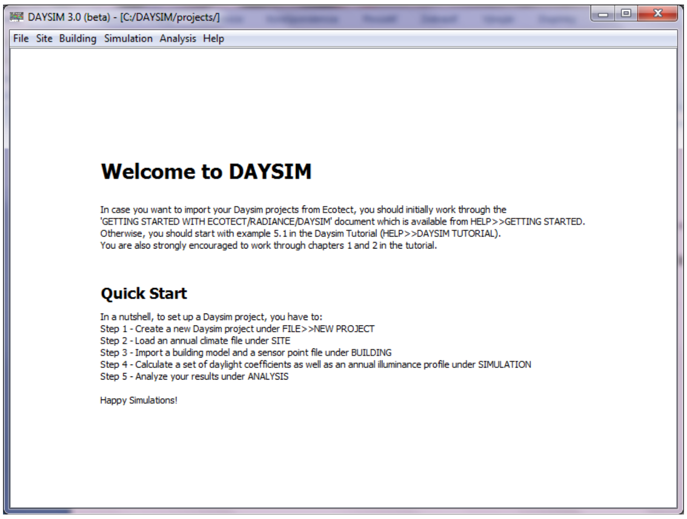
شکل 2.49 لست از فایل کنترول کننده اصلی در پروگرام Radiance

2. *تعیین خواص آپتیکی مواد پیشنهاد شده.*

خواص آپتیکی مواد معمولاً با استفاده از CAD تولید می‌شود. فایل خروجی از پروگرام AutoCad می‌تواند همچنان فایل ورودی برای پروگرام Daysim باشد.

3. *باز کردن یک پروژه جدید در پروگرام Daysim*

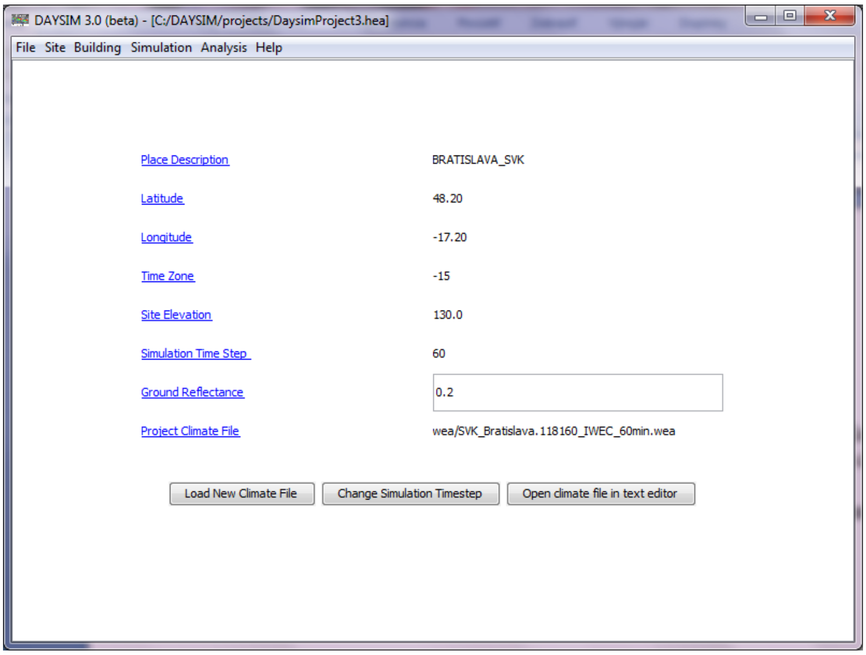
پروژه جدید با انتخاب New Project under File در کلکین اصلی باز می‌شود. نما برای منو اصلی پروگرام Daysim در شکل (2.50) نشان داده شده است.



شکل 2.50 کلکین اصلی پروگرام شبیه سازی Daysim 3.0 (beta)

4. *دانلود کردن اطلاعات سالانه اقلیمی.*

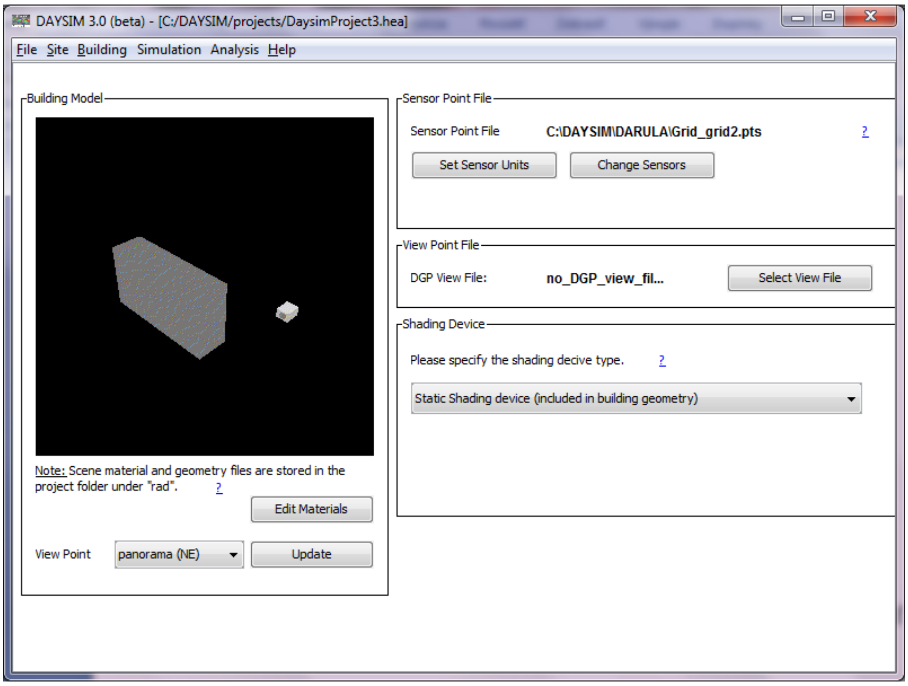
فورم برای تعیین موقعیت و ضریبانعکاس نور از سطح زمین اطراف در شکل (2.51) نشان داده شده است. این گام برای محاسبه ضرایب روزانه مهم است که مجزا از محاسبه برای گام زمانی مشخص و شرایط آسمان می‌باشد. اطلاعات مربوط به اقلیم و گام زمانی در شبیه سازی ها، بر قیمت نهایی ضریبشدت روشنایی روز تاثیر نمی‌گذارد.



شکل 2.51 تعیین اطلاعات درباره موقعیت

5. *وارد نمودن مدل ساختمانها.*

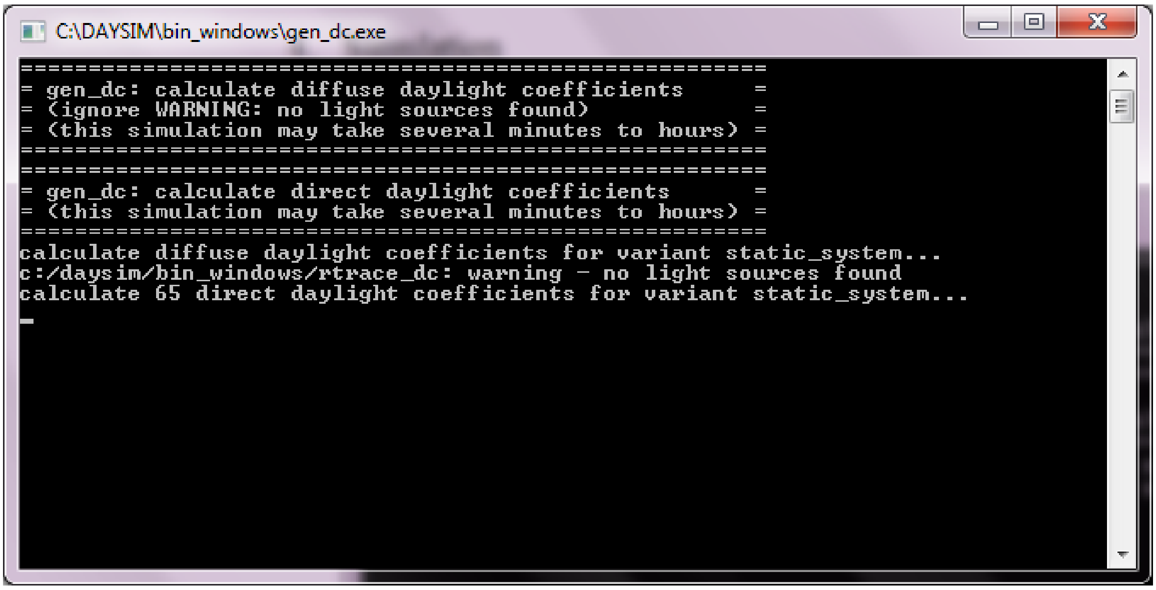
اطلاعات در باره مدل ساختمان ها با استفاده از گزینه Building در منوی اصلی پروگرام Daysim وارد می‌شوند. در هنگام طی نمودن مرحله پروسس، فایل ‎*.rif Radiance‎ استفاده می‌شود. بعد ازختم دانلود اطلاعات در مورد مدل، گزینه Sensor Point File و Shading Device همانطوریکه در شکل (2.52) نشان داده شده است، پدیدار می‌گردند. قبل ازفعال نمودن Static Shading device، باید فایل شبکه مرجع ‎*.pts‎ از مدل Desktop Radiance انتخاب گردد.



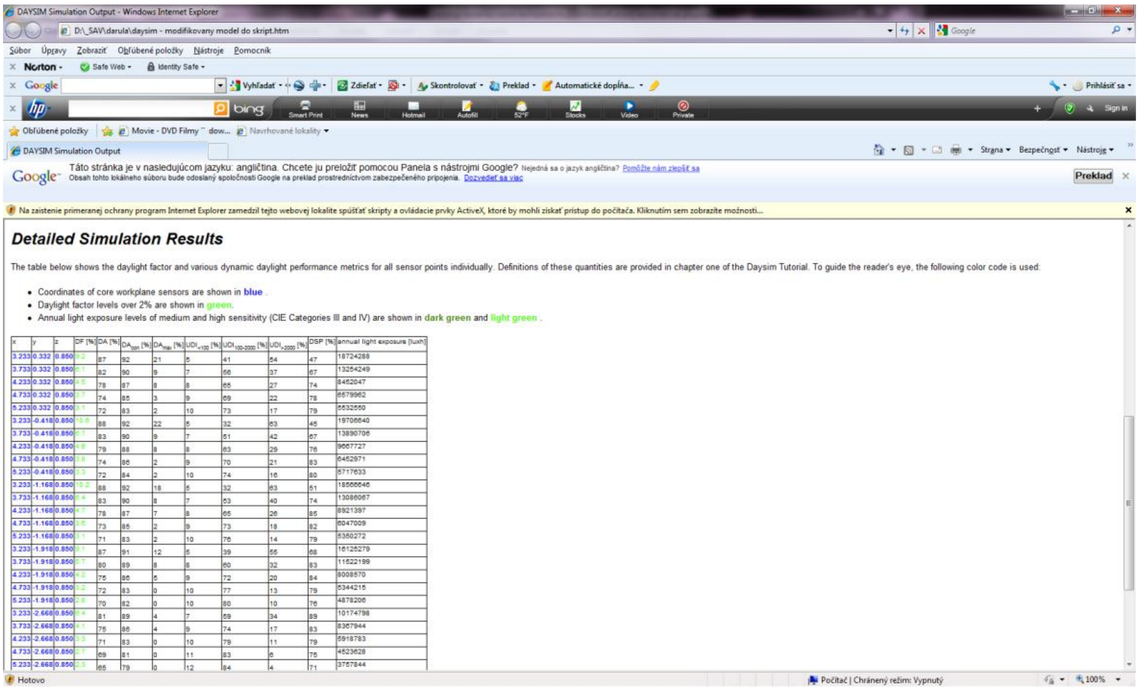
شکل 2.52 مدل ساختمانها

6. *شبیه سازی روشنایی روز در اطاق.*

شبیه سازی روشنایی روز در اطاق بعد از انتخاب Simulation در منو اصلی پروگرام Daysim انجام می‌گردد. اطلاعات تازه در مورد گام های محاسبه ای در کلکین Radiance نمایش داده می‌شود. یک مثال محاسبه ضرایب روزانه در شکل (2.53) نشان داده شده است.



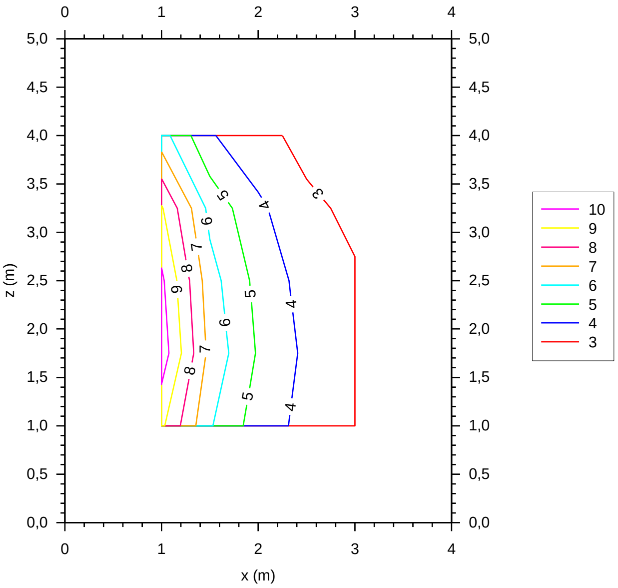
شکل 2.53 کلکین Radiance محاسبات



شکل 2.54 مثال فایل با نتایج تقریبی

7. *ارزیابی نتایج.*

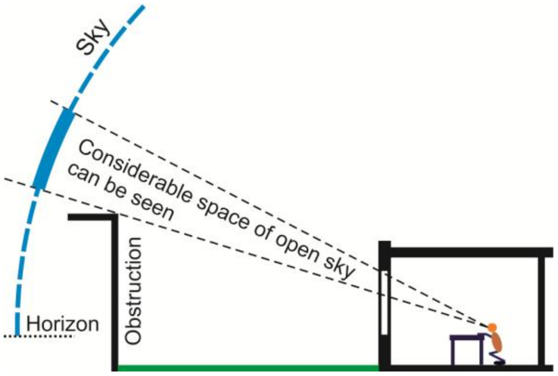
بعد از انتخاب Analysis در مینو اصلی گزینه های دیگر حذف می‌شوند و Start Daylight Analysis انتخاب می‌شود. نتایج در یک فایل جداگانه در فرمت HTML ذخیره می‌شوند. نمونه فایل با قیمت های تقریبی محاسبه ای ضریب شدت روشنایی روز در شکل (2.54) نشان داده شده است. خطوط مساوی ضریبشدت روشنایی روز می‌تواند با پروگرام های دیگری چونMS Excel و یا هم Xact رسم گردد. نمونه ای از قیمت های محاسبه شده و خطوط مساوی (Isoline) رسم شده شدت روشنایی روز در شکل (2.55) نشان داده شده است.



شکل 2.55 قیمت های رسم شده و خطوط مساوی ضریب شدت روشنایی روز ارزیابی شده

2.11 ستندردها و دستورالعمل های مورد نیاز برای ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها

اولین الزامات شناخته شده برای ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها توسط ویتروویوس (Vitruvius) در کتاب "ده کتاب در در مورد مهندسی" در سال 1960 میلادی نوشته شده است. در کتاب ششمش توصیه می شود که روشنایی روز را به صورت زیر آزمایش نمایید: " از نقطه ای که برای روشن شدن تعیین شده است، یک خط مستقیم به قسمت بالای دیوار سایه انداز منتقل می‌شود. اگر در یک نگاه در بخشی از این خط مستقیم، یک بخشی از آسمان دیده می‌شود، روشنایی روز در این مکان مختل نخواهد شد" شکل (2.56).



شکل 2.56 مقررات ارز یابی روشنایی روز در زمان امپراتوری روم (نظر به Vitruvius)

از قرون اوسط در انگلستان، دسترسی به نور منحیث یک حق مسلم تبدیل شده است (https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Rights_to_light). این حقی است که بر اساس قانون نافذه از سال 1832 به دست آمده است. از منظر قانونی، نور طبیعی کالا می‌باشد که می‌تواند به شکل خریداری، فروش و یا حتی انتقال بین طرفین باشد. حقوق می‌تواند ثبت شود، با انجام اعمال ادا گردد و یا به سادگی به دست بیاید مثلاً از طریق کلکین حداقل 20 سال از روشنایی استفاده می‌نماید. قوانین کلی زیر در عمل استفاده شده است:

- کاهش نور موجب می‌شود که قیمت املاک از آنچه که قبلاً برایش مد نظر گرفته شده بود کاهش یابد.
- مقدار "مناسب" نور ممکن است در وابستگی به ساختمان، استفاده و حتی نظر به منطقه تغیر نماید.
- مقدار نوری را که به اندازه کافی در نظر گرفته شده است، در طول زمان امکان دارد که افزایش یابد، زیرا ستندردهای زندگی و انتظارات افزایش می‌یابد.

به عنوان یک معیار، قانون محدود کردن ارتفاع موانع سایه دهنده به زاویه45° مورد پذیرش قرار گرفت. در یک مرور کلی از برخی استندردها و مقررات مربوط به طراحی و ارزیابی روشنایی روز، می‌توان به جدول (2.23) رجوع نمود.

کشور	نمبر	تشریحات
آسترلیا	AS 1680.1-2006	Interior lighting - General principles and recommendations
برازیل	NBR15215-1	Daylighting - Part 1: Basic concepts and definitions
کانادا	PWGSC 1989	PWC Daylighting manual, Ottawa, 1989
چین	GB 50033-2013	Standard for lighting design of buildings 建筑采光设计标准
جمهوری چک	ČSN 73 0580-1	Daylighting in buildings. Part 1:Basic recommendations
	ČSN 73 0580-2	Daylighting in buildings. Part 2:Daylighting in residential buildings
	ČSN 73 0580-3	Daylighting in buildings. Part 3:Daylighting in residential schools
	ČSN 73 0580-4	Daylighting in buildings. Part 4: Daylighting in industrial buildings
استونیا	EVS 894: 2008	Loomulik valgustus elu-ja bürooruumides Daylight in dwellings & offices
هالند	NEN 2057	Daglichtopeningen van gebouwen Daylight openings of building
ناروی	Decree no. 77, 14 June 1985	Technical regulations for the Planning and Building. Updated by the regulation No. 1069, 29th August 2001
اتحادیه اروپا	EN 17037	Daylight of building
آلمان	DIN 5034-1 DIN 5034-2 DIN 5034-3 DIN 5034-4	Tageslicht in Innenräumen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen Daylighting in interiors - Part 1: General requirements Tageslicht in Innenräumen; Grundlagen Daylight in interiors; principles Tageslicht in Innenräumen - Teil 3: Berechnung Daylighting in interiors - Part 1: Calculation Tageslicht in Innenräumen - Teil 4: Vereinfachte Bestimmung von Mindestfenstergrößen für Wohnräume

Daylight in interiors - Part 4: Simplified method of determining window sizes in dwellings Tageslicht in Innenräumen - Teil 5: Messung Daylight in interiors - Part 5: Measurement Tageslicht in Innenräumen - Teil 6: Vereinfachte Bestimmung zweckmäßiger Abmessungen von Oberlichtöffnungen in Dachflächen Daylight in interiors - Part 6: Simplified determination of suitable dimensions for rooflights	DIN 5034-5 DIN 5034-6	
Indoor Lighting Standard	JIES-008-1999	جاپان
w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie technical conditions, which should be met by buildings and their location	Warunki techniczne Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 17 lipca 2015 r. (Dz. U. Poz. 1422)	پولند
Естественное освещение жилых и общественных зданий Daylighting of residential and public buildings	СП52.13330.2016 SP52.13330.2016	روسیه
Daylighting in buildings Part 1: General requirements	STN 73 0580-1	سلواکیا
Daylighting in buildings Part 2: Daylighting of residential buildings	STN 73 0580-2	
Daylighting in buildings. Part 1. Basic requirements. Amendment 2	STN 73 0580-1/Z2	
On details of lighting requirements for work places	Vyhláška č. 541/2007 Z.z.MZSR	
Byggnadsutformning – Dagsljus – Förenklad metod för kontroll av erforderlig fönsterglasarea Building design - Daylight - Simplified method for checking the required window glass area	SS 91 42 01	سویدن
Lighting for buildings: Code of practice for daylighting	BS 8206: Part 2	بریتانیا
Daylight in buildings	EN 17037	اتحادیه اروپا

جدول 2.23 انتخاب ستندردها و مقررات حاوی الزامات و توصیه ها برای ارزیابی روشنایی روز

2.12 الزامات ستندردی برای ارزیابی روشنایی روز در سلواکیا

روشنایی روز در گذشته در ساخت ساختمان های مذهبی، عمومی و مسکونی نقش مهمی ایفا کرده است (Vitruvius). در حال حاضر، روشنایی روز براساس شرایط مندرج در مقررات و ستندرد ها، ارزیابی و طراحی می‌شود. در سلواکیا ستندرد STN 73 0580-1 اعمال می‌شود که بر اساس آن روشنایی روز در نظر گرفته می شود:

A. سطح شدت روشنایی روز بیان شده توسط ضریب شدت روشنایی روز D.

B. یکنواختی روشنایی.

C. توزیع جریان نور و جهت غالب روشنایی.

D. ظهور پدیده های ناراحت کننده آسایش بینایی، به ویژه خیره کننده.

نظر به نقطه A، نیاز دارد که قیمت های مورد نیاز ضریب شدت روشنایی روز D در محلات با الزامات خاص برای فعالیت بصری اعمال گردد، جدول (2.24). برای روشنایی جانبی نیاز است که در سطح مرجع حداقل قیمت ضریبشدت روشنایی روز D اعمال شود و در روشنایی از بالا، قیمت متوسط ضریب شدت روشنایی روز $\overline{D}$ اعمال شود، جدول (2.25). دشواری کار

بینایی نیز می‌تواند با فاصله ای از مشاهدات نسبی مشخص شود که توسط نسبت فاصله جزئیات مشاهدات l بر اندازه جزئیات مشاهدات a تعریف می‌شود، به طوری که نسبت l/a سپس اعمال می‌شود.

شدت روشنایی روز در یک شبکه از نقاط در یک سطح مرجع که معمولا در ارتفاع 0,85 m از سطح کف قرار دارد و در محیط 1 m از دیوار های جانبی محدود می‌شود، ارزیابی می‌شود. فضاهای کاری باید بدون پدیده ای که باعث اخلال آسایش بصری می‌شود طراحی شوند. برای جلوگیری از خیره کننده بینایی، درخشنده گی کلکین باید کمتر از 4 000 cd/m^2 در ساحهء دید مشاهده کننده 60° باشد و تناسب درخشنده گی نسبت جزئیات مشاهده شده به درخشنده گی آسمان باید کمتر از 1:200 باشد.

رده بندی فعالیت بصری	فضای داخلی و نمونه هایی از فعالیت های بینایی
I	دقیق ترین فعالیت بصری با امکانات محدود استفاده بزرگ شدن، با الزامات برای حذف خطا های وضوح، دقیق ترین بررسی
II	فعالیت های بسیار دقیق در هنگام تولید و کنترول، علامت گذاری بسیار دقیق، حکاکی با دست با جزئیات بسیار کوچک، کار هنری خوب
III	تولید دقیق و بازرسی، رسم نمودن، طراحی تخنیکی، کار های لابراتواری دشوار، تحقیقات دشوار، دوخت خوب، گلدوزی
IV	تولید دقیق و بازرسی، خواندن، نوشتن (با دست و با ماشین تایپ)، کار های لابراتواری روزمره، تحقیقات، پرستاری، عملیات ماشین، دوخت ضخیم، بافندگی، اتو کردن، تهیه غذا صنف درسی، اتاق مطالعه، اتاق خواندن، اتاق معلمان، آشپزخانه، دفتر داکتر، دفتر، اتاق جلسه، اتاق کنفرانس...
V	کار ثقیلتر، کار دست با اشیاء و مواد، خوردن غذا و سرویس، فعالیت های استراحت کننده، تربیت بدنی، انتظار. طعام خانه، سالون، جمنازیوم، کلپ، ورزشگاه، حوض آببازی، محیط برای جمع شدن، اتاق انتظار...
VI	نگه داشتن نظافت، شاور گرفتن و شستن، تغییر لباس، راه رفتن در دهلیز های که در دسترس عموم قرار دارند، اتاق پانسمان، توالت، راهرو
VII	پیاده روی، حمل و نقل مواد، ذخیره سازی مواد خام، نظارت

جدول 2.24 طبقه بندی فعالیت بصری مطابق با STN 73 0580-1

رده بندی فعالیت بصری	ویژگی های فعالیت بینایی	فاصله مشاهده نسبی در mm	قیمت ضریب شدت روشنایی روز در %	
			حد اقل D_{min}*	حد اوسط $\overline{D}$**
I	فوق العاده دقیق	3330 <	3,50	10
II	بسیار دقیق	1670 - 3330	2,50	7
III	دقیق	1000 - 1670	2,00	6
IV	دقیق اوسط	500 - 1000	1,50	5
V	ضخیم تر	100 - 500	1,00	3
VI	بسیار ضخیم	< 100	0,50	2
VII	جهت بندی کلی	-	0,25	1
نوت: *قیمت های D_{min} مربوط به مجموعی فضای داخلی یا به بخش کار آمد محدود شده آن می‌باشد ** قیمت ها مربوطه به محیط داخلی با روشنایی بالایی یا ترکیبی می‌باشد				

جدول 2.25 مقادیر مورد نیاز ضریب شدت روشنایی روز STN 73 0580-1

الزامات روشنایی مصنوعی، روزمره و همراه در مناطق کاری، عموماً در دستورالعمل های وزارت های صحت عامه کشور قرار می‌گیرند.

شدت روشنایی روز در اطاق های نشیمن که مساحت آن بیش از $8m^2$ و در آشپزخانه ای که مساحت آن بیش از $12m^2$ هستند مورد نیاز می‌باشد. شدت روشنایی روز در دو نقطه *P1* و*P2* به اندازه 1 m دورتر از دیوارهای جانبی و در اوسط عمق اطاق، ارزیابی می‌شود. اگر اطاق عمیق تر از 6 m باشد، سپس نقاط مورد ارزیابی حداکثر 3 m از کلکین فاصله می‌گیرد. در این نقاط تعیین شده *P1* و *P2*، قیمت اوسط ضریب شدت روشنایی روز *D* باید بیشتر از % 0,9 باشد و حداقل قیمت *D* باید بیشتر از 0,75% باشد.

$$(D_1 + D_2) / 2 > 0{,}9 \qquad (\%) \qquad (2.85)$$

2.13 ارزیابی اثرات سایه انداز

کیفیت روشنایی روز در محیط داخلی اطاق بر علاوه اساسات معیارهای ذکره شده در فوق، به شدت تحت تأثیر سایه انداختن اندازه دهانه های روشنایی دهنده و موانع بیرونی قرار دارد. درجه این سایه اندازی با استفاده از زاویه معادل (خارجی) تعیین شده است، که بطور مثال در کشور سلواکیا توسط استندرد STN 73 0580-1 به عنوان زاویه ای که از سطح افقی در جهت نرمال قرار گرفته، عموما از مرکز دهانه روشنایی دهنده (یا از نقطه کنترول در سطح عمودی) بر روی سطح بیرونی عناصر بیرونی در ارتفاع حداقل 2,0 m بالاتر از سطح زمین در مجاورت به ساختمان مورد نظر تعریف شده است. زاویه معادل سایه افگنی، یک سایه افگنی بی نهایت طویل موانع موازی با سطح عناصر احاطوی مورد ارزیابی می‌باشد. این مانع طویل تحت شرایط آسمان ابری یکنواخت با توزیع درخشنده گی شناخته شده، باعث کاهش مشابه شدت روشنایی آسمان همانوریکه موانع سایه دهنده و یا طراحی شده عمل می نمایند می‌شوند.

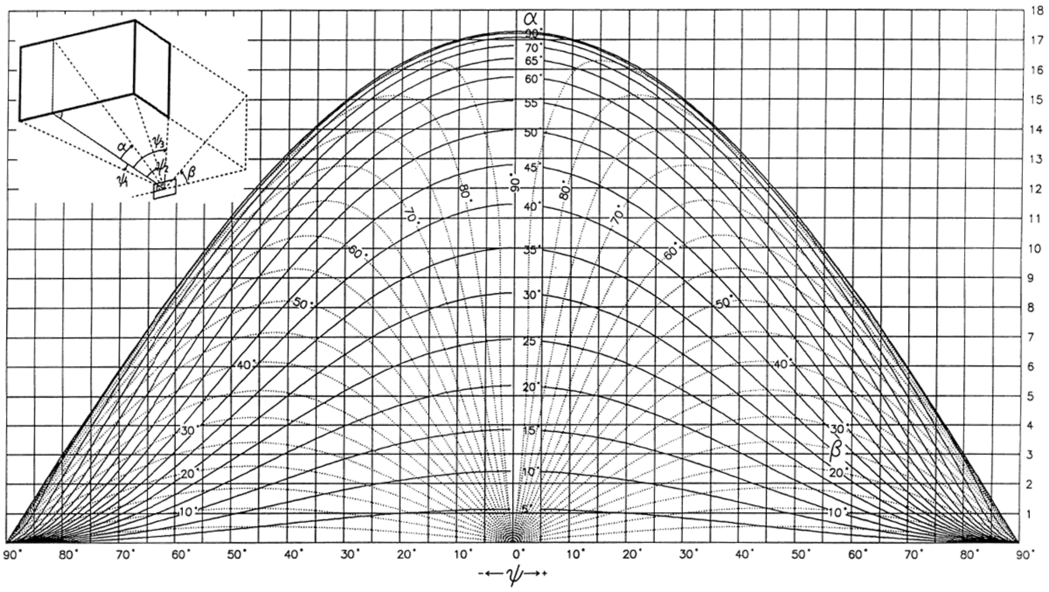
در هنگام طراحی روشنایی روز در ساختمان ها، علاوه بر وضعیت کنونی، لازم است که امکان ساخت و ساز ساختمان های جدید یا تغیر ساختمان های اطراف را نظر به زاویه معادل سایه انداز نیز مورد توجه قرار دهیم. مثلاً تجربه در کشور سلواکیا نشان داده است که روش برای ارزیابی تأثیر ساختمان های اطراف بر روشنایی روز در یک اطاق، امکان انتخاب نمودن موثر محیط داخلی روشن شده مناسب برای انسان را فراهم می‌آورد. زاویه معادل سایه افگنی فضاهای داخلی که خواسته های بالا برای روشنایی روز دارند، مانند اطاق های نشیمن کودکستان ها، صنف های درسی و غیره توصیه می‌شود که تا 20° حفظ شوند، اما نباید بیش از25° تجاوز نماید. در مورد سایر فضاهای داخلی با اقامه دایمی افراد، زاویه معادل سایه فگنی تا 25° توصیه می‌شود، اما بیش از30° تجاوز نماید.

استندرد امکان محدود نمودن زون ها را برای مناطق شهری که با تراکم بالا ساختمان ها روبرو اند مهیا می‌سازد (به ویژه در شهرهای بزرگ). در این موارد، نباید زاویه معادل سایه انداز از این حد بیشتر تجاوز نماید:

- 36° برای ساختمان های که در یک ردیف مستمر پهلوی هم در کنار سرک و در بخش مرکزی شهرهای بزرگ قرار دارند,
- 42° برای ساختمان های که در یک ردیف مستمر پهلوی هم در کنار سرک و در بخش بسیار محدود و مزدحم در مراکز تاریخی شهر ها قرار دارند,

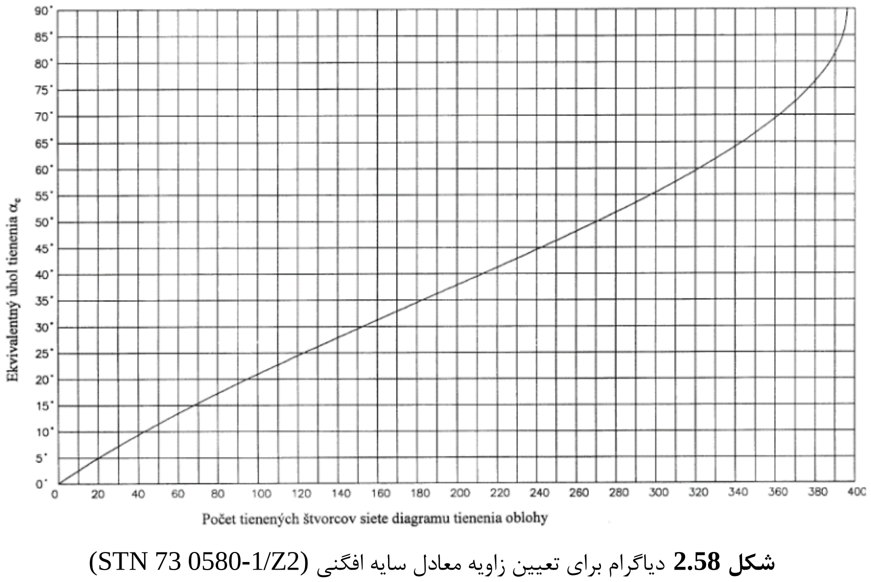
2.13.1 تعیین زاویه معادل سایه انداز

زاویه معادل سایه انداز آسمان در نقاط بازرسی نظر به دیاگرام درشکل (2.58) بر اساس عناصر مستطیلی سایه دار شبکه دیاگرام در شکل (2.57) (STN 73 0580-1/Z2) یا هم توسط n از سافت ویر تعیین شده محاسبه می‌گردد. دیاگرام سایه انداز آسمان با موانع، نشان دهنده مرتسم نیم از نیم کره آسمان در یک صفحه عمودی می‌باشد. خطوط مرزی مانع سایه افگن در زاویه های آزیموتال (نمای افقی) ψ از عمودی شیشه بندی از نقطه بازرسی رسم می‌شوند، در حالیکه ارتفاع ساختمان در زاویه ارتفاعی α در درجه بندی عمودی برای موانع موازی با شیشه بندی و یا هم در زاویه β برای موانع که عمود بر سطح شیشه بندی می‌باشد رسم می‌گردد.



شکل 2.57 دیاگرام برای تعیین سایه انداز آسمان توسط موانع نظر به استندرد سلواکیا (STN 73 0580-1/Z2)

پس از رسم نمودن خطوط مرزی موانع سایه انداز در دیگرام در شکل (2.57)، زاویه معادل سایه افگن از دیاگرام در شکل (2.58) براساس تعداد عناصر شبکه چهار ضلعی که تحت پوشش موانع قرار دارند تعیین می گردد.



شکل 2.58 دیاگرام برای تعیین زاویه معادل سایه افگنی (STN 73 0580-1/Z2)

2.14 بررسی قرار گرفتن تحت تابش آفتاب در ساختمان ها (Assessment of insolation in buildings)

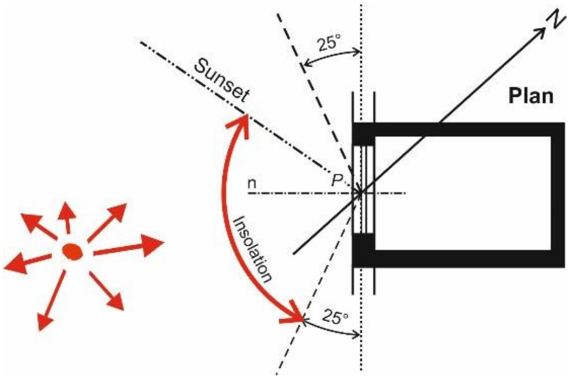
فراهم آوری قرار گرفتن تحت تابش آفتاب به حد کافی در منازل یکی از الزامات حفظ الصحه ای برای ایجاد یک محیط سالم در ساختمان ها می‌باشد که عموماً در کشور های پیش رفته با استفاده از مقررات قانونی مربوطه در فرامین وزارت های محیط زیست و فرامین وزارت های صحت عامه شان تعریف شده است. عموماً الزامات و معیارها برای تابش آفتاب در منازل در یک مقررات جداگانه آمده است. بطور مثال طبق دستور وزارت صحت عامه جمهوری سلواکیا، ساختمان ها باید طوری در قلمرو خود واقع شوند تا فراهم آوری قرار گرفتن تحت تابش آفتاب باید در:

- منازل،
- اطاق های نشیمن در پرورشگاه ها، در اقامت گاه های متقاعدین و امثال آن که برای اقامت طولانی مد نظر گرفته شده است،
- اطاق های که برای اقامت روزانه اطفال مد نظر گرفته شده است، حاصل شود.

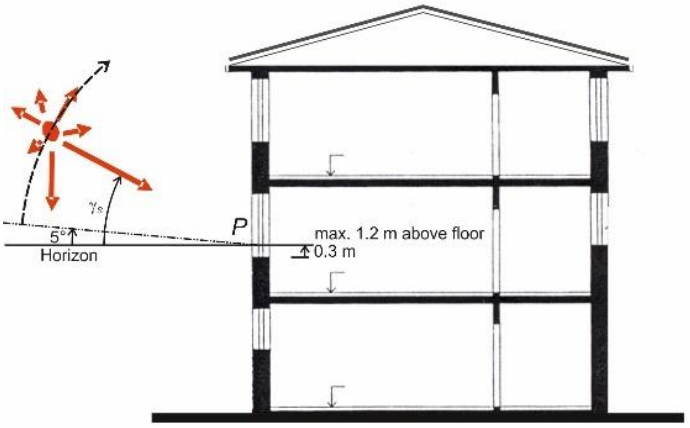
بطور مثال با توجه به استندرد کشور سلواکیا STN 73 4301، تمام منازل باید طوری طراحی شوند تا زمینه قرار گرفتن تحت تابش آفتاب در آن میسر شوند. در یک منزل قرار گرفتن تحت تابش آفتاب زمانی میسر می‌گردد که مجموع مساحت های کف اطاق های قابل نشیمن که تحت تابش آفتاب قرار می گیرند مساوی به حداقل 1/3 از مجموع مجموعی مساحت های کف اطاق های قابل نشیمن باشد. در مجموع از مساحت های اطاق های که تنها از یک طرف تحت تابش آفتاب قرار گرفته اند و همچنان در مجموع مجموعی تمام مساحت های قابل نشیمن منازل، بخش هایی از مساحت اطاق های نشیمن که فراتر از سرحد عمق اطاق، که برابر با 2,3 برابر ارتفاع اطاق می‌باشد قرار دارند، در این هدف گنجانیده نشده است.

اتاق نشیمن زمانی تحت تابش آفتاب قرار دارد که اگر:

- زاویه نمای فوقانی (top view) اشعه خورشید با سطح داخلی شیشه بندی دهانه روشنایی حداقل$25°$ می‌باشد، شکل (2.59) یا هم زاویه محدود شده توسط اشعه خورشید و عمود بر سطح بغیر از شیشه بندی عمودی کمتر از$70°$ می‌باشد،
- شعاع مستقیم خورشید از طریق یک دهانه روشنایی یا دهانه که مساحت مجموعی آن حداقل 1/10 مساحت اطاق می‌باشد وارد اطاق می‌گردد. کوچکترین اندازه ابعاد دهانه روشنایی باید حداقل 900 mm باشد و از دهانه های روشنایی که در سقف مایل قرار دارند، حداقل آن 750 mm باشد،
- شعاع مستقیم خورشید در نقطه ی مرجع در سطح شیشه بندی داخلی در ارتفاع 300 mm بالای مرکز لبه ی پایین دهانه روشنایی قرار می‌گیرد، اما حداقل 1200 mm از سطح کف اطاق قرار می‌گیرد، شکل (2.60)،
- زمان قرار گرفتن تحت تابش آفتاب (در هنگام نادیده گرفتن ابری بودن) از1 مارچ الی13 اکتوبر حداقل 1,5 ساعت در روز در ارتفاع خورشید بالای افق بیش از$5°$ می‌باشد. در منازلی که دارای دو یا بیشتر اطاق نشیمن هستند، حداقل یک اطاق نشیمن آن باید 3 ساعت تحت تابش آفتاب قرار بگیرد.
- در بخش های تاریخی شهرها، در موارد موجه، زمان قرار گرفتن تحت تابش آفتاب باید حداقل1 ساعت باشد.
- برای ارزیابی زمان تابش آفتاب در ساختمان های که برای مسکن مثلاً در سلواکیا در نظر گرفته شده است، یک عرض البلد واحد $49°$ برای مجموعی قلمرو این کشور استفاده می‌شود.



شکل 2.59 قواعد قرار گرفتن تحت تابش آفتاب (insolation) نظر به استندرد STN 73 4301 سلواکیا، نمای فوق



شکل 2.60 قواعد قرار گرفتن تحت تابش آفتاب (insolation) نظر به استندرد STN 73 4301 سلواکیا، نمای ، نمای قطع

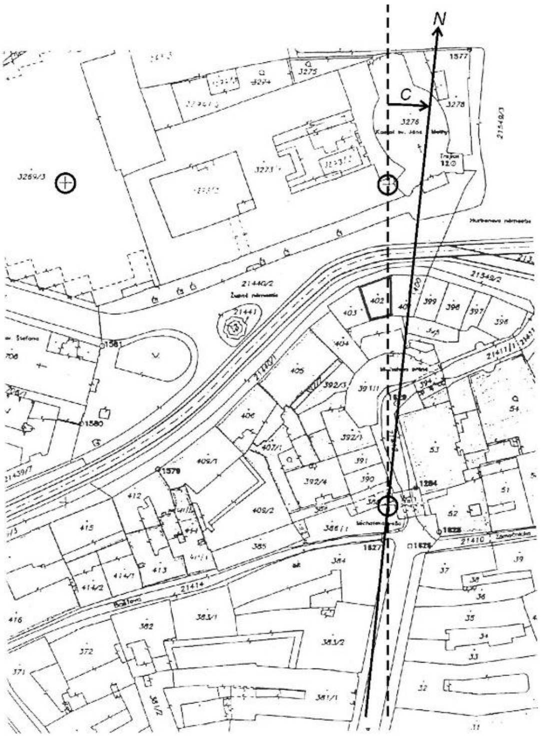
زمان قرار گرفتن تحت تابش آفتاب، در یک زمان آفتابی ارزیابی می‌گردد. اگر جهت بندی در طرف های کاردینال های نقشه گرفته شود که در سیستم مختصات شبکه سه بعدی مثلثاتی واحد کاداستر (S-JTSK) پروسس شده است، برای تعیین جهت شمال، به کار بردن تقارب نصف النهار C (meridian convergence) باید اعمال شود. تقارب نصف النهار C، انحراف مجموعی خطوط عمودی شبکه کارتوگرافی از خط نصف النهار (شمال- جنوب) می‌باشد. اگر در دیتا های(ارقام) نقشه، تقارب نصف النهار نشان داده نشده است، استفاده از فورمول تقریبی برای محاسبه زمان تابش آفتاب کافی می‌باشد:

$$C = 18{,}626 - 0{,}75 \cdot \lambda_Z \qquad (°) \qquad (2.86)$$

از آنجاییکه:

λ_Z - طول البلد محل مورد ارزیابی در شرق محل صفر خط نصف النهار(گرینویچ) با واحد اندازه گیری درجه (°) می باشد.

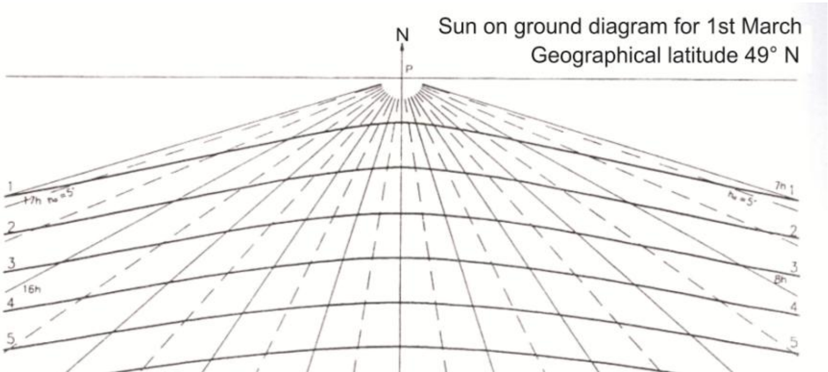
زاویه تشخیص داده شده یا محاسبه شده C در جهت گردش عقربه ساعت از خطوط مختصات عمودی شبکه کارتوگرافی دیتا های نقشه ترسیم می‌گردد، با این عمل، جهت شمالی تعیین می‌گردد. شکل (2.61).



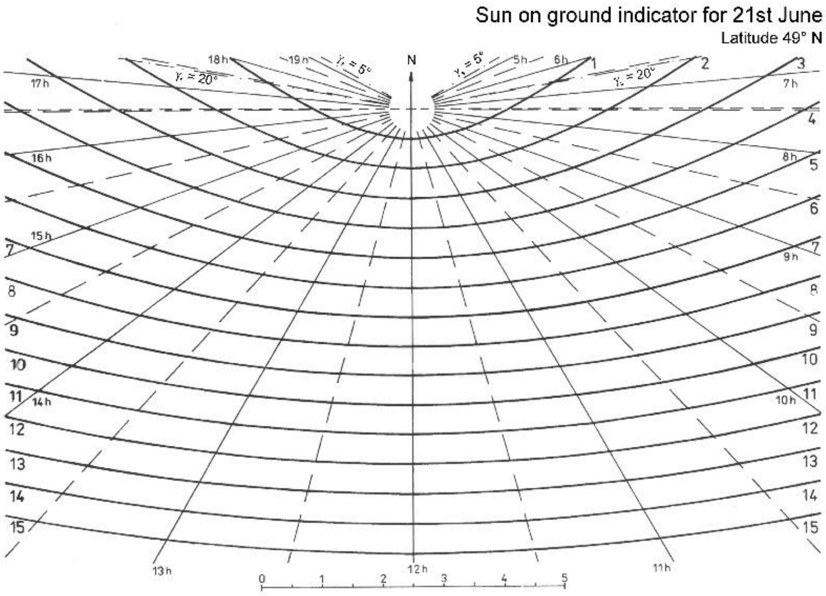
شکل 2.61 تعیین جهت در شمال

2.14.1 تعیین زمان تابش آفتاب با استفاده از دیاگرام های سایه انداز

تعیین زمان تابش آفتاب با استفاده از دیاگرام های سایه انداز، یک روش ساده برای ارزیابی قرار گرفتن تحت تابش آفتاب ساختمان های که برای بودوباش افراد مد نظر گرفته شده است می‌باشد. دیاگرام ها را می‌توان برای هر مکان دلخواه ایجاد کرد. معایب استفاده از آنها، مدار اعتبار داشتن آنها فقط برای یک عرض البلد خاص و یک روز خاص می باشد. بطور مثال در کشور سلواکیا، دیاگرام ها برای عرض البلد شمالی°49 برای تاریخ های بحرانی1 مارچ (همچنین برای 13 اکتوبر) و21 جون به کار مورد استفاده قرار می‌گیرد، تصاویر (2.62 و 2.63).



شکل 2.62 دیاگرام سایه انداز برای 1 مارچ و 13 اکتوبر نظر به استندرد (STN 73 4301)



شکل 2.63 دیاگرام سایه انداز برای 21 جون نظر به استندرد (STN 73 4301)

به کمک دیاگرام سایه انداز ها، می‌توان زمان تابش آفتاب ساختمان را بر روی نقشه های موقعیتی ارائه شده ساختمان (situational drawing) در مقیاس های مختلف ارزیابی نمود. در هنگام ارزیابی قرار گرفتن تحت تابش آفتاب، نخست تفاوت ارتفاع در بین نقطه مورد برسی P و خطوط مرزی موانع سایه انداز تعیین می‌شود. قیمت های ارزیابی شده اختلاف ارتفاع در مقیاس های مربوطه نقشه ها، در قسمت پایین درجه بندی دیاگرام نشان داده می‌شود. از درجه بندی دیاگرام، شماره منحنی در دیاگرام سایه انداز در مکان مشخص شده تعیین می شود. اگر این عدد مکمل نمی‌باشد، لازم است که قیمت آن از طریقه interpolation دریافت شود. مهم است که دیاگرام را در نقطه مورد بررسی قرار دهیم و آن را به طرف شمال بچرخانیم. در هنگام ارزیابی تابش آفتاب، نظارت می‌شود که آیا نقطه مرجع توسط موانع اطراف تحت سایه اندازی قرار گرفته است یا خیر. در مدت زمان مجموعی تابش آفتاب، زمان های در آن مدغم و با هم جمع می‌شود که به نقطه مرجع اشعه آفتاب می‌تابد و نه سایه از موانع اطراف. تعیین تابش آفتاب در اطاق های که برای اطفال کودکستان مد نظر گرفته شده است، به همان شیوه ای است که برای تعیین تابش آفتاب اطاق های نشیمن منازل صورت می‌گیرد، در حالی که زمان مورد نیاز تابش آفتاب، از ساعت 10 صبح تا 3 بعد از ظهر فراهم می‌گردد. تحت سایه قرار گرفتن از ساختمان های جدید در مناطق اطراف، نباید مقدار تابش آفتاب مساحت نمای بیرونی کودکستان را که برای اقامه کودکان در نظر گرفته شده است، کاهش دهد. این کاهش نباید کمتر از 50% از مساحت مجموعی آن باشد. علاوه بر روش گرافیکی برای ارزیابی تابش آفتاب، پروگرام های محاسبه ای هم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، برخی از آنها در جدول (2.26) نشان داده شده است.

نام	پارامتر های خروجی	مرجع (ریفرینس)
INS	مدت زمان تابش آفتابs	Hraška a Štujber. SvF STU Bratislava
SunLiS	مدت زمان تابش آفتابs	http://www.astra-zlin.cz
Chronolux	شروع و ختم تحت روشنایی قرار گرفتن از فروغ آفتاب، مدت زمان تابش آفتابs	http://sketchupplugins.com/plugins/chronolux/ https://www.youtube.com/watch?v=GE6Zc5jqhbc

جدول 2.26 پروگرام های محاسبه ای برای ارزیابی تابش آفتاب، s

2.15 نظریه اروپایی ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها

2.15.1 دسترسی شدت روشنایی روز، جریان های $E_{v,g}$ و $E_{v,d}$

اندازه گیری شدت روشنایی روز بیرونی در محلات مختلف نشان می‌دهد که ارتفاع خورشید، جهت بندی کلکین ها، موجودیت ابر ها در آسمان، ضخامت آن و توزیع آنها و نیز آلودگی هوا، تاثیر قابل ملاحظهء بر مقدار نفوذ نور به داخل ساختمان ها دارد. در شکل (2.19- 2.22). ناهنجاری های قابل توجهی را در سطوح شدت روشنایی کلی و وقوع متغیر آنها، می‌توان مشاهده نمود. این یک امر خاص است برای هر موقعیت و باید در هنگام طراحی و ارزیابی روشنایی روز مورد توجه قرار گیرد.

2.15.2 ستندرد اروپایی برای روشنایی روز در ساختمان ها

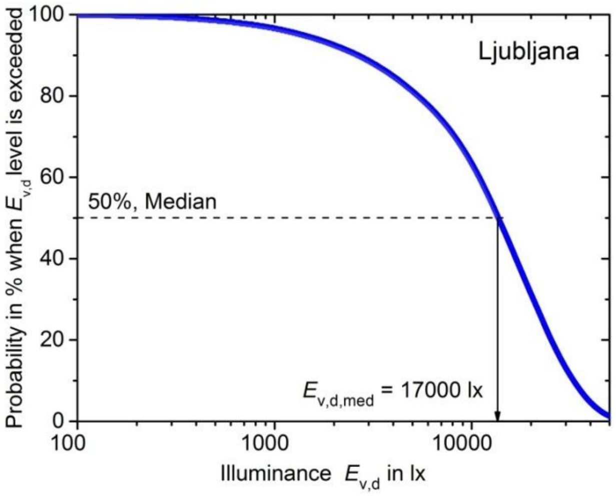
در عصر حاضر استفاده روزمره از روشنایی روز در ساختمان ها در طول سال از دیدگاه های مختلف و به روش های مختلف مورد حل و بررسی قرار می‌گیرد. در بین دیدگاه های اساسی، صحی و حفظ الصحه ی، دسترسی به روشنایی روز و تابش خورشید، کاری: روشنایی روز کافی برای انجام کار بصری، انرژیکی: مدیریت انرژی با موثریت و روانشناسی: آسایش بینایی و ارتباط با طبیعت. اگر در هنگام حل مسایل انرژیکی اغلب از صدور گواهینامه استفاده می‌شود، در دیگر موارد چنین راه حل هایی سراغ می‌شود که فراهم کننده اطمینان از عملکرد کاری سالم و ایمنی و اقامت افراد در ساختمان ها باشد. این عزم با استندرد اروپایی EN 17037 برای روشنایی روز در ساختمان ها به دست می‌آید. نظریه ستندرد مناطقی را پوشش می‌دهد که طیف گسترده ای از طراحی و ارزیابی روشنایی روز در ساختمان ها را پوشش می‌دهد. ستندرد شامل حداقل الزامات برای روشنایی، توصیه ها برای ارزیابی روشنایی روز، چشم انداز، قرار گرفتن تحت تابش آفتاب و تابش خیره کننده از منابع روشنایی روز می‌باشد. موضوع استندرد EN، روشنایی روز در محیط های که برای اقامه دایم افراد مدنظر گرفته شده است، می‌باشد.

این استندرد با حد متوسط (median) شدت روشنایی نفوذ پذیر $E_{v.d.med}$ و با حد متوسط شدت روشنایی کلی $E_{v.g.med}$ کار می‌نماید که اساسی است برای توسعه معیارهای ارزیابی روشنایی روز می‌باشند: ضریب هدفمند شدت روشنایی روز D_T و حداقل ضریب شدت روشنایی هدفمند روز D_{TM} که معیارهای اقلیمی هستند. رویکرد اقلیمی در ارزیابی شدت روشنایی روز، با خود اصطلاحات جدیدی را نیز به ارمغان آورده است:

حد متوسط شدت روشنایی نفوذ پذیر (Median diffuse illuminance)

شدت روشنایی از نور آسمان بر روی سطح افقی روی زمین می‌باشد که برای مدت نیمی ساعت های روز در سال بدست آمده است (2190 ساعت است، که نشان دهنده شدت روشنایی می‌باشد که بالاتر از حد متوسط محاسبه شده از مجموعی اطلاعات های سالانه به دست آمده در طول ساعت های روزانه $24/2 \times 365 = 24380$ است). از اندازه گیری های منظم شدت روشنایی نفوذ پذیر، قیمت E_{med} برای کشورهای عضو (European Committee for Standardization-CEN) در ستندرد تنظیم شده است. بطور مثال برای شهر براتیسلاوا پایتخت کشور سلواکیا $E_{v.d.med} = 16300$ lx و برای شهر نیکوزیا

در قبرس با عرض البلد φ = 34,88° که با شهر کابل قابل مقایسه می‌باشد $E_{v.d.med}$ = 18100 lx و برای لیوبلیانا پایتخت کشور سلوانیا $E_{v.d.med}$ = 17000 lx قابل اعتبار می‌باشد، شکل (2.64).



شکل 2.64 تعیین قیمت های $E_{v,d,med}$، یک نمونه برای شهر لیوبلیانا

در دسترس بودن روشنایی روز

وقوع سالانه میزان سطح شدت روشنایی روز که از حد می‌گذرد در فیصدی بیان می‌شود.

ضریب هدفمند شدت روشنایی روز D_T

چنین قیمت برای ضریب شدت روشنایی روز می‌باشد که باید در یک قسمتی از سطح مرجع به دست آید و بتواند معیار های لازم برای فراهم آوری روشنایی روز را در محیط مربوطه فراهم نماید. در قسمت مرکزی سطح مرجع، سطح روشنایی روز می 300 lx باشد.

حد اقل ضریب هدفمند شدت روشنایی روز D_{TM}

این مقدار حداقل مجاز ضریب شدت روشنایی روز در سطح مرجع می‌باشد تا بتواند معیار روشنایی روز را در سطح مرجع که در سطح 100 lx می‌باشد فراهم گردد.

تابش آفتاب

تابش آفتاب، بیانگر تعداد ساعت ها در روز های مرجع انتخاب شده در مدت زمانی ازاول فبروری الی 21 مارچ می‌باشد، این زمانی است که در طی آن آفتاب حداقل5° بالاتر از افق آسمان بدون ابری قرار دارد و می‌تواند توسط ساختمان های دیگر، موانع ثابت و غیره تحت سایه قرار گیرد.

2.15.3 الزامات مورد نیاز برای شدت روشنایی روز نظر به طرح استندرد CEN

تحقق ضریب هدفمند شدت روشنایی روز D_T در نیم مساحت محل کار در طول یک نیمه سال تجویز می شود (EN 17037)، برای محیط های روشن شده جانبی توسط رابطه ذیل:

$$D_T = 100 \cdot \frac{E_i}{E_{v,d,med}} = 100 \cdot \frac{300}{E_{v,d,med}} \quad (\%) \quad (2.87)$$

و برای محیط های روشن شده توسط روشنی انداز های که متشکلاز مواد قابل نفوذ که نور را منتشر کرده می توانند می‌باشند

$$D_T = 100 \cdot \frac{E_i}{E_{v,g,med}} = 100 \cdot \frac{300}{E_{v,g,med}} \quad (\%) \quad (2.88)$$

سپس برای شدت روشنایی کافی در سطح کاری 300 lx و در یک محل بطور مثال در براتیسلاوا، زمانی که E_{med} = 16300 lx باشد، D_T = 1,84% خواهد بود. مهم است که توجه داشته باشیم که ضریب هدفمند شدت روشنایی روز D_T نمی‌تواند با ضریب شدت روشنایی روز D کلاسیک مقایسه و یا تبدیل شود.

(CIE S 017/E:2011:17-279 Daylight Factor)

قیمت D_T موجب فراهم آوردن شدت روشنایی روز در نیمی از سطح مرجع در یک نیمه سال می‌شود. تعریف آن بر اساس در دسترس بودن شدت روشنایی روز در هنگام تمام شرایط که در یک مکان مشخص در طول سال وقوع می‌یابد، می باشد. ضریب کلاسیک شدت روشنایی روز D نشان دهنده سطوح شدت روشنایی در آسمان ابری می‌باشد، این نامساعدترین شرایط روشنایی روز می‌باشد.

قیمت حداقل ضریب شدت روشنایی روز D_{TM} برای یک محل خاص توسط $E_{\mathrm{v,d,med}}$، برای محیط های روشن شده جانبی و یا $E_{\mathrm{v,g,med}}$، برای محیط های روشن شده بالایی و قیمت های حداقل سطح مجاز شدت روشنایی روز در یک مساحت کاری $E_{\mathrm{v,min}}$ = 100 lx به شرح زیر تعیین می‌شود:

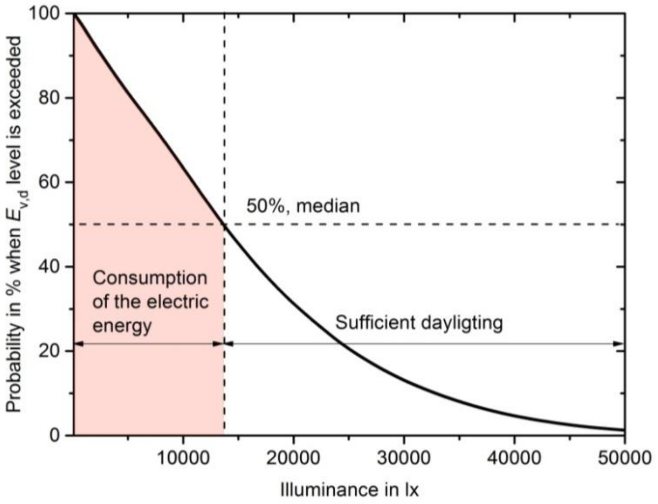
$$D_{TM} = 100 \cdot \frac{E_{i,\min}}{E_{v,d,med}} = 100 \cdot \frac{100}{E_{v,d,med}} \quad (\%) \quad (2.89)$$

یا هم

$$D_{TM} = 100 \cdot \frac{E_i}{E_{v,g,med}} = 100 \cdot \frac{100}{E_{v,g,med}} \quad (\%) \quad (2.90)$$

به طور مثال برای محل مانند براتیسلاوا با حداقل شدت روشنایی داخلی 100 lx و شدت روشنایی نفوذ پذیر بیرونی $E_{\mathrm{v,d,med}}$ = 16300 lx ، D_{TM} = 0,6% خواهد بود.

تحقق ارزیابی قیمت شدت روشنایی روز نظر به $E_{v,d,\mathrm{med}}$ یا $E_{\mathrm{v,g,med}}$، باعث می‌شود تا بیلانس نمودن واقع بینانه تر بخاطر مصرف برق برای روشن ساختون محیط های که از روشنایی روز در یک نیمه سال استفاده می نمایند صورت گیرد، شکل (2.65).

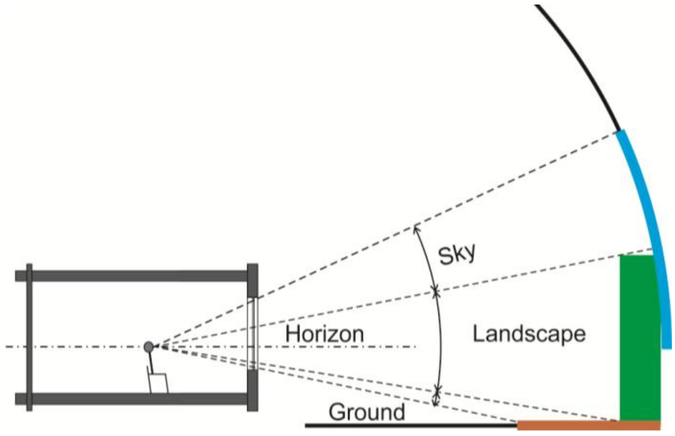


شکل 2.65 تأثیر معیار میدین (median) شدت روشنایی بر مصرف برق برای روشنایی

انواع مختلفی از ساختمان ها و محیط های داخلی وجود دارد که در آن از روشنایی روز بیش از یک نیمه از سال استفاده می‌شود، برای مثال مکاتب، شفاخانه ها، ساختمان های اداری، ساختمان های مسکونی، کودکستان ها، پرورش گاه ها. در این محیط ها، ابعاد دهانه های کلکین، روشنا انداز یا نورگیر را باید به صورت جداگانه در کنارشرایط لازم برای اطمینان از عملکرد کلی آنها طراحی نمود.

2.15.4 الزامات برای چشم انداز (Requirements for view out)

چشم انداز از داخل ساختمان، اطلاعات برای کاربران ساختمان را در مورد تغییرات در صحنه های بیرونی در مدت زمان روز و جهت یابی (orientation) در فضایی داخلی ساختمان را فراهم می‌نماید. استندرد EN 17037 سه نوع چشم انداز را از هم متمایز می‌سازد: چشم انداز به آسمان، به محیط اطراف و به سطح زمین اطراف، شکل (2.66). مهمترین آن چشم اندازبه آسمان می‌باشد، جایی است که چشم در مسیر بی نهایت آرامش خود را در می‌یابد و رنگ آسمان اجزای مختلف بدن انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهد.



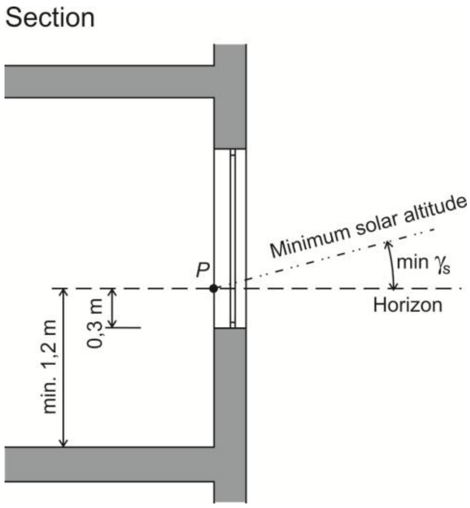
شکل 2.66 اجزای چشم انداز نظر به استندرد EN 17037

ستندرد حداقل عرض کلکین، روشنا انداز یا نورگیر ، فاصله از طرف دیوار مقابل به طور مثال در صحن حویلی که از چهار طرف با ساختمان ها احاطه شده است (atrium) و موقعیت نقطه مرجع 1,2 m برای یک فرد نشسته و 1,7 m برای یک فرد ایستاده را نشان می‌دهد.

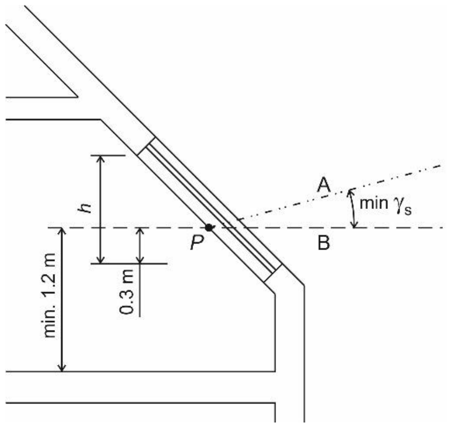
2.15.5 الزامات برای قرار گرفتن تحت تابش آفتاب

اطاق های کودکستان ها و اطاق های دارای تخت یا بستر در شفاخانه ها و همچنان یک اطاق نشیمن در یک آپارتمان و یا منزل رهایشی نیاز دارند تا حد اقل 1,5 ساعت تحت تابش آفتاب برای روز مرجع انتخاب شده از اول فبروری الی 21 مارچ قرار بگیرند. تابش آفتاب در نقطه مرجع بر روی سطح داخلی نمای ساختمان در مرکز دهانه کلکین در ارتفاع حداقل 1,2 m بالاتر از کف یا 0,3 m بالاتر از زیرطاقی کلکین ارزیابی می‌شود، شکل (2.67) و شکل (2.68). در ارزیابی تابش آفتاب، وارد شعاع آفتاب از ارتفاع خورشید γ_s که بلندتر از حد اقل آن $\gamma_{s,min}$ می باشد، شمارش می‌شوند:

$$\gamma_s \geq \gamma_{s,min} \qquad (2.91)$$

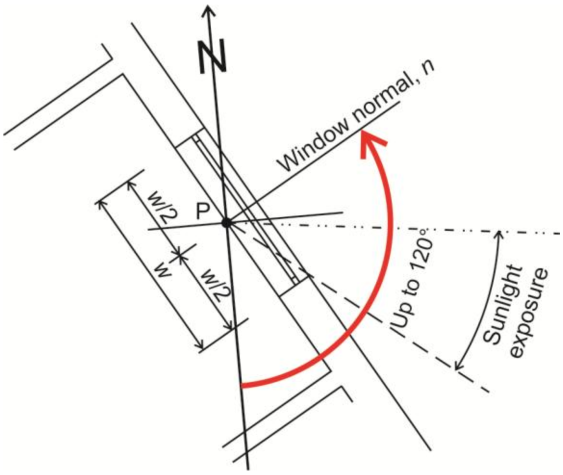


شکل 2.67 جابجایی نقطه مرجع در دهانه عمودی، نمای قطع



شکل 2.68 جابجایی نقطه مرجع در دهانه مایل، نمای قطع

نظریه ستندرد بر این اساس است که به مهندسین ساختمان امکان آنرا مساعد نماید تا جهت یابی انحراف کلکین تا °120 از جنوب تا شمال شرقی و همچنین به شمال غربی را دریابند، شکل (2.69). موانع سایه انداز اطراف، مانند ساختمان ها، باید در ارزیابی کلی تابش آفتاب مورد توجه قرار گیرد.



شکل 2.69 امکان جهت گیری (orientation) کلکین

2.15.6 الزامات برای تابش خیره کننده (Glare requirements)

تابش خیره کننده با مشخصه احتمال خیره کننده روشنایی روز (Daylight Glare Probability) *DGP* ارزیابی می-شود. *DGP* را می توان در محیط های روشن شده جانبی استفاده نمود که در آن کار های بصری(دیداری) مانند خواندن و نوشتن یا و یا کار با کامپیوتر انجام می‌شود. *DGP* می‌تواند در محیط های که دارای دهانه های روشنایی(کلکین، روشنی انداز، نورگیر) افقی اند استفاده شود و همچنین هنگامی که تابش خیره کننده یک شاخص خوب نمی‌باشد استفاده می شود، به طور مثال در فروشگاه ها، سالون های ورزشی، محیط های عمیق تاریک و یا در اطاق های که دارای کلکین بسیار کوچک اند و همچنان درحالات ایکه که محیط دارای سطح پایین روشنایی روز می‌باشد.

$$DGP = 5.87 \cdot 10^{-5} \cdot E_v + 9.18 \cdot 10^{-2} \cdot \log(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \cdot \omega_{s,i}}{E_v^{1.87} \cdot P_i^2}) + 0.16 \qquad (2.92)$$

از آنجاییکه:

E_v - شدت روشنایی عمودی در چشم با واحد اندازه گیری (lux)،

P - ایندیکس موقعیتی با واحد اندازه گیری (-)،

L_s - درخشنده گی منبع با واحد اندازه گیری (cd/m^2)،

ω_s - زاویه فضایی منبع درخشنده گی با واحد اندازه گیری (-)،

i - شماره منبع درخشنده گی می‌باشند.

2.16 اندازه گیری روشنایی روز

پارامترهای کمی و کیفی روشنایی روز می‌تواند با محاسبه / مدل سازی یا اندازه گیری مورد ارزیابی قرار گیرد. هر محاسبه شرایط واقعی روشنایی روز را با دقت متنوع در وابستگی به الگوریتم های استفاده شده شبیه سازی می‌نماید. اندازه گیری ها شامل روش های عینی ارزیابی بوده که برای تشخیص یا تایید شرایط شدت روشنایی روز در محیط بیرون یا داخل می‌باشند.

دو نوع اندازه گیری متفاوت وجود دارد: اندازه گیری لابراتواری پارامترهای مواد و اندازه گیری محیط روشن شده در یک مدل و یا هم در یک محیط اطاق واقعی. در لابراتوار ها معمولاً خواص آپتیکی مواد ساختمانی، سیستم های روشنایی روی یک دراز چوکی فوتومتریک (Photometric Bench) یا ضریبشدت روشنایی روز در مدل های تحت آسمان مصنوعی اندازه گیری صورت می‌گیرد.

برای اندازه گیری شدت روشنایی از calibrated illuminance meters با فیلترهای سازگار با منحنی موثریت نوری طیفی برای دید photopic $V(\lambda)$ استفاده صورت می‌گیرد. درخشنده گی با luminance meter در cd/m^2 اندازه گیری می‌شوند.

در اطاق های واقعی، اندازه گیری ضریبشدت روشنایی روز، توزیع شدت روشنایی روز در سطح مرجع و درخشنده گی در سطوح داخلی صورت می‌گیرد. در اندازه گیری های ویژه، سوابق طولانی مدت در دسترس بودن شدت روشنایی روز و توزیع درخشنده گی آسمان یا پارامترهای تاثیر گذار بر شرایط اقلیم نوری منطقه شامل می‌گردد. از آنجائیکه روشنایی روز به طور مداوم در طول روز تغییر می‌نماید، مهم است که اندازه گیری هایی را انجام دهیم که با فرضیه های ستندردی مطابقت داشته باشند. در هنگام اندازه گیری، شرایط روشنایی بیرونی و داخلی باید با دقت ضبط شود. هنگامی که شدت روشنایی در شرایط CIE ابری متوازن در آسمان مطالعه می‌شود، بعداً باید درجه بندی درخشنده گی آسمان توسط luminance meter تست شود، تا باشد که حد امکان نزدیک به فرضیه ای که نظر به (2.57) است مد نظر گرفته شود. این حالتی است که درخشنده گی آسمان باید با نسبت 1:3 از افق بر زنیت تغییر یابد. دیسک خورشید و کرونا خورشید در طول اندازه گیری نمی‌تواند در آسمان باشد.

در هنگام اندازه گیری ضریب شدت روشنایی روز، مهم است که سر لوکسمتر (illuminance meter) در موقعیت افقی نصب گردد. یک سر لوکسمتر باید در فضای باز قرار گیرد و در جایی که از موانع اطراف بالای آن سایه انداخته نشود و سر دوم بعدی آن در نقاط کنترول داخلی قرار می‌گیرد. در هنگام اندازه گیری، درخشنده گی آسمان باید بررسی شود تا جواب ده مدل CIEآسمان ابری به طور مساویانه باشد. شدت شدت روشنایی داخلی و خارجی باید دریک زمان واحد بخوانش گرفته شود. قیمت ضریب شدت روشنایی روز از اندازه گیری شدت روشنایی بر اساس (2.73) محاسبه می‌شود. از هر اندازه گیری پروتوکول های در مورد اندازه گیری و راپور پیشرفت اندازه گیری های جریان داشته، شرح ابزار، روش های مورد استفاده و نتایج اندازه گیری تهیه می‌شود.

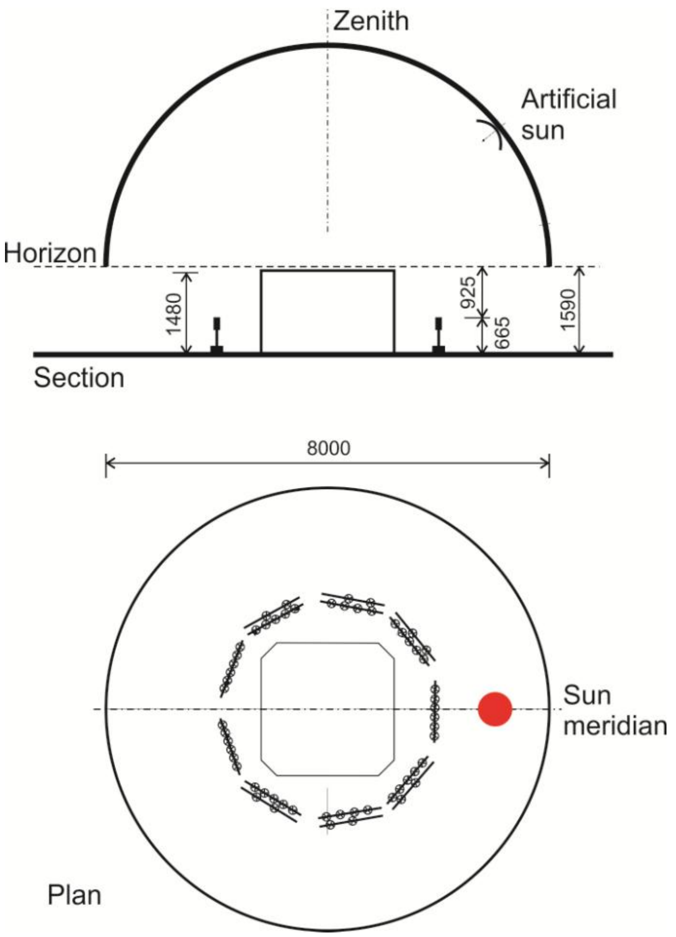
تفاوت های قابل توجهی در اندازه گیری شدت روشنایی روز در شرایط واقعی و لابراتواری وجود دارد. در مقایسه با اندازه گیری واقعی، اندازه گیری ها در لابراتوار ها می‌تواند در شرایط نوری پایدار و قابل تکرار انجام شود. ضریبشدت روشنایی روز را می‌توان در مدل های اطاق تحت آسمان مصنوعی با یک توزیع درخشنده گی آسمان استندرد کالیبره شده اندازه گیری کرد. انواع مختلفی از آسمان های مصنوعی وجود دارد: جعبه شکل، نیمکره ای یا نیمکره ای تقریبی. آسمان مصنوعی با مجموعه ای از چراغ ها مجهز شده که یا سطح داخلی گنبد آسمان را روشن می کنند یا با بازتابنده هایی که با شدت نور قابل اعیار

(reflectors with the light intensity) مجهز اند، مدل اطاق با سنسور ها را روشن می‌نماید. ترکیب طیفی از نور تولید شده توسط لامپ ها باید تا حد ممکن نزدیک به CIE نوع نور ستندردی D65 (روشنایی روز) باشد.

در موسسه ساخت و ساز و مهندسی آکادمی علوم سلواکیا در براتیسلاوا پایتخت سلواکیا، یک آسمان نیمکره ای با قطر 8 m با یک سیستم نورپردازی در کف کار می‌نماید. سطح داخلی این آسمان حداکثر با انعکاس طیفی غیر انتخابی نور منعکس شده نفوذ پذیر می‌باشد. در مرکز آسمان میز اندازه گیری قرار دارد، که در آن مدل اطاق با در نظر داشت مقیاس لازمه با سنسور ها و احتمال مانع های سایه انداز خارجی قرار می‌گیرد. آینه پارابولیک با نوار LED در مدار خورشید مصنوعی شبیه سازی اشعه های مستقیم خورشید و تاج خورشید را انجام می‌دهد. خورشید می‌تواند به ارتفاع مورد نظر در بالای افق تنظیم شود. اطلاعات بیشتر در مورد این آسمان مصنوعی را میتوان در مقاله Darula (1998), Kittler (1974) و در ویب سایت ذیل یافت نمود:

http://www.ustarch.sav.sk/ustarch/index.php?option=com_content&task=view&id=75&Itemid=27.

این شبیه ساز آسمان در سال های 2013 تا 2015 توسط مجموعه ای روشنایی انداز، بازسازی شد، شکل (2.70) و شکل (2.71) و همچنین در کتاب Darula و همکاران سال 2017 در ویب سایت:.http://artificialsky.sav.sk/en/



شکل 2.70 نمایی قطع و فوقانی از آسمان مصنوعی در موسسه ساخت و ساز و مهندسی آکادمی علوم سلواکیا در براتیسلاوا پایتخت سلواکیا

عکس 2.71 نمایی از مجموعه و یا سیستم روشنایی **LED**، آفتاب مصنوعی و میز اندازه گیری در آسمان مصنوعی موسسه ساخت و ساز و مهندسی آکادمی علوم سلواکیا در شهر براتیسلاوا

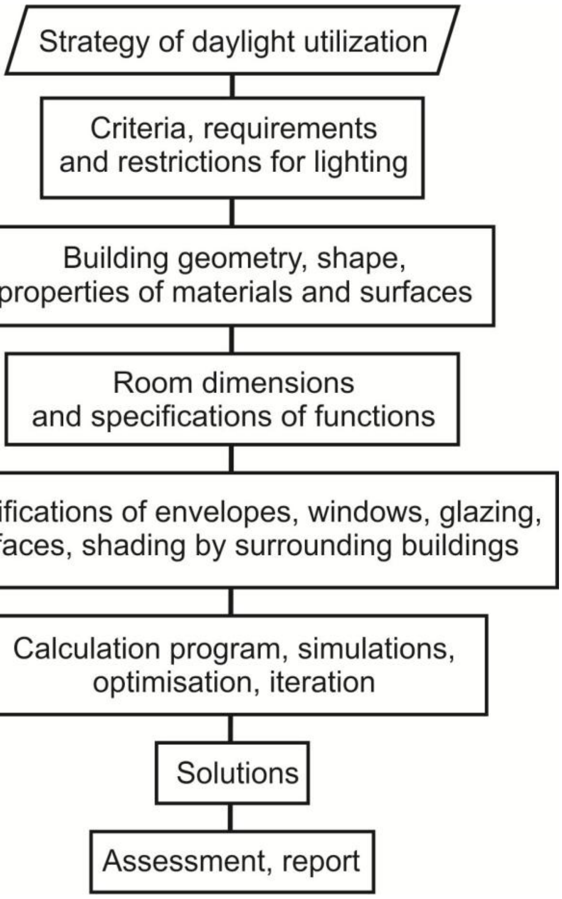
2.17 ارزیابی تخنیکی نور

بخشی جدایی ناپذیر از اسناد مربوط به اعمار ساختمان، ارزیابی اثرات زیست محیطی آن بر محیط زیست اطراف و محیط داخلی آن می‌باشد. یکی از اجزای کیفیت محیط داخل ساختمان شرایط روشنایی در اطاق ها می‌باشد. اینها در مطالعات تخنیکی نور مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و یا هم باید توسط فردی که در بخش مهندسی و یا هم ساختمانی تحصیلات و تجربه کافی دارد بررسی می‌گردد. معمولا ارزیابی تخنیکی نور شامل این موارد می‌باشد: شدت روشنایی روز در اطاق های ساختمان طراحی شده، تأثیر ساختمان طراحی شده بر شدت روشنایی روز در اطاق های ساختمانهای اطراف، تابش آفتاب در اطاق های ساختمان طراحی شده، اگر نیاز باشد، تأثیر ساختمان طراحی شده بر روی قرار گرفتن تحت تابش آفتاب آپارتمان های ساختمان ها اطراف شامل ارزیابی تخنیکی نور می‌گردد.

طراحی روشنایی روز در ساختمان ها یک پروسه باز می‌باشد، از ایده قبول شده و نظریه از طریق ارایه راه حل ها الی ارزیابی راه حل مراحل این پروسه می‌باشند. یک مثال از این پروسه در شکل (2.72) نشان داده شده است. مرحله استراتژی مبتنی بر استفاده بهتر از منابع طبیعی و بودجه می‌باشد. مرحله بهینه (Optimal) و تکرار نمودن مهمترین فعالیت مهندس و انجنیر ساختمان می‌باشد. بر اساس تجزیه و تحلیل ها، معیارها و الزامات، محاسبه شبیه سازی روشنایی، شرایط نوری در ساختمان و محیط اطراف آن را تعیین می‌نماید. طراحی روشنایی روز با تهیه یک گزارش ارزیابی تخنیکی نور به پایان می-رسد.

عناصر ارزیابی تخنیکی نور معمولاً شامل هدف گزارش ارزیابی، مبنای اسناد، شرح ساختمان، ارزیابی روشنایی روز، ارزیابی تابش آفتاب، نتیجه گیری، یعنی ارزیابی کلی و انطباق با استندردها و مقررات اجباری می باشد.

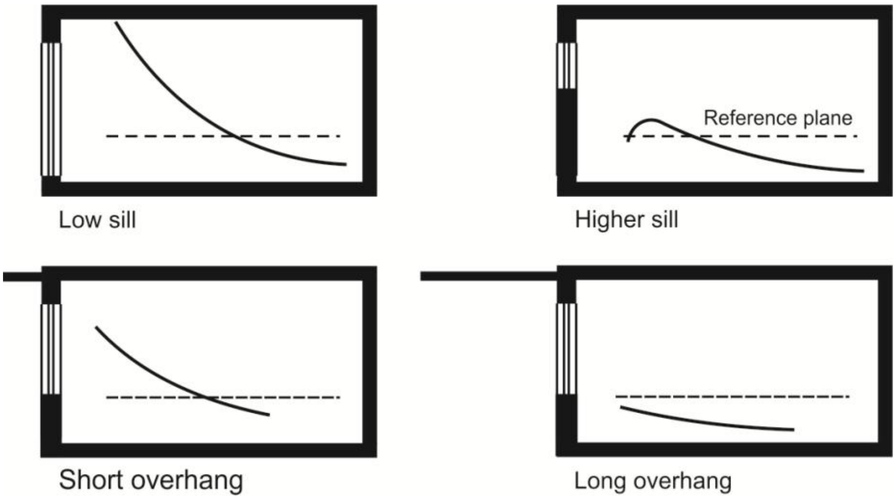
مثلاً در سلواکیا، سرویس حفظ الصحه دارای وظیفه قانونی می‌باشد تا بتواند تطابق طرح روشنایی روز ارایه شده را با اجرای الزامات که درج استندرد سلواکیا است را بررسی نماید.



شکل 2.72 رسم پروسه طراحی روشنایی روز در ساختمانها

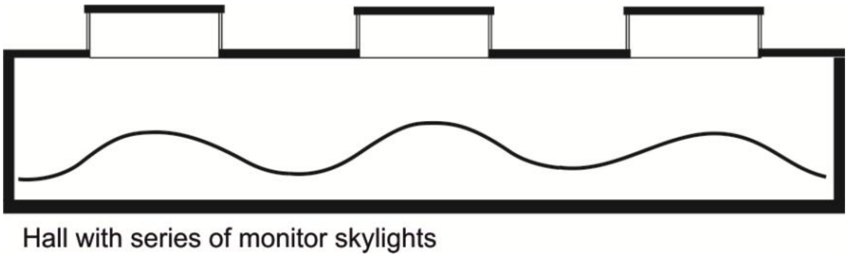
2.18 روش های روشن ساختن ساختمان ها با روشنایی روز

روشنایی روز به ساختمانها ها از طریق کلکین ها، نورگیرها و سیستم های مختلف روشنایی روز داخل می‌گردد. اینها می‌توانند منفعل و فعال باشند. سیستم های روشنایی منفعل عبارتند از: کلکین ها، نورگیرها می باشند (Kischkoweit-Lopin 2002, Darula et al. 2009). کلکین می‌تواند با شیشه بندی که اشعه های مختلف نور را منتشر می‌نماید و یا با مواد تغییر جهت دهنده تابش خورشید مجهز شوند (به عنوان مثال شیشه لعاب دار). سیستم های روشنایی فعال قادر به پاسخ دادن به تغییرات در شرایط روشنایی بیرونی و نیاز استفاده کننده ها هستند و نظر به شرایط نور بیشتر یا کمتر را انتقال می‌دهند (مانند هلیوستات، شیشه بندی الکتروکیمیاوی یا هم تجهیزات خیره کننده قابل تنظیم در کلکین ها). کنترول این سیستم ها را می‌توان به صورت دستی یا به طور خود کار با استفاده از سیستم الکترونیک پیشرفته و عکس العمل سنسور ها بدست گرفت. سیستم های فعال روشنایی نور روز، مقدار آن را کاهش می‌دهد، هدایت می‌کند و اغلب با سیستم روشنایی مصنوعی همکاری می‌نمایند. تأثیر ارتفاع کلکین عمودی و ارتفاع زیرطاقی آن و همچنان طول پیک بالای کلکین در سطح شدت روشنایی بر روی سطح مرجع، در شکل (2.73) نشان داده شده است.

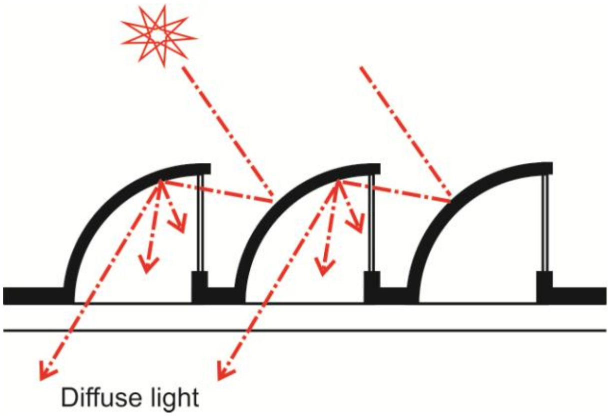


شکل 2.73 اثر ارتفاع کلکین و پیک بالای کلکین بر تغییرات روشنایی روز در یک اطاق روشن شده جانبی

محیط داخلی سالون های صنعتی توسط نور گیر ها (روشنی انداز ها) با اشکال و اندازه های مختلف روشن می‌شود. در شکل (2.74) نمونه ای از یک سالون با نورگیر فانوسی نشان داده شده است، که حداعظمی شدت روشنایی در زیر نورگیر و حداقل در بین نورگیر ها می‌باشد. شیب و اندازه شیشه بندی و همچنین فاصله بین نور گیر ها سطح شدت روشنایی را در سطح مرجع از پیش تعیین می‌نماید. اگر سالون ها تنها نیاز به روشنایی منتشرهداشته باشند، شیشه بندی باید به سمت شمال باشد و شکلآن باید طوری باشد تا بیشترین استفاده از نور خورشید منعکس شده صورت گیرد، بطور مثال همان قسمی که در شکل (2.74) نشان داده شده است.

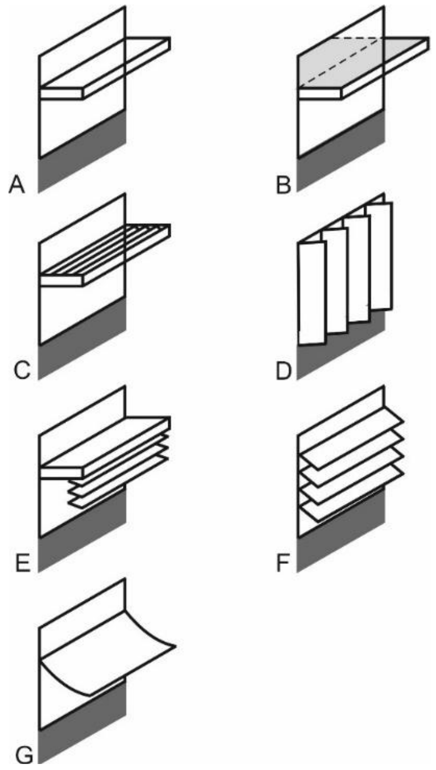


شکل 2.74 جریان مشخصه روشنایی روز در یک سطح مرجع در قسمت بالایی محیط روشن شده داخلی



شکل 2.75 سالون با نورگیر های خاکستری روشن شده با نور منتشره (diffuse light)

نفوذ شعاع خورشید از طریق کلکین، می‌تواند به گرم شدن فضای داخلی در فصل زمستان کمک نماید، اما در فصل تابستان اغلب این فضا را بیش از حد گرم می‌نماید. اشعه های خورشید در سطوح پایین خورشید می تواند منبع نور خیره کننده ای چشم باشد. در این موارد، دهانه های روشنی انداز باید با تجهیزات آفتاب گیر مجهز شوند. می‌توان مطالعات و تحقیقات بیشتری در مورد بهینه سازی هندسه ای تجهیزات سایه افگن نظر به شرایط اقلیمی را دریافت، به عنوان مثال Freewan و همکاران اش سال 2008. خلاصه ای از انواع اساسی سیستم های تجهیزات سایه انداز در شکل (2.76) نشان داده شده است.



شکل 2.76 انواع سایه انداز های کلکین (نظر به Evans سال1981)

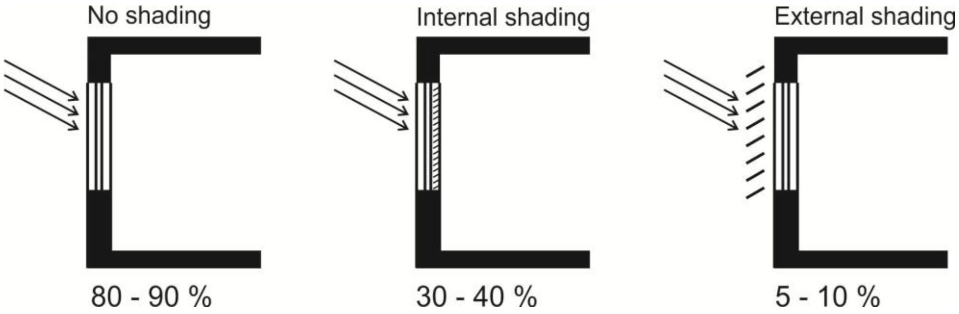
A - overhang پیک, *B* - light shelf تاقچه روشنایی, *C* - louvered overhang پیک,

D - vertical louvers slat سایه انداز های عمودی, *E* - overhang and louvers کرکره پیک دار,

F - horizontal louvers سایه انداز های افقی, *G* - awning پرده سایه بان

پرده های کرکره افقی در کلکین های جنوبی موثر تر هستند، وقتی که خورشید در ارتفاعات بالاتر قرار دارد و در حالی که سایه انداز های عمودی به شکلموثرتری مانع تابش شعاع آفتاب می‌گردند که خورشید در ارتفاعات پایینتر قرار داشته باشد. شکل Slat پرده های کرکره، اندازه آنها و فاصله فی مابین آنها باید با نظر به جهت گیری اطاق، نوع فعالیت ها و شرایط اقلیمی محل طراحی می‌شود (بطور مثال Köster در سال 2004). پرده ها باید آنقدر روشنایی طبیعی را منتشر نماید تا کمترین استفاده از روشنایی برق صورت گیرد.

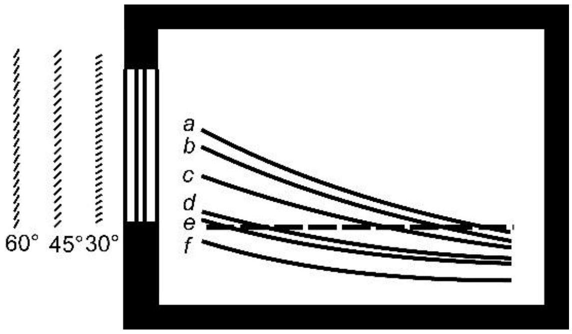
موقعیت پرده کرکره در دهانه های کلکین مقدار نور خورشید را که به داخل ساختمان منتقل می‌شود تعیین می‌نماید. اگر موقعیت پرده کرکره در سطح داخل کلکین میزان نور خورشید را تا %40 کاهش دهد شکل (2.77)، قرار دادن پرده کرکره در بیرون کلکین مناسب تر تمام می‌شود و تا %90 میزان نور خورشید را کاهش می‌دهد (Evans در سال1981).



شکل 2.77 کاهش نفوذ نور خورشید از طریق پرده کرکره در داخل و خارج از کلکین (نظر به Evans سال 1981)

شیب تکه های باریک در پرده کرکره بر نفوذ نور خورشید از طریق کلکین نیز تاثیر می‌گذارد. Robins در سال (1986)، شش نمونه از کاهش میزان نفوذ تشعشع خورشید را از طریق یک دهانه عمودی روشنایی در وابستگی به شیب تکه های باریک (slat) در پرده های کرکره منتشر نمود شکل (2.78).

بالاترین نفوذ پذیری در شیب°30 slat و ارتفاع خورشید °30 می‌باشد، مثال *a*. حداعظمی سایه اندازی اشعه خورشیدی با شیب°60 slat و ارتفاع خورشید°60 بدست می‌آید. مثال *f*.



شکل 2.78 تاثیر شیب slat در کرکره در سطح روشنایی اطاق (نظر به Robins سال 1986)

ارتفاع آفتاب در °30، شیب slat در °30 - *a*

ارتفاع آفتاب در °45، شیب slat در °30 - *b*

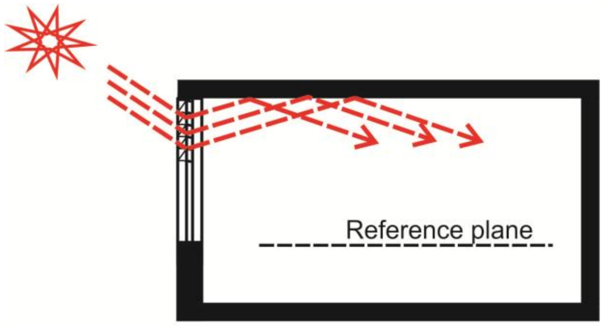
ارتفاع آفتاب در °60، شیب slat در °30 - *c*

ارتفاع آفتاب در °45، شیب slat در °45 – *d*

ارتفاع آفتاب در °60، شیب slat در °45 – *e*

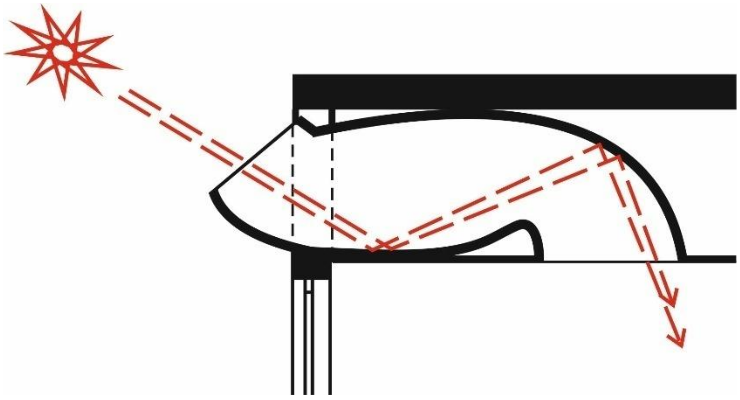
ارتفاع آفتاب در °60، شیب slat در °60 – *f*

برای استفاده بهتر از روشنایی روز در ساختمان ها، امکان آن وجود دارد که سیستم های آفتاب گیر را طرح نمود که روشنایی روز را به داخل ساختمان هدایت می‌دهند و یا هم سیستم هایی که بخش متحرک کرکره یا سایه انداز را نظر به وابستگی شدت تشعشع خورشید و موقعیت خورشید در آسمان کنترول وتنظیم می‌کنند. یک مثال از یک سیستم هدایت دهنده اشعه خورشیدی منفعل در سقف با استفاده از پانل های منشوری (prismatic panels) درشکل(2.79) نشان داده شده است. در یک اقلیم گرمسیر و مناطقی با ارتفاع بالای آفتاب، سیستم (anidolic system) برای انتقال نور خورشید به قسمت های عمیق تر داخلی می‌تواند طراحی شود، شکل(2.80).



شکل 2.79 هدایت اشعه خورشید بکمک پانل های منشوری (prismatic panels)

نقص سیستم های طراحی شده برای هدایت اشعه خورشید یا انتقال آن به شکل انعکاسی، کارایی کم آن در شرایط غیر آفتابی دارا بوده که نور منتشر شده از آسمان تنها منبع روشنایی روز می‌باشد. در این شرایط، سطوح روشنایی داخلی چندین بار کمتر نسبت به شرایط روز های آفتابی می‌باشد.


شکل 2.80 سیستم (anidolic system) انتقال نور

منابع:

- Adler, D. ed. *Metric handbook. Planning and design data*. Oxford: Architectural Press, 2003.
- Baker, N., Fanchiotti, A., Steemers, K. *Daylighting in architecture. A European reference book*. London: James and James Ltd., 1993.
- Boyce, P.R.: *Human Factors in Lighting.* London:CRC Press, 2014.
- Brandi, U., et al.: *Lighting Design: Principles, Implementation, Case Studies (Detail Practice)*. Ulrike Brandi Licht, Institute für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH, Munich, 2006.
- BS 8206: Part 2 Lighting for buildings: Code of practice for daylighting.
- Chauliaguet, Ch., Baratsabal, P., Batellier, J.P.: *Solar energy in buildings*. Chichester: Jonn Wiley & Sons Ltd., 1977.
- CIBSE, 1999. SLL LIGHTING GUIDE 10: Daylighting and window design.
- CIE, 1955. Official recommendation CIE-E 3.2 Natural daylight. Proc. CIE Zürich, II, 3.1.
- CIE: 1970. Principles of light Measurements, 1st ed. CIE Publication No. 18 (E-1.2).
- CIE 16:1970. Daylight. Technical Report. Vienna: CIE Central Bureau, 1970.
- CIE S 017/E:2011. ILV: International Lighting Vocabulary. Vienna: CIE Central Bureau, 2011. http://eilv.cie.co.at/.
- Clear, R.: *Calculation of turbidity and direct sun illuminance*. Memo to Daylight Group, LBL Berkeley, Cal., 1982.
- Cuttle, Ch.: Lighting by design. New York: Architectural Press, 2008.
- Darula, S.: Štatistické charakteristiky exteriérovej osvetlenosti v Bratislave podľa meraní počas rokov 1994 a 1995. *Světelná technika*, 1997, vol. 30, no. 3-4, p. 42-46.
- Darula, S. Artificial sky: *Possibilities to evaluate daylight in models*. Proc. Int. Conf. Indoor Climate of Buildings 1998. Health and Comfort vs. Intelligent Technology, Štrbské Pleso, p. 79-82, 1998.
- Darula, S. Kittler, R.: *Research of the typical exterior illuminance situations based on long-term measurements: Daily courses of global and diffuse illuminances in Bratislava for the period of 1994-2000*. VEGA 2/6050/99 R 2001.1 Report, ICA SAS Bratislava June 2001, 117p., 2001.
- Darula, S., Kittler, R.: *Sekvencie situácií dennej osvetlenosti v Bratislave.* Proc.5th Int.Conf, Light 2002, Brno, ČSO, 2002, p. 20-24, 2002a. (In Slovak).
- Darula, S., Kittler, R.: *CIE General Sky standard defining luminance distributions*. Proc. Conf. eSim 2002. The Canadian conference on building energy simulation. Sep-tember 11 - 13th, 2002, Montreal, Canada, 2002b. *http://www.ustarch.sav.sk/ustarch/download/Darula_Kittler_Proc_Conf_eSim_2002.pdf*, https://www.researchgate.net/publication/238782731_CIE_general_sky_standard_defining_luminance_distributions.
- Darula, S., Kittler, R.: Sunshine duration and daily courses of illuminances in Bratislava. *International Journal of Climatology*, vol. 24, no. 14, p. 1777–1783, 2004a.
- Darula, S., Kittler, R.: New trends in daylight theory based on the new ISO/CIE Sky Standard 1, Zenith luminance on overcast skies. *Building Research Journal*, vol. 52, no. 3, p. 181-197, 2004b.

- Darula, S., Kittler, R.: New trends in daylight theory based on the new ISO/CIE Sky Standard 2, Typology of cloudy skies and their zenith luminance. *Building Research Journal*, vol. 52, no. 4, p. 245-255, 2004c.
- Darula, S., Kittler, R.: New trends in daylight theory based on the new ISO/CIE Sky Standard 3, Zenith luminance formula verified by measurement data under cloudless skies. *Building Research Journal*, 2005a, vol. 53, no. 1, p. 9-31.
- Darula, S., Kittler, R., Gueymard, Ch.A.: Reference luminous solar constant and solar luminance for illuminance calculations. *Solar Energy*, 2005b, vol. 79, no. 5, p. 559-565.
- Darula, S., Kittler, R.: *Research of the year-round changes of solar and daylight availability for the computer evaluation of sustainable buildings, Daily courses and sunshine duration in Bratislava during 2001-2005 after IDMP measurements*.VEGA 2/5093/5 R2006,1,ICA SAS Bratislava, 2006.
- Darula, S., Kittler, R., Wittkopf, S. K.: Outdoor illuminance levels in the tropics and their representation in the Virtual Sky Dome. *Architectural Science Review*, 2006, vol. 49.3, p. 301-313.
- Darula, S., Kittler, R.: Contribution to the modelling of illuminance and irradiance daily courses. *Przeglad Elektrotechniczny*, 2008, vol. 84, no. 8, p. 11-14.
- Darula, S., Kittler, R., Kocifaj, M., Plch, J., Mohelníková, J., Vajkay, F.: *Osvětlování světlovody*. GRADA Publishing, a.s., Praha, 2009. (In Czech).
- Darula, S., Kittler, R., Malíková, M.: Modelling of daylight sources in the artificial sky. *Applied mechanics and materials*, 2017, vol. 861, p. 469-476.
- DIN 5034 Daylighting in interiors.
- Evans, B.H.: *Daylight in architecture*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1981.
- Ficker, T.: *Handbook of building thermal technology, acoustics and daylighting*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004.
- Freewan, A.A, Shao, L., Riffat, S.: Optimizing performance of the lightshelf by modifying ceiling geometry in highly luminous climates. *Solar Energy*, 2008, vol. 82, p. 343–353.
- Gueymard, Ch.A.: The sun´s total and spectral irradiance for solar energy applications and solar radiation models. *Solar Energy*, 2004, vol. 76, p. 423-453.
- EN 17037:2018. Daylight of Buildings.
- Halahyja, M., Beťko, B., Bloudek, K., Puškáš, J., Tomašovič, P.: *Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie*. Bratislava: ALFA, 1985. (In Slovak).
- Heim, D., Klemm, P., Narowski, P., Szczepanska, E.: *Komputerowa analiza oswietlenia dziennego i ocena parametrów komfortu wizualnego w pomieszczeniach*. Lódz: Politechnika Lódzka, 2007. (In Polish).
- Hopkinson, R.G., Petherbridge, P., Longmore, J.: *Daylighting*. London: Heinemann, 1966.
- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_cities_by_sunshine_duration.
- http://solarbeam.sourceforge.net).
- http://www.cadplan.com.au/.
- https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Rights_to_light.
- https://www.latlong.net.
- Igawa, N., Koga, Y., Matsuzawa, T., Nakamura, H.: Models of sky radiance distribution and sky luminance distribution. *Solar Energy*, 2004, vol. 77, p. 137–157.

- Ineichen, P., Molineaux, B., Perez, R.: Sky luminance data validation: Comparison of seven models with four data banks. *Solar Energy*, 1994, vol. 2, 4, p. 337-346.
- IES. IES Calculation Procedures Committee Recommended practice for the calculation of daylight availability. *Journal of the IESNA*, 1984, vol. 13, no. 4, p. 381-392.
- *Lighting Handbook. Ref-erence and Application*. 9th ed. New York: IESNA - Illuminating engineering Society of North America, 2000.
- ISO 15469:2004/CIE S011/E:2003 Spatial distribution of daylighting - CIE Standard General Sky.
- Kasten, F., Young, A.T.: Revised optical air mass tables and approximation formula. *Applied Optics*, 1989, vol. 28, no. 22, p. 4735-4738.
- Kähler, K.: Flächenhelligkeit des Himmels und Beleuchtungsstärke in Räumen. *Meteorologische Zeitschrift,* 1908, vol. 25, no. 2, p. 52-57.
- Kischkoweit-Lopin, M.: An overview of daylighting systems. *Solar Energy*, 2002, vol.73, no. 2, p. 77–82.
- Kittler, R.: *Standardisation of outdoor conditions for the calculation of the Daylight Factor with clear skies*. Proc. Conf. Sunlight in Buildings. Rotterdam: Bouwcentrum, p. 273-286, 1967.
- Kittler, R., Kittlerová L.: *Návrh a hodnotenie denného osvetlenia.* Bratislava: ALFA, 1975. (In Slovak).
- Kittler, R., Mikler, J.: *Základy využívania slnečného žiarenia.* Bratislava: Veda, 1986. (In Slovak).
- Kittler, R., Pulpitlová, J.: *Základy využívania prírodného svetla.* Bratislava: Veda, 1988. (In Slovak).
- Kittler, R., Perez, R., Darula, S.: *A new generation of sky standards*. Proc. The 8th European Lighting Conf. Lux Europa 1997, Amsterdam, p. 359 - 373, 1997. http://www.ustarch.sav.sk/wp-content/uploads/kittler_newsky_luxeuropa97.pdf.
- Kittler, R., Darula, S., Perez, R.: *A set of standard skies*. Bratislava: Polygrafia SAV, 1998. http://www.ustarch.sav.sk/wp-content/uploads/a_set_of_standard_skies.pdf.
- Kittler, R., Kocifaj, M., Darula, S.: *Daylight science and daylighting technology*. New York: Springer, 2012.
- Kittler, R., Darula, S.: Determination of time and sun position system. *Solar Energy*, 2013, vol. 93, p. 72-79.
- Köster, H.: *Dynamic daylight architecture. Basics, systems, projects*. Basel: Birkhauser Verlag AG, 2004.
- Lam, K.P., Mahdavi, A., Ullah, M.B., Ng, E., Pal1, V.: *Comparative study of sky luminance models in the tropical context*. Proc. Conf. IBPSA, September 8-10, 1997, Prague, P041, 1997.
- Lambert, J.H.: *Photometria sive de mensura et grabidus luminis, colorum et umbrae*. Augsburg: Publ. Klett, (German translation E. Auding, Leipzig, 1892), 1760.
- Littlefair, P.: The luminance distribution of an average sky. *Lighting Research and Technology,* 1981, vol. 13, no. 4, p.192-198.
- Littlefair, P.J.: A Comparison of Sky Luminance Models with Measured Data from Garston, United Kingdom. *Solar Energy*, 1994, vol. 53, no. 4, p. 315-322.
- Moon, P., Spencer, D.E.: Illumination from a non-uniform sky. *Illuminating Engineering,* 1942, vol. 37, no. 10, p. 707-726.

- Muneer, T.: Solar radiation and daylight models for the energy efficient design of buildings. Oxford: Architectural Press, 1997.
- Nakamura, H., Oki, M., Hayashi, Y.: Luminance distribution of Intermediate Sky. *Journal Light and Visual Environment*, 1985, vol. 9, no. 1, p. 6-13.
- Navvab, M., Karayel, M., Ne'eman, E., Selkowitz, S.: Analysis of atmospheric turbidity for daylight calculations. *Energy and Buildings*, 1984, no. 6, p. 293-303.
- Neufert, E.: *Architect´s data*. Fourth Edition. Oxford: Blackwell Publishing, 2012.
- Perez, R., Seals, R., J. Michalsky, J.: All-weather model for sky luminance distribution – preliminary configuration and validation. *Solar Energy*, 1993, vol 50, no. 3, p. 235-245.
- Perradeau, M.: *Luminance model*. Proc. Conf. CIBSE National Lighting Conf. Cam-bridge, 1988.
- Pierpoint, W.: *Recommended practice for calculation of daylight availability*. US IES Daylight Guide, Draft 28. 7.1982.
- Reinhart, Ch.: *Daylighting Handbook 1: fundamentals, designing with the sun*. Boston: MIT, 2013.
- Robins, C.L.: *Daylighting. Design and analysis*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986.
- Rybár, P., Šesták, F., Juklová, M., Hraška, J., Vaverka, J.: *Denní osvětlení a oslunění budov.* Brno: ERA group, 2002. (In Czech).
- Schild, E., Casselmann, H.F., Dahmen, G., Pohlenz, R.: *Bauphysik. Planung und anwendung*. Braunschwieg: Vieweg, 1977. (In German).
- Smith, F., Wilson, C.B.: The shading of ground by buildings. *Building and Environment*, 1976, vol. 11, no. 3, p. 187-195.
- SNiP 23-05-95. Daylight and Artificial Lighting
- Stevens, S.S.: To honor Fechner and repeal his law. 1961, *Science*, vol. 133, p. 80-86.
- Stix, M.:, 1989. *The Sun, and introduction*. Berlin: Springer-Verlag, 1989.
- STN 73 0580-1: 1987. Denné osvetlenie budov. Bratislava: SÚTN.
- STN 73 0580-2: 2000. Denné osvetlenie budov. Časť 2: Denné osvetlenie budov na bývanie. Bratislava: SÚTN.
- STN 73 0580-1/Z2: 2000. Denné osvetlenie budov. Základné požiadavky. Bratislava: SÚTN.
- STN 73 4301:2021. Bytové budovy. Bratislava: SÚTN.
- Tregenza P., Wilson M.: *Daylighting: architecture and lighting design*. New York: Routledge, 2011.
- Twarowski, M.: *Sonne und Architektur*. München: Georg D.W. Callwey, 1962. (In German).
- Vitruvius, M.P.: *The ten books on architecture*. New York: Dover Publications, INC., 1960.
- Wittkopf, S.K., Soon, L.K.: Analysing sky luminance scans and predicting frequent sky patterns in Singapore. *Lighting Research and Technology*, 2007, vol. 39, no. 1, p. 31-51.
- Vyhláška MZSR č. 541/2007 o podrobnostiach a požiadavkách na osvetlenie pri práci a jej doplnok. (In Slovak).
- Vyhláška MZSR č. 206/2011, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška č. 541/2007. (In Slovak).
- Vyhláška MZSR č. 259/2008 o podrobnostiach a požiadavkách na vnútorne prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia. (In Slovak).

- Vyhláška MŽPSR č. 532/2002 ktorou sa ustanovujú podrobnosti o všeobecných technických požiadavkách na výstavbu a o všeobecných technických požiadavkách na stavby užívané osobami s obmedzenou schopnosťou pohybu a orientácie. (In Slovak).

فهرست نمادها (سمبول ها) و اختصارات

سمبول	مقادیر	واحد
a_v	ضریب انقراض نور	-
D	ضریب شدت روشنایی روز	%
E_e	تابش	W/m^2
E_o	ثابت خورشیدی	W/m^2
E_v	شدت روشنایی	lx
E_{vo}	ثابت خورشیدی روشنایی	lx
I_v	شدت نور	cd
L_v	درخشنده گی	cd/m^2
L_{vz}	زنیت درخشنده گی	cd/m^2
m	ضخامت نسبی اتموسفیری	-
S	نور آفتابی	hour
s_r	نور آفتابی نسبی	-
T_v	ضریب کدروت روشنایی اتموسفیر	-
$V(\lambda)$	موثریت روشنایی نسبی طیفی نظر به CIE	-
Z	زاویه زنیت	°

سمبول	مقادیر	واحد
ρ	ضریب انعکاس نور	-
α	ضریب جذب نور	-
α	آزیموت	°
α_s	آزیموت خورشید	°
γ_s	ارتفاع خورشید	°
δ	انحراف	°
λ	طول موج	m
λ	طول البلد	°
τ	ضریب انتقال نور	-
φ	عرض البلد	°
Φ_e	جریان تابشی	W
Φ_v	جریان یا سیلان نوری	lm
ω	زاویه فضایی یا جامد	sr
ϵ	ضریبخروج از مرکز مدار زمین (factor of eccentricity of Earth's orbit)	-

DAYLIGHTING - DENNÉ OSVETLENIE - ΜΕ ΦΥΣΙΚΌ ΦΩΤΙΣΜΌ - GÜNIŞIĞI ILE AYDINLATMA - الاضاءة النهارية – بهروری از روشنایی روز

English	Slovak	Ελληνικά	Turkish	العربية	فارسی (دری)
absorptance	činiteľ pohltenia svetla	απορροφητικότητα	soğurma çarpanı	الاستيعاب	عامل جذب نور
artificial sky	umelá obloha	τεχνητός ουρανός	yapay gök	السماء الاصطناعية	آسمان مصنوعی
assessment	posudok, posúdenie	αξιολόγηση	değerlendirme	تقييم	بررسی، ارزیابی
atmospheric turbidity factor by Linke	Linkeho činiteľ zákalu atmosféry	παράγων ατμοσφαιρικής θόλωσης του Linke	Linke'ye göre atmosferik bulanıklık çarpanı	عامل نقاوة الغلاف الجوى(لینکه)	عامل مه الودی از جو (اتموسفیر) بطریقه لینکه
artificial lighting	umelé osvetlenie	τεχνητός φωτισμός	yapay aydınlatma	الاصطناعيةالإضاءة	روشنایی مصنوعی
attenuation	zoslabenie	εξασθένηση	söndürme, azalma, zayıflama	تخفيف	تضعیفی
azimuth	azimut	αζιμούθιο	azimut	السمت	آزیموت (سمت)
cardinal points	svetové strany	τα σημεία του ορίζοντα	dört ana yön	الكاردينال نقطة	نقطه کاردینال
centroid	ťažisko (geometrického telesa)	κεντροειδές	geometrik merkez	النقطه الوسطى	مرکز ثقلی
clear window aperture	svetlý otvor okna	καθαρό άνοιγμα παραθύρου	net pencere açıklığı	مجا ل فتح النافذة	ساحهء باز پنجره (اندازه ساختمانی دهانه)
complex	zložený, zložitý	συγκρότημα	kompleks; karmaşık	مجمع	مجمع
cones	čapíky	κώνοι	koniler	المخاريط	مخروط (قیف)
conjunctivitis	zápal spojiviek	επιπεφυκίτιδα	konjonktivit; konjonktiv iltihabı	التهاب الملتحمة	التهاب ملتحمه
contrast	kontrast	αντίθεση	kontrast; karşıtlık	التباين	کنتراست
day number	číslo dňa v roku	αριθμός ημέρας	gün sayısı	عدد الأيام فى السنة	تعداد روز در سال
daylight	denné svetlo	φυσικός φωτισμός	günışığı	ضوء النهار	نور روز
daylight climate	prostredie s denným svetlom	κλίμα φυσικού φωτισμού	günışığı iklimi	مناخ ضوء النهار	محیط با نور روز
daylight Factor	činiteľ dennej osvetlenosti	παράγων φυσικού τισμού	günışığı çarpanı	معامل ضوء النهار	عامل نور روز

English	Slovak	Ελληνικά	Turkish	العربية	فارسی (دری)
day lighting	denné osvetlenie	με φυσικό φωτισμό	günışığı ile aydınlatma	الاضاءة النهارية	روشنایی روز
declination	deklinácia	απόκλιση	eğim; reddetme; sapma	انحراف	تمایل
deflection	ohyb	εκτροπή	sapma, dönme	تغير الاتجاه	انحراف
diffuse	difúzny (rozptýlený)	διάχυση	yayınık	انتشار	انتشار
diffuse illuminance	difúzna osvetlenosť	διάχυτος φωτισμός	yayınık aydınlık	انتشار الاضاءة	انتشار شدت روشنایی
diffuse irradiance	difúzna ožiarenosť	διάχυτη ακτινοβολία	yayınık erkesel aydınlık	الإشعاعية انتشار	انتشار تابشی یا تابندگی
dimmable	stmievateľný	σκιάσιμος	dimmerlenebilir	قابل للتخفيت	تقلیل پذیر نوری
direct illuminance	priama osvetlenosť	άμεσος φωτισμός	doğrudan aydınlık	اضاءة مباشرة	نورپردازی یا روشنایی مستقیم
direct irradiance	priama ožiarenosť	άμεση ακτινοβολία	doğrudan erkesel aydınlık	اشعاع مباشر	تابش مستقیم
directional light transmittance	smerový prestup svetla	κατευθυντική διάδοση φωτός	yönlü ışık dağılımı	نفاذية الضوء الموجه	عبور سمتی نور
eccentricity factor	činiteľ excentricity	παράγων εκκεντρότητας	eksantriklik (dış merkezlik) çarpanı	عامل الاهليجية	عامل خروج از مرکز
ecliptic	ekliptika	εκλειπτική	ekliptik	مسير الشمس	مسیر آفتاب در طول سال
emit	vyžarovať	εκπέμπω	yaymak, çıkarmak	انبعاث	متشعشع شدن
equation of time	časová rovnica	εξίσωση του χρόνου	zaman denklemi	معادلة الوقت	معادله زمان
equator	rovník	ισημερινός	ekvator	خط الاستواء	خط استوا
equinox	rovnodennosť	ισημερία	ılım, ekinoks	الاعتدال	اعتدال شب و روز
erythema	erytém	ερύθημα	kızarıklık, eritem	حمامى	اریتما
extinction coefficient	extinkčný koeficient Rayleighovej atmosféry	συντελεστής απόσβεσης	sönüm katsayısı	انقراض معامل	ضریب خاموشی اتموسفیر بطریقه رایلی
extraterrestrial	mimozemský (nad atmosférou)	εξωγήινος	dünya dışı	خارج الأرض	ساحهء خارج از محوطه زمین (بالاتر از اتموسفیر یا جو)

English	Slovak	Ελληνικά	Turkish	العربية	فارسی (دری)
externally reflec-ted component of Daylight Factor	exteriérová zložka čini-teľa dennej osvetlenosti	εξωτερικά ανακλώμενη συνιστώσα του αράγοντα φυσικού φωτισμού	günışığı çarpanının dış yansımış bileşeni	معامل الانعكاس الخارجي لضوء النهار	ضریب انعکاس خارجی روشنایی روز
factor	činiteľ	παράγων	çarpan	عامل	عامل
figured glass	profilované sklo	ζωγραφισμένο γυαλί	yüzeyi biçimli cam	الزجاج المغشى	شیشه شکلداده شده
geographical lati-tude	geografická šírka	γεωγραφικό πλάτος	coğrafi enlem	الجغرافيخط العرض	عرض جغرافیایی
geographical lon-gitude	geografická dĺžka	γεωγραφικό μήκος	coğrafi boylam	الجغرافيخط الطول	طول جغرافیایی
glare	oslnenie zraku	θάμπωση	kamaşma	الوهج	تابش خیره کننده چشم
glazing	zasklenie	επίστρωση	cam	تزجيج	پوشش شیشه ای
global illuminan-ce	celková osvetlenosť	ολικός φωτισμός	toplam ışıksal aydınlık	العالميةالإضاءة	مجموع شدت نورپردازی یا روشنایی
global irradiance	celková ožiarenosť	ολική ακτινοβολία	toplam erkesel aydınlık	العالمياالإشعاع	مجموع شدت تشعشع
glossy	lesklý	γυαλιστερός	parlak	لماع	جلا دار
goniophotometer	goniofotometer	γωνιοφωτόμετρο	açılı ışıkölçer	مقياس للضوء	نور سنج
gradation function	gradačná funkcia	συνάρτηση διαβάθμισης	dereceleme fonksiyonu	وظيفة التدرج	تابع گرادیان
GTM Greenwich mean time	greenwichský čas	μέση ώρα Γκρήνουϊτς	greenwich ortalama zamanı	GMT توقيت غرينيتش	به وقت گرینویچ
headlight	reflektor (svietidlo)	προβολέας	ön far	ضوء رئيسى	بازتابنده (لامپ)
heat-absorbing glass	absorpčné, determálne sklo	γυαλί απορρόφησης θερμότητας	ısıyı soğuran cam	زجاج ماص للحرارة	شیشه گرماگیر
illuminance	osvetlenosť	φωτισμός	aydınlık	إضاءة	شدت نورپردازی یا روشنایی
index	index, koeficient	δείκτης	indis	مؤشر	ضریب شاخص
indoor	vnútorné prostredie	εσωτερικός	iç mekan	الداخليةالبيئة	محیط داخلی
instantaneous data	okamžité údaje	στιγμιαία δεδομένα	anlık veri	لحظيةبيانات	اطلاعات فوری
integrating sphere	integrovaná guľa	ολοκληρώνουσα σφαίρα	Ulbricht küresi	قياس الضوء	کره ادغام شده (نورسنج)

English	Slovak	Ελληνικά	Turkish	العربية	فارسی (دری)
Internally reflected component of Day-light Factor	interiérová zložka činiteľa dennej osvetlenosti	εσωτερικά ανακλώμενη συνιστώσα του παράγοντα φυσικού φωτισμού	günışığı çarpanının iç yansımış bileşeni	معامل انعكاس محتويات ضوء النهار الداخلی	ضریب انعکاس داخلی روشنایی روز
irradiance	ožiarenosť	ακτινοβολία	erkesel aydınlık	الإشعاعیة	تابندگی
insolation	preslnenie	ακτινοβολία	güneşlenme	الزمن الكلی للتعرض للشمس	مجموع مدت زمان قرار گرفتون در معرض نور خورشید
light source	svetelný zdroj	πηγή φωτός	ışık kaynağı	مصدر الضوء	منبع نور
Linke turbidity factor	Linkeho činiteľ zákalu	παράγων θόλωσης του Linke	Linke'ye göre bulanıklık çarpanı	عامل النقاء (لینکه)	عامل مه الودی بطریقه لینکه
local time	miestny čas (hodinkový)	τοπικός χρονός	yerel zaman	التوقیت المحلی	به وقت محلی (ساعت)
lot	stavebná parcela	χώρος	yerleşim yeri	حصة	زمین ساختمانی
luminance	jas	λαμπρότητα	ışıklılık	الاضاءة	روشنایی جلا دار
luminous efficiency	svetelná účinnosť	φωτεινή απόδοση	bağıl ışıksal verim	كفاءة الاضاءة	استفاده بهینه از روشنایی
luminous flux	svetelný tok	φωτεινή ροή	ışık akısı	تدفق الاضاءة	جریان نور
luminous intensity	svietivosť	φωτεινή ένταση	ışıksal yeğinlik	كثافة الاضاءة	میزان روشنایی
luminous solar constant	slnečná svetelná konštanta	φωτεινή ηλιακή σταθερά	ışıksal güneş değişmezi	معدل الاضاءة الشمسیة	مقدار ثابت نور خورشیدی
luminous turbidity factor	svetelný činiteľ zákalu	παράγων θόλωσης φωτισμού	ışıksal bulanıklık çarpanı	معامل نقاء الاضاءة	عامل مه الودی نور
Mediterranean	stredozemné klimatické pásmo	Μεσόγειος	Akdeniz	البحر الأبیض المتوسط	زون آب و هوای مدیترانه
moderate climatic zone	mierne klimatické pásmo	μέτρια κλιματική ζώνη	ılıman iklim bölgesi	منطقة المناخ المعتدل	زون با آب و هوایی معتدل
obstruction	prekážka	παρεμπόδιση	engel	إعاقة	مانع
opaque	nepriesvitný	αδιαφανής	ışık geçirmez	غیر شفاف	غیر شفاف
optical air mass	optická hrúbka atmosféry	οπτική μάζα αέρα	hava kütlesi	البصری كتلة الهواء	توده هوا نوری

English	Slovak	Ελληνικά	Turkish	العربية	فارسی (دری)
overcast sky	zamračená obloha	νεφοσκεπής ουρανός	kapalı gök	الملبدةالسماء	آسمان ابری
overhang	vyloženie	προεξοχή	çıkıntı	معلق على	بر امدگی
photometric bench	fotometrická lavica	φωτομετρικός πάγκος	ışıkölçümsel tezgah	قاعدة مقياس الضوء	پایه نورسنج
photopic vision	photopické videnie (denné)	φωτοπική όραση	gündüz görmesi	رؤية الصورة	دید فوتاپاپیکی (از طرف روز)
planar source	plošný zdroj	επίπεδη πηγή	düzlem kaynak	لوح المصدر	منبع صفحه ای یا مسطحی
point source	bodový zdroj	σημειακή πηγή	nokta kaynak	نقطة المصدر	منبع نقطه ای
propagation	šírenie	διάδοση	yayma, yayılma	انتشار الضوء	انتشار
quantity	veličina	ποσότητα	nicelik	كمية	کمیت یا مقدار
quantity of light	množstvo svetla	ποσότητα φωτός	ışığın niceliği	كمية الضوء	مقدار نور
radiant energy	žiarivá energia	ακτινοβόλος ενέργεια	ışıyan erke	طاقة الاشعاع	انرژی تشعشعی
radiation	žiarenie	ακτινοβολία	ışıma	إشعاع	تشعشع
ratio	pomer	αναλογία	oran	نسبة	نسبت
refraction	lom	διάθλαση	kırılma	الانكسار	انکسار یا شکست
reflectance	činiteľ odrazu svetla	ανακλαστικότητα	yansıtma çarpanı	الانعكاسية	عامل بازتاب نور
reflection	odraz	ανάκλαση	yansıma	الانعكاس	انعکاس
reflective glass	reflexné sklo	ανακλαστικό γυαλί	yansıtıcı cam	العاكسالزجاج	شیشه منعکس کننده
rods	tyčinky	ράβδοι	sopacıklar	عيدان	چاپستیک یا چوبک های غذاخوری
sandblasted glass	pieskované sklo	γυαλί με αμμοβολή	kum püskürtülmüş cam	زجاج مضروب رمل	شیشه سند بلاست
scattering	rozptyl	σκέδαση	yayınma	التبعثر	گسترش
scattering indicatrix function	funkcia indikatrix rozptylu	συνάρτηση ατμοσφαιρικής σκέδασης	yayınma göster saçılması göstergesi fonksiyonu	وظيفة مؤشر تشتيت الضوء	عملکرد منحرف کننده نور نما
scotopic vision	skotopické videnie (nočné)	σκοτοπική όραση	gece görmesi	رؤية ليلية	دید سکاتاپیک (شب هنگام)
sensitivity	citlivosť	ευαισθησία	duyarlılık	حساسية	حساسیت
side-lit room	bočne osvetľovaná miestnosť	πλευρικά φωτισμένο δωμάτιο	yandan aydınlatılmış hacim	غرفة مضاءة جانبيا	اتاق روشن شده از یک پهلو

English	Slovak	Ελληνικά	Turkish	العربيةُ	فارسی (دری)
sky component of Daylight Factor	oblohová zložka činiteľa dennej osvetlenosti	ουράνια συνιστώσα του παράγοντα φυσικού φωτισμού	günışığı çarpanının gök bileşeni	معامل الاضاءة النهارية من السماء	عامل اجزای آسمانی روشنایی روز
sky luminance distribution	rozloženie jasov na oblohe	κατανομή ουράνιας λαμπρότητας	göğün ışıklılık dağılımı	توزيع الاضاءة السمائية	توزیع روشنایی یا درخشندگی در آسمان
solar altitude	výška Slnka	ύψος ηλίου	güneşin yüksekliği	مستوى الشمس الطولى	ارتفاع آفتاب
solar constant	solárna konštanta	ηλιακή σταθερά	güneş değişmezi	الطاقة الشمسية ثابت	ثابت خورشیدی
solar system	slnečná sústava	ηλιακό σύστημα	güneş sistemi	الشمسيالنظام	منظومه یا سیستم خورشیدی
solid angle	priestorový uhol	στερεά γωνία	katı açı	صلبةزاوية	زاویه سه بعدی یا فضایی
solstice	slnovrat	ηλιοστάσιο	gün dönümü	إنقلاب الشمس فى الصيف	انقلاب تابستانی وزمستانی
spatial vision	priestorové videnie	χωρική όραση	uzamsal görme	المكانيةالرؤية	دید سه بعدی یا فضایی
spectral radiant flux	spektrálny žiarivý tok	φασματική ακτινοβόλος ροή	tayfsal erkesel akı	تدفق الطيف الاشعاعی	جریان تشعشع طیفی
spectral radiant intensity	spektrálna žiarivosť	φασματική ακτινοβόλος ένταση	tayfsal erkesel yeğinlik	كثافة الطيف الاشعاعی	شدت تشعشع طیفی
specular	zrkadlový	κατοπτρικός	aynasal	براق	آینه ی
sphere	guľa	σφαίρα	küre	كروى	کره
sun beam	slnečný lúč (tiež zväzok lúčov)	ηλιαχτίδα	güneş demeti	شعاع الشمس	شعاع آفتاب
sun meridian	slnečný poludník	ηλιακός μεσημβρινός	güneş meridyeni	خط الزوال الشمسى	خط نصف النهار خورشیدی
sun radiation	slnečné žiarenie	ηλιακή ακτινοβολία	güneş ışınımı	الاشعاع الشمسى	تابش خورشیدی
sun ray	slnečný lúč	ηλιαχτίδα	güneş ışını	اشعة الشمس	شعاع آفتاب
sundial	slnečné hodiny	ηλιακό ρολόι	güneş saati	مزولة	ساعت آفتابی
sunrise	východ Slnka	ανατολή του ηλίου	gün doğumu	شروق الشمس	طلوع آفتاب
sunless situation	situácia, keď slnko nesvieti	ανήλια κατάσταση	güneşsiz durum	غير مشمس	وضعیت که در آن خورشید نمی درخشد
sunset	západ Slnka	ηλιοβασίλεμα	gün batımı	غروب	آفتابغروب
sunshine duration	slnečný svit	διάρκεια ηλιοφάνειας	güneşlenme süresi	مدة سطوع الشمس	مدت زمان نور افتاب

English	Slovak	Ελληνικά	Turkish	العربيۀ	فارسی (دری)
supplementary lig;hting	združené osvetlenie	συμπληρωματικός φωτισμός	ek aydınlatma	التكميليۀالإضاءۀ	روشنایی یا نورپردازی های مختلط
tanning	opaľovanie	μαύρισμα	bronzlaşma	دباغۀ	برنزه شدن یا تیره شدن پوست با تابش آفتاب
terrestrial	pozemský	επίγειος	dünyasal, dünyada var olan şey	على الأرض	روی زمینی
timber	rezivo	ξυλεία	kereste	خشب	چوب، درخت الواری
top-lit room	miestnosť osvetľovaná z hora	δωμάτιο φωτισμένο εκ της οροφής	üstten aydınlatılmış hacim	الاضاءۀ العلویۀ للغرفۀ	اتاق روشن شده از بالا
translucent	priesvitný	διαπερατός στο φως	ışık geçiren	غیر شفاف	شفاف
transmittance	činiteľ prestupu svetla	διαπερατότητα	geçirme çarpanı	انتقالیۀ الضوء	عامل عبور نور
transparent	priehľadný	διαφανής	saydam; görüntü geçiren	شفا ف	شفاف یا قابل دید
true solar time	pravý slnečný čas	αληθής ηλιακός χρόνος	gerçek güneş zamanı	الوقت الشمسی الحقیقی	زمان واقعی خورشیدی
turbidity	zákal	θόλωση	bulanıklık	التعکر	مه الودی یا تیرگی
unit	jednotka	μονάδα	birim	وحدۀ	واحد
variable	premenná	μεταβλητή	değişken	متغیر	متغیر
vision	videnie	όραση	görme	رؤیۀ	بینایی
visual acuity	presnosť videnia	οπτική οξύτητα	görme keskinliği	حدۀ البصر	دقت بینایی
visual field	zrakové pole	οπτικό πεδίο	görme alanı	المجال البصری	ساحهء دید یا بینایی
visual spectrum	spektrum viditeľného elektromagnetického žiarenia	οπτικό φάσμα	görsel tayf	المرئیالطیف	طیف مرئی تابش الکترومغناطیسی
wavelength	vlnová dĺžka	μήκος κύματος	dalga boyu	الطول الموجی	طول موجی
wire glass	sklo s drôtenou vložkou	γυαλί με ενσωματωμένο σύρμα	telli cam	زجاج یحتوی اسلاک	شیشه سیم حاوی
working plane	pracovná rovina	επίπεδο εργασίας	çalışma düzlemi	خطۀ العمل	مسطح کاری
zenith luminance	jas v zenite	ζενιθεία λαμπρότητα	zenit ışıklılığı	ذروۀ السطوع	اوج روشنایی یا درخشندگی

Glossary

Selection of terms encountered in acoustics, psychoacoustics and vision

A

A-weighting

Generally, the sensitivity of human hearing is restricted to the frequency range of 20 Hz to 20,000 Hz, with greatest sensitivity centered in the 500 to 8,000 Hz frequency range. Above and below this range, the ear becomes progressively less sensitive. To account for this feature of human hearing, sound level meters apply filtering of acoustic signals according to frequency. This filtering is called A-weighting. Sound pressure level values obtained using this weighting are referred to as A-weighted sound pressure levels and are signified by the identifier **dBA.**

Acoustic center

The point in **space** of the origin of sound. For a sound emitting transducer (*e.g.*, a loudspeaker), the point from which the spherical waves appear to diverge as observed at remote points. (See also acoustic origin.) [3]

Acoustic environment

The complete set of all objects and their respective physical properties having an influence on the sound field that surrounds a listener. The acoustic environment is a major determinant of perceived sound quality because most of the sound emitted by a source (*e.g.*, a loudspeaker) typically arrives at the listener through a multiplicity of paths. (A single bounce off an object is termed a "first-order" reflection, two bounces a "second-order reflection," and so on.) Each time a sound reflects off an object, the object's material properties affect how much each frequency component of the sound wave is absorbed and how much is reflected back into the environment. Sounds can also pass through objects, including such "substantial" objects as walls, ceilings, floors and windows. An object's material properties and its geometry—its corners, edges, openings, shape, size, *etc.*—often influence sound in ways more complex than just reflection, including diffraction, refraction and diffusion. [3]

Acoustic origin

The point in **time** at which the signal originates. (See also acoustic center.) [3]

Ambience

In room acoustics, early reflections and reverberation. The audible sense of a room or environment surround a sound source. [3]

Amplitude

A parameter of sound related to the extent of oscillation of a vibrating body, of sound pressure, or of an analog voltage. [1]

Amplitude envelope
The function describing how the maximum amplitude of a sound waveform evolves over time. The amplitude envelope is often characterized as consisting of four parts: The **attack** portion ((i.e., the part during which the amplitude is rapidly increasing); the **decay** portion (i.e., the "backside" of the attack, during which the amplitude is rapidly diminishing); the **sustain** portion (i.e., the part during which the amplitude is relatively stable); and the **release** portion (i.e., the final part during which the amplitude diminishes into silence). [3]

Amplitude modulation.
A change in amplitude according to a periodic or aperiodic function. If the modulation is done periodically, its effects on the carrier tone can be described in two equivalent ways. The first is by simply describing the result as a repeating change in the amplitude of the carrier. The second is to describe it as a mixture of a fixed intensity carrier with a number of additional fixed intensity tones, called "side bands." [1], [4]

Analytic listening
The ability of a listener to perceptually isolate individual elements of a complex sound or sequence, such as frequency components in a complex sound or individual events in rapid sequences. In synthetic listening. the tendency is to perceive sound complexes or temporal sequences in a global fashion. [1]

Anechoic chamber
Literally, without echo. An anechoic chamber is a low-noise, highly absorptive environment, often used in acoustical testing, that allows the direct sound of the device under test (e.g., a loudspeaker) to be measured without contamination from reflections off the chamber's walls, floor or ceiling. [3]

Anisochrony
(See Isochrony.)

Apparent motion
If two lamps at two different locations in space are flashed in close succession, the viewer obtains an impression of motion between them. [4]

Apparent source width (**ASW**)
Discovered and developed by A. H. Marshall, ASW is a subjective parameter of spaciousness in concert halls, and is related to the level, at the listenerís ears, of lateral reflections in the first 50 to 80 milliseconds after the arrival of the direct sound. Increasing the ratio of this reflected energy to the direct sound increases the sense of spaciousness.

Attack
(See amplitude.)

Attenuate, **attenuation**
The lessening of sound signal level due to divergence, absorption, reflection, refraction, diffraction, etc., typically expressed in decibels. [3]

Auditory environment
The perceived image of the acoustic environment; the way the acoustic environment is perceived. (See also virtual auditory environment.) [3]

Auralization
The technique of using computer-based mathematical models of an acoustic environment and 3-D sound processing methods to make audible the sound field of a source in the modeled space. Somewhat analogous to building and viewing a scale model of a contemplated building, auralization enables an acoustician or sound designer to build a computer model of a listening space and then "play" the room's sound through headphones. [3]

B

Backward recognition masking (also called **informational masking**)
The reduction in the ability to recognize a sound pattern due to the subsequent presentation of another sound pattern with similar information content. This kind of masking is thought to result from a process different from that or normal (sensory) masking. [1]

Basilar membrane
The organ of hearing. More specifically, a membrane that runs the length of the cochlea which is a bony, fluid-filled spiral in the inner ear. The basilar membrane performs a kind of frequency analysis of the incoming acoustic signal: different locations along the membrane vibrate preferentially in response to different frequencies. The hair cells connected to each part of the membrane thus preferentially send neural information about the presence of those frequencies to the brain. The spatial pattern of activity along the basilar membrane thus encodes the frequency content of the signal. [1]

Blind spot
(See scotoma.)

C

Cochlea

The snail-shaped cavity, approximately 1-1/4 inches long, 3/8 inches wide and 2 inches high, in the temporal bone that contains the basilar membrane which is the organ of hearing. [4]

Complex tone

A tone composed of two or more pure tones. [1] (See also spectrum.)

Compression

In acoustics, the portion of a sound wave in which air molecules are pushed together, forming a region with higher-than-normal atmospheric pressure. The opposite of rarefaction. In audio signal processing, the reduction in dynamic range caused by a compressor. [3]

Concha

(See pinna.)

Connectionist network or parallel distributed processing networks

(See neural net.)

Critical band

A range of frequencies surrounding the frequency of a designated pure tone. When other pure tones whose frequencies are within this range are played at the same time as the designated tone, the auditory system does not hear the two completely independently. The designated tone may be masked (see masking), beats may be heard, or other forms of interaction may occur. The size of the critical band increases for higher frequency tones, ranging from about 100 Hz for low-frequency tones to above 2 kHz for very high ones. [4]

Critical distance

The distance from a sound source at which direct sound and reverberant sound are at the same level. [3]

D

dBA

See A-weighting.

Decay
(See amplitude envelope.).

Decibel (dB)
A unit of the intensity of sound. The decibel (abbreviated dB) is a relational measure, expressing the relative intensity of the described sound to a reference sound. The decibel is a logarithmic measure, specifically 10 times the logarithm of the ratio of two voltages, currents or sound pressures. A difference of 20 dB between two sounds means that the more intense one has 10 times the amplitude (100 times the power) of the softer. A single decibel is commonly thought to be the smallest change in sound pressure level that the trained human ear can detect. [4]

Diffraction
The bending of a wave front around an obstacle in the sound field. [3]

Diffuse field
Sound field in which the sound pressure level is the same everywhere and the flow of energy is equally probable in all directions. [3]

Diffusion
The spatial and/or temporal scattering of sound energy. [3]

Diffusor
An acoustical device designed to spread sound reflections. [3]

Directional transfer function (DTF)
(See head-related transfer function.)

Directivity factor (**Q**)
The ratio of the sound pressure squared, radiated directly ahead of a sound source, to the sound pressure squared radiated in all directions. [3]

Discrimination.
The perception of fine distinctions or differences between stimuli. [1]

Duplex theory
(See localization.)

E

Echo
A sound wave which has been reflected or otherwise returned with sufficient magni-

tude and delay (typically >90 milliseconds) to be perceived as distinct from that directly transmitted.

Envelopment
In concert hall acoustics, envelopment is the second component of spaciousness, and generally describes a listener's impression of the strength and directions from which the reverberant sound appears to arrive. Listener envelopment (abbreviated LEV) is judged highest when the reverberant sound seems to arrive at a person's ears equally from all directions--forward, overhead and behind. [2]

Eustachian tube
Also known as the **auditory tube**, the Eustachian tube is an approximately 1-1/2 inch long conduit that serves to equalize air pressure on both sides of the tympanic membrane (eardrum), and to allow for drainage of the middle ear by serving as a portal into the nasopharynx (a region of the alimentary canal). [3]

F

Filter
A device that can change the relative amplitudes and phases of the frequency components in the spectrum of a signal. A high-pass filter attenuates low frequencies and lets the high ones pass through. A low-pass filter does the opposite. [4]

Fission boundary
(See temporal coherence boundary.)

Flutter echo
In room acoustics, a series of specific reflective returns caused by large surfaces being parallel to each other. [3]

Fourier analysis
A mathematical analysis of waves, discovered by the French mathematician Fourier (1768-1830). Fourier proved that any periodic sound, or any non-periodic sound of limited duration, could be represented (Fourier analysis) or created out of (**Fourier synthesis**) the sum of a set of pure tones with different frequencies, amplitudes and phases. [4]

Fourier transform
A mathematical description of the relationship between functions of time and corresponding functions of frequency; a map for converting from one domain to the other. For example, if we have a signal that is a function of time--an impulse response--then the Fourier Transform will convert that time domain data into frequency data, for example, a frequency response. [3]

Fovea
The central portion of the retina where visual acuity, or the ability to distinguish small objects and details, is greatest. Only about half a millimeter in diameter, the fovea is the retina's "rod-free zone" and is densely packed with cones. (See also retina.) [3]

Free field
An environment in which there are no reflective surfaces within the frequency region of interest. [3]

Frequency
A measure of the rate at which something repeats. This term usually refers to the repetition rate of a periodic waveform and is expressed in Hz (cycles per second) or kHz (thousands of cycles per second). The period is the inverse of frequency, or the amount of time a single cycle lasts. [1] (See also harmonicity.)

Frequency component
(See harmonic.)

Fundamental frequency
(See harmonic.)

G

G (strength factor)
In concert hall acoustics, the ratio, expressed in decibels, of the sound energy at a seat in a hall that comes from a non-directional source (usually located successively at one to three difference positions on the stage) to the sound energy from the same source when measured in an anechoic room at a distance of 10 meters. G is measured in six frequency bands: 125, 250, 500, 1000, 2000 and 4000 Hz. [2]

H

Harmonic
One component (or partial, or overtone) of a complex tone whose component frequencies are all integer multiples of a common fundamental frequency (see frequency). The intervals between components of the **harmonic series** are defined by **harmonic ratios** (i.e., ratios of simple integer numbers). The term "harmonic ratios" can also be applied to very low frequency rates of repetition as are found in rhythms. [1]

Harmonicity
The state of being harmonic or periodic. Periodicity is mathematically synonymous with harmonicity, though the former refers to a regularity in the sound's time description while the latter refers to a regularity in its frequency description. Contrasting terms to this one include **inharmonicity** or **aperiodicity** (usually for complex tones composed of inharmonically related partials) and randomness (usually employed to refer to noise waveforms). [1]

Haas effect
(See precedence effect.)

Head-related transfer function (HRTF)
The frequency response between the point in space where a sound source is located, and the ear, due to anatomical features of the head, upper torso and pinnae. These features shape the response in such a way as to allow the ear to localize a sound source in space. (Also known as **head transfer function** [HTF], **pinnae transform**, **outer ear transfer function** [OETF], and **directional transfer function** [DTF]. See also localization.)

Helix
(See pinna.)

Helmholtz, Hermann von.
Scientist who, during the second half of the 19th century, contributed to our knowledge about almost every topic in the fields of perception and sensory processes. Helmholtz argued that perception was based upon a process of inference, in which, through past experience, we infer from the sensations we receive at a given time the nature of the object or event that they probably represent. [3]

Hz.
Abbreviation of Hertz. (See frequency.)

I

IACCA (**interaural cross-correlation coefficient**)
The measure of the difference in the sounds arriving at the two ears of a listener facing the performing entity in a hall. IACC is usually measured by recording on a digital tape recorder the outputs of two tiny microphones located at the entrances to the ear canals of a person or a dummy head, and quantifying the two ear differences with a computer program. IACCA is determined with a frequency bandwidth of about 100 to 8000 Hz and for a time period of 0 to about 1 second. No frequency weighting is used. [2]

Impact Isolation Class (IIC)

A measure or specification of isolation effectiveness of building structures from impact noises such as slammed doors, dropped objects, footfalls, shuffled furniture, etc. The higher the IIC rating, the better such isolation. Impact noises can be transmitted through walls, floors, and ceilings throughout a building and re-radiated at distant locations. Careful design and special construction materials (floating floors, isolation pads, resilient channels, spring rails, flexible connectors and hangers, for example) can help improve IIC ratings, which may be thought of as the structure-borne equivalent of the airborne noise ratings addressed by STC. [3]

Impulse response

A measurement of sound pressure versus time, showing how a device responds to an impulse. [3]

Information processing

A key concept in cognitive psychology. Drawing on the image of the way computers work, information resulting from stimulation of the sense organs is analyzed and transformed by a number of serial and parallel processors (see neural net) each of which takes as input the information output by another processor. [1]

Infrasonic

Pertaining to frequencies below the audible range, i.e., sub-20 Hz. Note: Sound in the 2-5Hz range played at 100-125dB may produce difficulty in swallowing and slight post-exposure headache. Sound in the 2-5Hz range played at 125-137dB may produce chest wall vibration; difficulty in speaking and voice modulation; swaying sensations; lethargy and drowsiness; and post-exposure fatigue and headaches. Sound in the 5-15Hz range played at 125-137dB may produce middle-ear pain; difficulty in speaking and voice modulation; severe chest wall vibration; severe abdomen vibration and associated feelings of nausea; a falling sensation; lack of concentration and drowsiness; tinnitus; and severe post-exposure fatigue and headaches. According to some researchers, 7Hz is possibly the most disturbing frequency, being close to the natural resonance frequency of many of the internal body organs and being the same frequency as the alpha brainwaves. Sound in the 15-20Hz range played at 125-137dB may produce severe middle ear pain; respiratory difficulties (gagging sensations); nasal cavity vibration; persistent eye watering; tinnitus; sensation of fear; excessive perspiration and shivering; and severe post-exposure fatigue and headaches. [3]

Inharmonic tone

A tone composed of partial that are not all integer multiples of a common fundamental. [4]

Inner ear
The deepest part of the ear. It is contained within a system of spaces and canals, known as the osseous or bony labyrinth, in the temporal bone. These spaces and canals are divided into three sections: the **vestibule**, which contains two balance organs, the **utricle** and **saccule**; the **semicircular canals**, located behind the vestibule, and the cochlea. The spaces between the bony walls of the osseous labyrinth and the membranous labyrinth are filled with one of several types of fluid, which deliver nutrients to the cells of the inner ear; provide the chemical environment needed for transfer of energy from a vibratory stimulus to a neural signal; and function as the medium to carry vibratory stimuli from the oval window to the sensory structures along the cochlear partition. [3], [5]

Intensity
The name given to the physical energy with which a sound is present. It contrasts with "loudness," which is the perceptual experience approximately correlated with that physical intensity. [4]

Isochrony
A sequence of events is called isochronous if the time separating each pair of successive events is strictly equal. The absence of isochrony is called **anisochrony**. [1]

J

Just noticeable diference (**jnd**)
The smallest change in a stimulus parameter (frequency, intensity, duration) that can be detected by a listener at a predefined level of performance (e.g., 71 percent of the time). [1] (See also Weber's law.)

K

kHz
Abbreviation of kiloHertz. (See frequency.)

L

Listener envelopment (LEV)
In concert hall acoustics, a component of spaciousness referring to a listener's impression of the strengths and directions from which the reverberant sound seems to arrive. Listener envelopment is judged highest when the reverberant sound seems to arrive equally from all directions--forward, overhead, behind. [2]

Liveness
In concert hall acoustics, a subjective quality related primarily to the reverberation times at the middle and high frequencies, those above about 350 Hz. A hall can sound "live" and still be deficient in bass. If a room is sufficiently reverberant at low frequencies, it is said to sound "warm." [2]

Localization
The judgment of the place of spatial origin of a sound. Humans localize sounds based on two primary cues: **interaural intensity difference** (IID), and **interaural time difference** (ITD). IID refers to the fact that a sound is louder at the ear it is closer to (the "**ipsilateral**" ear) for two reasons: because sound intensity diminishes with distance traveled; and because the head itself blocks the sound path to the more distant ("**contralateral**") ear). ITD refers to the fact that a sound will arrive at the ipsilateral ear before the contralateral ear. Generally speaking, the ear-brain system uses ITD cues to determine the spatial origin of low-frequency sounds, and IID cues to determine the spatial origin of higher frequency sounds. The IID/ITD keys to localization were first proposed by Lord Rayleigh in the first decade of the 20th century, and are sometimes referred to as the **duplex theory** of localization. About 60 years later researchers discovered that, in addition to IID and ITD information, the brain processes information about the sound source's location based on how its energy has been accentuated or attenuated in the mid- and high-frequency ranges by minute time delays caused by the folds and depressions in the listener's pinnae (and at lower frequencies by the shoulders and upper torso): Because of the pinna's asymmetry, different angles of sound incidence produce different characteristic filtering. (The spectral-shaping influence of the pinnae can be readily verified by trying to localize sound after filling their cavities with putty.) The effect of filtering by the pinna and upper body is termed the **head-related transfer function** (HRTF) and is unique for each individual, similar to a fingerprint. Localization accuracy in humans is most precise for sound sources located in front of the listener and at ear level. Localization is not simply an auditory process, but includes higher order brain functions which combine learned responses, complex pattern matching, and cross referencing with other senses in the brain, resulting in a unified (though not always correct) perception of the location of a sound source. (See also visual capture.) [3], [4]

Logarithmic scale
A scale in which the logarithm of the physical variable is used instead of the raw value. This has the effect that equal steps along the scale represent equal ratios between the raw values.

M

Masking
The process by which one sound (the masker) affects the threshold of audibility of another sound (the target or probe) when played at the same time. More intense sounds mask less intense ones. The amount of masking depends on the proximity of the frequency components (see critical band, frequency and harmonic) of the two sounds, as well as on the global intensity of the masker. The greater the level, the greater the extent to which a given masker frequency can mask target components at higher frequencies (see backward recognition masking). [1]

Meatus (also called the **external auditory meatus**)
The ear canal, leading from the concha to the tympanic membrane (eardrum). Approximately 1 inch long, the outer one-third of the meatus is cartilaginous; the remaining two-thirds is bony. Ceruminous (wax) and sebaceous (oil) glands are plentiful in the cartilaginous segment, and are also found on the posterior and superior walls of the bony canal. The wax and oil lubricate the canal and help keep it free of debris and foreign objects. [5]

Mental representation
A hypothetical pattern of mental or brain activity that represents some feature of the world, of the person, or of the interaction between the person and the world. [1]

Middle ear
A six-sided cavity between the outer ear and the inner ear, principally containing the ossicles (often called the "hammer" [malleus], "anvil" [incus] and "stirrup" [stapes], the three smallest bones in the body); two muscles, the **tensor tympani** and the **stapedius**; and the opening to the Eustachian tube. Sound is transformed at the middle ear from acoustical energy at the eardrum to mechanical energy at the ossicles; the ossicles convert the mechanical energy into fluid pressure within the inner ear via motion at the oval window. [3], [5]

N

Near field
That part of a sound field, usually within about two wavelengths from a sound source, where there is no simple relationship between sound level and distance. [3]

Neural net
A system composed of many simple processing units, formally mimicking the operation of nerve cells, which are connected together in complex patterns of excitation and

inhibition and propagate activation to other units by way of these connections. The current state of a given unit and the degree to which it excites other units can be influenced by the success it has had in activating them. Propagated activity among cells can lead the system to stable states in which the activity of the units remains relatively constant. These states constitute the "response" of the system to a given stimulation by the (external or internal) environment. The main hypothesis concerning this kind of architecture (also called **connectionist** or **parallel distributed processing** networks), is that it is better suited to modeling the microstructure of cognition than more classical data flow or serial processing models: processing, representation and memory are postulated to be distributed over units in the net rather than being constrained to specific storage locations and processing routines. [1]

Neuron

A nerve cell. A neuron's job is to take in information from the cells that feed into it; to integrate (sum up) that information; and to deliver that integrated information to the next neuron. The information is usually conveyed in the form of brief **nerve impulses**. In a given cell, one impulse is the same as any other; they are "stereotyped" events. Impulse rates vary from one every few seconds to about 1000 per second. Anatomically, the nerve cells consists of a globular-shaped **cell body** with a nucleus, mitochondria and other organelles; a cylindrical-shaped, signal-transmitting nerve fiber called an **axon**; and a number of branching and tapering fibers called **dendrites**, typically under one millimeter in length. The entire nerve cell-the cell body, axon and dendrites-is encased in the **cell membrane**. The cell body and dendrites receive information from other nerve cells; the axon, which may be anywhere from less than a millimeter to more than one meter in length, transmits this information from the nerve cell to other nerve cells. Near the point where they end, an axon typically splits into many smaller branches whose ends come very close to, but do not touch, the cell bodies or dendrites of other nerve cells. At these regions, called **synapses**, information is conveyed from one nerve cell, called the **presynaptic cell**, to the next, called the **postsynaptic cell**. Neural signals originate at a point near where the axon joins the cell body, and travel down the length of the axon, away from the cell body and toward the terminal branches. At a terminal, the information is transferred across the synapse to the next cell or cells by a process called **chemical transmission**. [6]

Noise

A random waveform whose frequency spectrum contains all audible frequencies, called **white noise**. A noise signal that contains all frequencies with equal energy per octave is called **pink noise**, commonly used to test loudspeakers. A noise signal that is filtered, removing higher and lower frequencies and just letting through a small band of frequencies, is called **narrow-band** or **band-pass** noise. Filtering out the high frequencies starting from a certain cut-off frequency gives **low-pass** noise. Taking a noise waveform over a certain time period and then repeating this segment gives what is called **frozen** noise. [1]

Noise criteria (NC) curves

A measure of background noise in rooms. Each NC curve is defined by its sound pressure level at eight octave-band center frequencies: 63, 125, 250, 500 1000, 2000, 4000 and 8000 Hz. The lower the NC rating, the lower the background noise level. The preferred range of NC performance for sound-critical spaces (e.g., home theaters, home media rooms, home listening rooms, concert and opera halls, recital halls and broadcasting and recording studios) is < NC-20. Factors that must be addressed in achieving satisfactory NC performance typically include mechanical (HVAC) design and the construction detailing of the room's envelope, i.e., its walls, ceiling, floor, windows and doors, in order to reduce noise infiltration from areas exterior to the room. [3] (See also Sound Transmission Class (STC) and Impact Isolation Class (IIC)

O

Outer ear

The external structure of the ear, consisting of the pinna and meatus.

P

Parallax

A major clue to the perception of depth in vision, parallax arises from the relative motions of near and far objects that is produced when the viewer moves his or her head up and down or from side to side.[3]

Percept

What the perceiver sees or hears as a result of stimulation, as opposed to the physical reality of the stimulation. The percept may be considered the "object" of study in perceptual psychology. [1]

Perceptual invariance

The impression of perceiving the same object, event or pattern in spite of variations in stimulus structure, due, for example, to being played louder or softer, faster or slower, higher or lower, or in different acoustic environments. [1]

Phase

The phase is the particular point in a wave that is passing a position in space at a certain instant of time. Phase is measured in units of degrees, with 360 degrees representing one complete cycle of the wave. If two tones have the same period and are occurring at the same time, the temporal lag of one with respect to the other can be described in terms of phase. If two waves are out of phase by 180 degrees, the later one is lagging by one-half a period. [4]

Phonemic restoration
A hypothetical active process by which a speech sequence that is interrupted by a noise sound in place of a given phoneme results in the listener's impression of having heard the phoneme. This effect does not occur if a silent gap is left at the place where the phoneme normally occurs. [1]

Pink noise
(See noise.)

Pinna
The external, visible, largely cartilaginous appendage of the outer ear. Its perimeter is demarcated by a ridge-like rim called the **helix**, which curves down to the earlobe (lobule) at its bottom. Roughly in the middle is a relatively large, cup-shaped depression called the **concha**. [3]

Polar pattern
The characteristic sound radiation pattern of a microphone and loudspeaker, usually plotted to show sound sensitivity or output, respectively, at various angles of sound incidence. [3]

Polarity
The positive or negative direction of an electrical, acoustical or magnetic force. Two identical signals in opposite polarity are 180 degrees apart at all frequencies. Polarity is not frequency dependent. [3]

Precedence effect
An effect in which the human auditory system suppresses early reflections of a direct sound, i.e., it "fuses" the direct sound and its early reflections and localizes the source on the basis of the earlier (i.e., direct) sound. The basis for the distinction is that the reflections arrive with a certain delay compared to the direct sound. Precedence effect is sometimes referred to as the **law of the first wavefront** or the **Haas effect**. [3]

Propagation
The travel of sound waves through a medium (e.g., air). [3]

Psychoacoustics
The study of the relationship between physical measures of sound (e.g., amplitude and frequency) and the perception of them. [3]

Pure tone
A tone with a sinusoidal waveform is called a pure tone because it is considered to be the simplest form of tone and sounds pure when played in isolation. [1]

R

Rarefaction
The portion of a sound wave in which air molecules are spread apart, forming a region with lower-than-normal atmospheric pressure. The opposite of compression. [3]

Recognition
The impression that an object, event or sequence has been experienced before or is familiar. [1]

Reflection
In acoustics, the bouncing or return of a sound wave from an object larger than one-quarter wavelength of the sound. When the object is one-quarter wavelength or slightly smaller, it also causes diffraction of the sound. [3]

Refraction
The change in direction of a sound wave that occurs when sound passes from one medium to another (e.g., from air to glass to air, or through layers of air with different temperatures. [3]

Relative phase
The phase of one sine wave compared to another. [3]

Resonance structure
A resonance structure can be described in terms of the relative level produced at each frequency by a resonating object. Most physical objects (membranes, bars, air columns, strings) have several modes of vibration that resonate at different frequencies, thus constituting a complex resonance structure. In the case of speech, these resonance regions are called formants. The placement of the formants is a major clue to the identity of a vowel. The way resonant frequencies change rapidly over time is a clue to the identity of several classes of consonants. [1]

Retina
Technically a part of the brain and located on the inner surface of the eyeball, the retina translates light into nerve signals, which are then routed via the optic nerve to the lateral geniculate body. The retina consists of three layers of nerve-cell bodies. The layer at the back of the retina contains roughly 125 million light receptors, the **rods** and **cones**. Rods, which considerably outnumber cones, are responsible for our vision in dim light and are out of commission in bright light. The three types of cones do not respond to dim light but are responsible for our ability to see fine detail and for color vision; cones are "tuned" to absorb long, medium or short wavelengths of light, loosely corresponding to red, green and blue. The distribution of rods and cones varies considerably over the surface of the retina; in the center, where fine-detail vision is best,

is the **fovea**, which is densely packed with cones. The retina's middle layer contains three types of nerve cells: **bipolar** cells, which receive input from the receptors (i.e., rods and cones); **horizontal** cells, which link receptors and bipolar cells; and **amacrine** cells, which link bipolar cells and **retinal ganglion cells**. The layer at the front of the retina contains approximately 1 million of the aforementioned retinal ganglion cells, whose axons pass across the surface of the retina, collect in a bundle, and leave the eye to form the optic nerve. [6]

Reverberant sound field
A sound field made of reflected sounds in which the time average of the mean square sound pressure is everywhere the same and the flow of energy in all directions is equally probable. This requires an enclosed space with essentially no acoustic absorption, e.g., a reverberation chamber. [3]

Reverberation
In concert hall acoustics, reverberation refers to sound that persists in a venue after a tone is suddenly stopped. A hall that is reverberant is called a "live" hall. (See also liveness.) A room that is not reverberant is called a "dead" or "dry" room. [2]

Reverberation time (RT)
Defined as the time, multiplied by a factor of 2, that it takes for the sound in a hall to decay from -5 to -35 dB below its steady-state value. The factor of 2 is necessary because RT must conform to the original definition of sound decay which was from 0 to -60 dB. Roughly speaking, RT is the time it takes for a loud sound to decay to inaudibility after its source is cut off. RT is usually measured in octave or one-third octave bands. The source of sound may be a pink noise or a sound impulse. Originally, RT was determined from a plot of sound pressure level vs. time as recorded on the moving paper of a graphic level recorder. Today it is determined by the Schroeder (1965) method which involves computer integration of a backward-played tape recording of the decaying signal. The mid-frequency RT is the average of the RTs at 500 and 1000 Hz. The measurement is generally made in both occupied and unoccupied halls, at two positions when occupied or at 8 to 24 positions when unoccupied. The data in each frequency band at the various positions are averaged. A least-squares fit to the -5 to -35 dB portion of the decay curve is used in setting the value of RT for each band and position. The RTs of the largest stone cathedrals can be nearly 10 seconds; the world's most renowned concert halls typically fall in the range of 1.8 to 2.2 seconds; opera houses typically fall in the 1.2 to 1.6 second range; aggressively damped home theaters can exhibit RTs below 0.25 seconds. A venue's use and its RT must be consonant: A home theater with a 6 second RT would render movie dialog unintelligible, while a cathedral with a 0.3 second RT would deflate its sonic grandeur. [2], [3]

Rhythm pattern
A sequence of events having a specific set of time intervals between the onsets of successive events. Sequences having different onset-to-onset intervals are said to have different rhythmic structures or temporal structures. [1]

Room modes
Frequencies at which sound waves in a room resonate (in the form of standing waves), based on the room dimensions. [3]

S

Sabin
In acoustics, a unit of absorption equal to the absorption of 1 square foot of surface which is totally sound absorbent. Named after Wallace Clement Sabine, the Harvard professor honored as the "father of architectural acoustics" for his investigations into concert hall sound at the turn of the century. [3]

Saccade
The normal, but largely unnoticed rapid darting of the eyes from one fixed point to another. [3]

Schroeder integration of reverberation
In acoustics, an integration of reverberant data in which the last energy is integrated first and the initial arrival is integrated last, all of which is normalized by the total. The integration simulates the effect of taking many time measurements and averaging them together. [3]

Scotoma
The "blind spot" in human vision corresponding to the region where the optic nerve enters the eye, i.e., the oval-shaped area about 2 millimeters in diameter with no rods or cones. You can "map" your blind spot simply by closing one eye and gazing at a small object across the room. Hold a Q-Tip at arm's length directly in front of the object and slowly move it out to the right exactly horizontally. The white cotton will vanish when it is about 18 degrees out. Now, if you place the stick so that it runs through the blind spot, it will appear as a single, continuous stick, without any gap. (This feature is referred to as "completion.") You are not normally aware of your blind spot, and cannot be, unless you test for it. You don't see black or white or anything there; you see nothing. [3], [6]

Signal-to-noise ratio (**S/N**)
The ratio in decibels between signal and noise. An audio component with a high signal-to-noise ratio has relatively little background noise accompanying the signal; a component with a low signal-to-noise ratio is noisy. [3]

Sine wave
The simplest form of periodic wave motion, expressed by the equation y = sin x, where x is degrees and y is voltage or sound pressure level. All other forms can be created by adding (mixing) a number of sine waves. The wave form of a "pure tone" is a sine wave. [4]

Sinusoidal
Having the shape of a sine wave. [4]

Sone
In acoustics, a unit of loudness. Defined as the loudness of a 1000 Hz tone 40 dB above threshold. A **millisone** is one-thousandth of a sone and is often called the **loudness unit**. [3]

Sound
Energy that transmitted by pressure waves in air or other materials and is the objective cause of the sensation of hearing. Longitudinal vibrations in a medium in the frequency range 20 Hz to 20 kHz. [3]

Sound Transmission Class (**STC**)
In acoustics, a single number rating for describing sound transmission loss of a wall or partition. [3]

Spaciousness
In concert hall acoustics, a hall is said to be "spacious" if the music performed in it appears to the listener to emanate from a source wider than the visual width of the actual source, and if the listener is noticeably enveloped by the reverberant sound. The former attribute is often referred to as apparent source width (ASW); the latter attribute is often referred to as listener envelopment (LEV). [2], [3]

Spectral envelope
(See spectrum.)

Spectrogram
(See spectrum.)

Spectrum
A description of the frequency content of a sound waveform, usually presented as a graph with frequency on the abscissa (x axis) and amplitude on the ordinate (y axis). A pure tone would have a single vertical line at the appropriate frequency with a height indicating its amplitude. A complex sound (see complex tone) would have several such lines, indicating the multiple components. Drawing a curve through the tops of the lines would describe the **spectral envelope**. A **spectrogram** is another repre-

sentation of a spectrum in which the time component is reintroduced: time is represented on the abscissa, frequency on the ordinate, and amplitude is coded as the darkness of the trace at a given frequency and time. In an auditory **neural spectrogram**, instead of a continuous signal, the probability of occurrence of nerve spikes at a given moment in time is represented. The frequency axis is replaced by a frequency-specific auditory nerve channel (see basilar membrane). A third type of spectral representation called a time-frequency perspective plot is drawn in three dimensions, with time along the x axis, amplitude along the y axis, and frequency along the z axis. [1]

Specular reflection
A mirror-like reflection of sound from a flat surface; reflections that do not spread out. [3]

Speech intelligibility
A measure of sound clarity that indicates the ease of understanding speech. It is a complex function of psychoacoustics, signal-to-noise ratio of the sound source, and direct-to-reverberant energy within the listening environment. [3]

Speed of sound
In air, approximately 344 $m.s^{-1}$ (1130 feet per second) at 20 degrees Centigrade. [3]

Standing wave
In acoustics, an apparently stationary waveform created by multiple reflections between opposite room surfaces. At certain points along the standing wave, the direct and reflected waves cancel, and at other points the waves add together or reinforce each other. These are sometimes called room modes. [3]

Stapedius
The smallest muscle in the body, located in the middle ear. Contraction of the stapedius pulls the **stapes**, altering the mechanical efficiency of the ossicular chain. [3], [5]

Synthetic listening
(See analytic listening.)

T

Temporal acuity
The degree to which the auditory system can resolve, or separately distinguish, events separated by extremely brief time periods. [1]
Temporal coherence boundary
Defines the threshold for hearing a repeating two-tone sequence as composed of a

single auditory stream across a range of frequency differences between the tones and rates of tone presentation when the listener is trying to hear a single stream. Above the boundary, the sequence is always heard as two streams. Below it, the sequence may be heard as a single stream. This boundary is contrasted with the **fission boundary**, which defines the threshold for hearing the same kind of repeating sequences when the listener is trying to hear two separate streams. Above the fission boundary, the sequence may be heard as two streams, but below it the sequence is always heard as a single stream. [1]

Timbre
Also referred to as sound quality or sound color. The classic negative definition of timbre is: the perceptual attribute of sound that allows a listener to distinguish among sounds that are otherwise equivalent with respect to pitch, loudness, and subjective duration. Contemporary research has begun to decompose the attribute into several perceptual dimensions of a temporal, spectral, or spectro-temporal nature. [1]

Tinnitus
A sensation of noise, frequently of ringing, in the ears. **Tinnitus aurium** refers a subjective sensation of noises in the ears. **Objective tinnitus** refers to abnormal or pathological sounds originating within the body, in the region of the ear, which are audible to others than the subject. [3], [7]

V

Virtual auditory environment
A perceived auditory environmentwhich has been manipulated so that it does not correspond to the immediate physical environment. A trivial example is the use of headphones, which typically foster the sense of sound originating within the head, while the physical situation contains two sound sources located on either side of the head. [3]

Visual capture
The phenomenon is which visual perception dominates when visual cues and other sensory cues--auditory, proprioceptive, haptic, etc.--are in direct conflict. In audio design, the effect allows a loudspeaker to be placed at some distance away from a video display without the audience perceiving the disparity in location between the visual event generated on the screen, and the sonic event generated in the distant speaker. There are limits to vision's tendency to "overpower" the other senses: In the case of audio design, the limits can be usefully defined in terms of angular disparity, beyond which the audience "hears" the sonic event as being spatially distinct from, and thus conflicting with, the locus of the visual event. [3]

W

Warmth

In concert hall acoustics, warmth is defined as liveness of the bass, or fullness of the tone between 75 and 350 Hz, relative to that of the mid-frequency tones (350 to 1,400 Hz). Musicians sometimes describe as "dark" a hall that has too strong a bass, or whose high frequencies are greatly attenuated. [2]

Weber's law

Discovered by Ernest Heinrich Weber in 1834. States that the smallest detectable change (jnd) in intensity is a constant fraction of the level of stimulation. Georg Fechner turned Weber's law into a psychophysical logarithm of the magnitude of stimulation (I), or $S = k \log I$. A great deal of psychophysical research has attempted to establish the Weber-Fechner law for sensory dimensions other than intensity, e.g., frequency and duration in audition. While the empirical data conform fairly well to the law over a certain range of values for each dimension, they can differ substantially at extremes of the range of perceptible values. [1]

References:

[1] McAdams, S. & E. Bigand, eds. (1993). Thinking in Sound: The Cognitive Psychology of Human Audition, Clarendon Oxford.

[2] Beranek, L. (1996). Concert and Opera Halls: How they Sound. Woodbury NY: Acoustical Society of America.

[3] Keith Yates. Nor Cal Office:, 359 Nevada St, Suite 203, Auburn, CA 95603.

[4] Bregman, A. S. (1990). Auditory Scene Analysis. Cambridge, MA: MIT Press.

[5] Gelfand, S. (1998). Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics, 3rd ed. New York: Marcel Dekker.

[6] Hubel, D. (1988). Eye, Brain and Vision. New York: Scientific American Library.

[7] Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 25th ed. Philadelphia: W.B. Saunders.

اصطلاحات صوتی

مجموعه ای رو به رشد از اصطلاحاتی که در آکوستیک، روان آکوستیک، بینایی، صوتی/ تصویری، فناوری های سرگرمی و زمینه های مرتبط وجود دارد.

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

منابع

آA

وزنه برداری

به طور کلی، حساسیت شنوایی انسان به محدوده فرکانس 20 هرتز تا 20 هزار هرتز محدود می شود ، بیشترین حساسیت در محدوده فرکانس 500 تا 8 هزار هرتز است. در گوشه بالا و پایین این گوش، به تدریج از حساسیت کمتری برخوردار می شود. برای در نظر گرفتن این ویژگی شنوایی انسان، مترهای سطح صدا فیلتر کردن سیگنال های صوتی را با توجه به فرکانس اعمال می کنند. به این فیلتراسیون A-weighting گفته می شود. مقادیر سطح فشار صدا که با استفاده از این وزن گیری بدست می آیند به عنوان سطح فشار صدا با وزن A شناخته می شوند و با شناسه dBA نشان داده می شوند.

مرکز صوتی

نقطه در فضای منشا صدا. برای مبدل ساطع کننده صدا (به عنوان مثال یک بلندگو)، نقطه ای که به نظر می رسد امواج کروی از آنجا که در نقاط از راه دور مشاهده می شود، از هم جدا می شوند. (به اصالت صوتی نیز مراجعه کنید.) (3)

محیط صوتی

مجموعه کاملی از همه اشیا و خصوصیات فیزیکی مربوطه آنها با تأثیر بر روی زمینه صوتی که شنونده را احاطه کرده است. محیط صوتی عامل اصلی تعیین کننده کیفیت صدا است زیرا بیشتر صدای منتشر شده از یک منبع (به عنوان مثال یک بلندگو) معمولاً از طریق چندین مسیر به گوش شنونده می رسد. (یک گزاف گویی از روی یک شی، انعکاس "مرتبه اول" نامیده می شود ، دو بار "یک انعکاس مرتبه دوم" و غیره.) هر بار که یک صدا از یک جسم منعکس می شود، خصوصیات ماده جسم بر میزان هر فرکانس تأثیر می گذارد جز component موج صوتی جذب شده و چقدر به محیط بازتاب می یابد. صدا همچنین می تواند از طریق اشیا pass عبور کند، از جمله اشیا "قابل توجه" مانند دیوارها، سقف ها، کف و پنجره ها. خصوصیات مادی یک شی و هندسه آن - گوشه ها، لبه ها، دهانه ها، شکل، اندازه و غیره - اغلب بر روی صدا به طرق پیچیده تری از بازتاب، از جمله پراش، شکست و انتشار تأثیر می گذارد. (3)

منشا صوتی

نقطه زمانی که سیگنال از آن نشات می گیرد. (به مرکز صوتی نیز مراجعه کنید.) (3)

محیط

در آکوستیک اتاق، بازتاب اولیه و طنین انداز. حس شنیدنی یک اتاق یا محیط اطراف یک منبع صدا را احاطه کرده است. (3)

دامنه

یک پارامتر صدا مربوط به میزان نوسان یک بدن ارتعاشی ، فشار صدا یا ولتاژ آنالوگ است. (1)

پاکت دامنه

تابعی که توصیف می کند حداکثر دامنه شکل موج صدا در طول زمان چگونه تکامل می یابد. پاکت دامنه اغلب به این صورت است که از چهار قسمت تشکیل شده است: قسمت حمله (یعنی بخشی که دامنه به سرعت در حال افزایش است). قسمت پوسیدگی (به عنوان مثال، "پشت" حمله، که طی آن دامنه به سرعت در حال کاهش است)؛ قسمت نگهدارنده (یعنی قسمتی که دامنه آن نسبتاً پایدار است)؛ و قسمت آزاد (به عنوان مثال، قسمت نهایی که طی آن دامنه به سکوت کاهش می یابد). (3)

مدولاسیون دامنه

تغییر دامنه با توجه به یک تابع تناوبی یا ادواری. اگر مدولاسیون به صورت دوره ای انجام شود، می توان تأثیرات آن را بر تن حامل به دو روش معادل توصیف کرد. اولین مورد به سادگی توصیف نتیجه به عنوان تغییر تکرار دامنه حامل است. مورد دوم توصیف آن به عنوان مخلوطی از یک حامل با شدت ثابت با تعدادی تن دیگر با شدت ثابت اضافی است که "نوارهای جانبی" نامیده می شوند. (1) (4)

گوش دادن تحلیلی

توانایی شنونده در جدا کردن ادراکی از عناصر منفرد یک صدا یا دنباله پیچیده، مانند اجزای فرکانس در یک صدای پیچیده یا رویدادهای منفرد در توالی سریع. در گوش دادن ترکیبی ، تمایل به درک مجتمع های صوتی یا توالی های زمانی به صورت جهانی است. (1)

کم خونی

به معنای واقعی کلمه، بدون پژواک. محفظه anechoic یک محیط کم صدا و بسیار جاذب است که غالباً در آزمایش صوتی مورد استفاده قرار می گیرد و اجازه می دهد صدای مستقیم دستگاه مورد آزمایش (مثلاً یک بلندگو) بدون آلودگی حاصل از بازتاب دیواره ها، کف یا سقف محفظه اندازه گیری شود. (3)

آنیسوکرونی

(به ایزوکرونی مراجعه کنید).

حرکت ظاهری

اگر دو لامپ در دو مکان مختلف در فضا وجود داشته باشد. (4)

عرض منبع ظاهری (ASW)

ASW که توسط A. H. Marshall کشف و توسعه یافته است ، یک پارامتر ذهنی از جادار بودن در سالن های کنسرت است و به سطح بازتابنده های جانبی در 50 تا 80 میلی ثانیه پس از رسیدن صدای مستقیم در گوش شنونده مربوط می شود. افزایش نسبت این انرژی منعکس شده به صدای مستقیم ، حس جادار بودن را افزایش می دهد.

حمله

(دامنه را ببینید)

تضعیف، تضعیف

کاهش سطح سیگنال صوتی به دلیل واگرایی، جذب، بازتاب، شکست، پراش و غیره، به طور معمول در دسی بل بیان می شود. (3)

محیط شنیداری

تصویر درک شده از محیط صوتی ؛ نحوه درک محیط صوتی. (به محیط شنوایی مجازی نیز مراجعه کنید.) (3)

شنیداری

تکنیک استفاده از مدلهای ریاضی مبتنی بر رایانه در یک محیط صوتی و روشهای پردازش صدا 3-D برای شنیدن صدای زمینه یک منبع در فضای مدل شده. تا حدودی مشابه ساخت و مشاهده یک مدل مقیاس از یک ساختمان متصور ، شنیداری صدا را قادر می سازد تا یک آکوستیک یا طراح صدا یک مدل رایانه ای از یک فضای گوش دادن بسازد و سپس صدای اتاق را از طریق هدفون "پخش" کند. (3)

بB

پوشاندن تشخیص عقب (که پوشاندن اطلاعاتی نیز نامیده می شود)

کاهش توانایی تشخیص یک الگوی صدا به دلیل ارائه بعدی الگوی صوتی دیگری با محتوای اطلاعات مشابه. تصور می شود که این نوع نقاب زدن نتیجه فرایندی متفاوت از پوشاندن آن یا حالت عادی (حسی) است. (1)

غشای بازیلار

اندام شنوایی. به طور خاص ، غشایی که طول حلزون گوش را اجرا می کند که یک مارپیچ استخوانی و پر از مایع در گوش داخلی است. غشا bas پایه یک نوع تجزیه و تحلیل فرکانس سیگنال صوتی ورودی را انجام می دهد: مکان های مختلف در امتداد غشا در پاسخ به فرکانس های مختلف ترجیحاً لرزش می کنند. سلولهای مویی متصل به هر قسمت از غشا thus بنابراین ترجیحاً اطلاعات عصبی مربوط به وجود آن فرکانس ها را به مغز ارسال می کنند. الگوی مکانی فعالیت در امتداد غشا bas پایه، محتوای فرکانس سیگنال را کد می کند. (1)

نقطه کور

(به اسکوتوم مراجعه کنید).

Cج

حلزون گوش

حفره حلزونی شکل، به طول تقریبی 1-1 / 4 اینچ، عرض 8/3 اینچ و ارتفاع 2 اینچ، در استخوان گیجگاهی که حاوی غشا bas پایه است که اندام شنوایی است. (4)

لحن پیچیده

لحنی متشکل از دو یا چند لحن خالص. (1) (همچنین به طیف مراجعه کنید).

فشرده سازی

در آکوستیک، بخشی از یک موج صوتی که در آن مولکول های هوا به هم فشار داده می شوند، منطقه ای را با فشار اتمسفر بالاتر از حد نرمال تشکیل می دهند. عکس حالت کمیابی است. در پردازش سیگنال صوتی، کاهش دامنه دینامیکی ناشی از کمپرسور. (3)

کانچ

(نگاه کنید به pinna).

شبکه ارتباطی

(به شبکه عصبی مراجعه کنید).

گروه انتقادی

طیف وسیعی از فرکانس های اطراف فرکانس یک صدای خالص تعیین شده. هنگامی که تن های خالص دیگر که فرکانس های آنها در این محدوده است همزمان با لحن تعیین شده پخش می شوند، سیستم شنوایی این دو را کاملاً مستقل نمی شنود. لحن تعیین شده ممکن است پوشیده باشد (نگاه کنید به پوشش)، ممکن است ضربانهایی شنیده شود یا اشکال دیگری از تعامل ایجاد شود. اندازه باند بحرانی برای زنگ های فرکانس بالاتر افزایش می یابد، از حدود 100 هرتز برای زنگ های با فرکانس پایین تا بالاتر از 2 کیلوهرتز برای آنهایی که بسیار بالا هستند. (4)

فاصله بحرانی

فاصله از یک منبع صوتی که در آن صدای مستقیم و صدای طنین انداز در یک سطح هستند. (3)

دD

dBA

به وزنه A مراجعه کنید.

پوسیدگی

(به پاکت دامنه مراجعه کنید).

دسی بل (dB)

واحدی از شدت صدا. دسی بل (dB مخفف شده) یک معیار رابطه ای است که شدت نسبی صدای توصیف شده را به صدای مرجع بیان می کند. دسی بل یک معیار لگاریتمی است ، به طور مشخص 10 برابر لگاریتم نسبت دو ولتاژ ، جریان یا فشار صوتی. اختلاف 20 دسی بل بین دو صدا به این معنی است که صدای شدیدتر 10 برابر دامنه (100 برابر قدرت) نرمتر است. معمولاً تصور می شود که یک دسی بل کوچکترین تغییر در سطح فشار صدا است که گوش انسان آموزش دیده می تواند تشخیص دهد. (4)

انکسار

خم شدن جبهه موج به دور مانعی در زمینه صدا. (3)

میدان پراکنده

میدان صوتی که در آن سطح فشار صدا در همه جا یکسان است و جریان انرژی در همه جهات به یک اندازه محتمل است. (3)

انتشار

پراکندگی مکانی و / یا زمانی انرژی صوتی. (3)

دیفیوزر

دستگاه صوتی برای پخش بازتاب صدا طراحی شده است. (3)

عملکرد انتقال جهت دار (DTF)

(به عملکرد انتقال مربوط به سر مراجعه کنید).

ضریب جهت (Q)

نسبت مربع فشار صدا ، که مستقیماً جلوتر از یک منبع صدا تابش می شود ، به مربع فشار صدا تابش شده از همه جهات. (3)

تبعیض

درک تمایزهای خوب یا تفاوت بین محرک ها. (1)

نظریه دوبلکس

(به محلی سازی مراجعه کنید).

E

اکو

یک موج صوتی که با اندازه و تأخیر کافی منعکس شده یا در غیر این صورت برگردانده شده است (به طور معمول> 90 میلی ثانیه) تا متمایز از آن باشد که مستقیماً منتقل می شود.

پوشاندن

در آکوستیک سالن کنسرت ، پوشش دومین component لفه فضای وسیع است و به طور کلی برداشت شنونده را از قدرت و جهاتی که به نظر می رسد صدای طنین انداز از آنجا می رسد، توصیف می کند. وقتی به نظر می رسد صدای طنین انداز از همه جهات - به جلو، بالای سر و عقب - به گوش فرد می رسد، پوشش شنونده (با اختصارLEV) بیشترین ارزیابی می شود. (2)

لوله استاش

لوله اوستاکیان که به عنوان لوله شنوایی نیز شناخته می شود ، مجرایی با طول تقریبی 1-1 / 2 اینچ است که می تواند فشار هوا را در دو طرف غشای تمپان (لاله گوش) برابر کند و باعث تخلیه گوش میانی با استفاده از دریچه ای به نازوفارنکس (ناحیه ای از کانال تغذیه ای). (3)

F

فیلتر

دستگاهی که می تواند دامنه ها و فازهای نسبی اجزای فرکانس را در طیف سیگنال تغییر دهد. یک فیلتر با گذر زیاد فرکانس های پایین را کاهش می دهد و به آنها اجازه می دهد تا از طریق آن عبور کنند. یک فیلتر کم گذر برعکس عمل می کند. (4)

مرز شکاف

(به مرز انسجام زمانی مراجعه کنید).

پژواک بال زدن

در آکوستیک اتاق، مجموعه ای از بازتاب های خاص ناشی از موازی بودن سطوح بزرگ با یکدیگر است. (3)

تحلیل فوریه

تجزیه و تحلیل ریاضی امواج، کشف شده توسط ریاضیدان فرانسوی فوریه (1830-1768). فوریه ثابت کرد که هر صدای تناوبی یا هر صدای غیر دوره ای با مدت زمان محدود می تواند نمایش داده شود (تجزیه و تحلیل فوریه) یا از (سنتز فوریه) حاصل مجموعه ای از آهنگ های خالص با فرکانس ها، دامنه ها و فازهای مختلف ایجاد شود. (4)

تبدیل فوریه

شرح ریاضی رابطه بین توابع زمان و توابع متناظر فرکانس ؛ نقشه ای برای تبدیل از یک دامنه به دامنه دیگر. به عنوان مثال، اگر سیگنالی داشته باشیم که تابعی از زمان باشد - یک پاسخ ضربه ای - در این صورت تبدیل فوریه تبدیل خواهد شد (3)

Fovea

قسمت مرکزی شبکیه که در آن حدت بینایی یا توانایی تشخیص اشیا small کوچک و جزئیات بیشتر است. قطر شیار که تقریباً نیم میلی متر قطر دارد، منطقه "بدون میله" شبکیه است و پر از مخروط است. (همچنین به شبکیه چشم مراجعه کنید.) (3)

میدان آزاد

محیطی که در آن منطقه بازتابنده در منطقه فرکانس مورد نظر وجود نداشته باشد. (3)

فرکانس

معیاری از میزان تکرار چیزی. این اصطلاح معمولاً به میزان تکرار شکل موج دوره ای اشاره دارد و در هرتز (چرخه در ثانیه) یا کیلوهرتز (هزاران سیکل در ثانیه) بیان می شود. دوره معکوس فرکانس یا مدت زمانی است که یک چرخه واحد طول می کشد. (1) (به هماهنگی نیز مراجعه کنید).

component لفه فرکانس

(به هارمونیک مراجعه کنید).

فرکانس اساسی

(به هارمونیک مراجعه کنید).

G

G (ضریب قدرت)

در آکوستیک سالن کنسرت ، نسبت بیان شده بر حسب دسی بل ، انرژی صوتی در یک صندلی در سالنی که از یک منبع غیر جهت دار (معمولاً به طور متوالی در موقعیت های یک تا سه اختلاف روی صحنه قرار دارد) به انرژی صوتی حاصل از همان منبع هنگام اندازه گیری در یک اتاق غیر اکویک در فاصله 10 متر. G در شش باند فرکانس 125, 250, 500, 1000, 2000 و 4000 هرتز اندازه گیری می شود. (2)

ح H

هارمونیک

یک جز) component یا جزئی یا اضافه) از یک لحن پیچیده که فرکانس های جز component آن چند برابر صحیح یک فرکانس اساسی مشترک است (فرکانس را ببینید). فواصل بین اجزای سری هارمونیک با نسبت هارمونیک (به عنوان مثال، نسبت اعداد صحیح ساده) تعریف می شود. اصطلاح "نسبت هارمونیک" همچنین می تواند برای تکرارهای بسیار کم تکرار شود، همانطور که در ریتم ها یافت می شود. (1)

هماهنگی

حالت هارمونیک یا تناوبی بودن. تناوب از نظر ریاضی با هارمونیک مترادف است، اگرچه اولی به یک قاعده در توصیف زمان صدا اشاره دارد در حالی که دومی به یک قاعده در توصیف فرکانس آن اشاره دارد. اصطلاحات متضاد با این عبارت عبارتند از ناهماهنگی یا عدم تناوب (معمولاً برای زنگ های پیچیده متشکل از قطعات جزئی مربوط به هماهنگی) و تصادفی بودن (که معمولاً برای اشاره به شکل موج های نویز استفاده می شود). (1)

اثر هاس

(به اثر تقدم مراجعه کنید).

عملکرد انتقال مربوط به سر (HRTF)

پاسخ فرکانس بین نقطه در فضای محل منبع صوتی و گوش ، به دلیل ویژگی های آناتومیکی سر ، بالاتنه و استخوان ها. این ویژگی ها پاسخ را به گونه ای شکل می دهند که به گوش اجازه می دهد منبع صوتی را در فضا قرار دهد. (همچنین به عنوان عملکرد انتقال سر [HTF]، تبدیل pinnae، عملکرد انتقال گوش خارجی [OETF] و عملکرد انتقال جهت [DTF] نیز شناخته می شود. همچنین به محلی سازی مراجعه کنید).

مارپیچ

(نگاه کنید به pinna)

هلمهولتز، هرمان فون

دانشمندی که در طی نیمه دوم قرن نوزدهم، تقریباً در هر مبحثی در زمینه های ادراک و فرآیندهای حسی به دانش ما کمک کرد. هلمهولتز استدلال کرد که ادراک مبتنی بر فرایند استنباط است، که در آن، از طریق تجربه گذشته ، ما از احساساتی که در یک زمان معین دریافت می کنیم ، ماهیت شی یا واقعه ای را که احتمالاً نشان می دهند، استنباط می کنیم. (3)

هرتز

مخفف هرتز. (به فرکانس مراجعه کنید).

I من

(IACCA ضریب همبستگی بین محیطی).

معیار اندازه گیری تفاوت در اصوات وارد شده به دو گوش شنونده ای که در یک سالن رو به روی مجری اجرا قرار دارد IACC. معمولاً با ضبط کردن بر روی یک ضبط صوت دیجیتال، خروجی دو میکروفون کوچک واقع در ورودی کانال های گوش یک شخص یا یک سر ساختگی و کمی سازی دو تفاوت گوش با یک برنامه رایانه ای اندازه گیری می شود IACCA .با پهنای باند فرکانسی حدود 100 تا 8000 هرتز و برای یک دوره زمانی 0 تا حدود 1 ثانیه تعیین می شود. از وزن دهی فرکانس استفاده نمی شود. (2)

کلاس جداسازی تأثیر (IIC)

معیار یا مشخصه ای از اثربخشی ایزوله سازه های ساختمان در برابر اصوات ضربه ای مانند درهای محکم، اشیا dropped افتاده، رد پا، مبلمان مرتب و غیره. هرچه درجه IIC بالاتر باشد، چنین انزوایی بهتر است. سر و صدای ضربه را می توان از

طریق دیوارها، کفها و سقف ها در سراسر ساختمان منتقل کرد و در مکان های دوردست تابش مجدد پیدا کرد. طراحی دقیق و مصالح ساختمانی خاص (به عنوان مثال کفهای شناور، لنتهای ایزولاسیون، کانالهای انعطاف پذیر، ریل فنر، اتصالات انعطاف پذیر و آویزها) می تواند به بهبود رتبه بندی IIC کمک کند، که ممکن است به عنوان معادل ساختاری از رتبه بندی سر و صدای هوا باشد توسط (3) STC.

پاسخ ضربه

اندازه گیری فشار صدا در برابر زمان ، نشان می دهد که چگونه دستگاه به یک ضربه پاسخ می دهد. (3)

پردازش اطلاعات

یک مفهوم کلیدی در روانشناسی شناختی. با استفاده از تصویری از نحوه کار رایانه ها ، اطلاعات حاصل از تحریک اندام های حسی توسط تعدادی پردازنده سریال و موازی تجزیه و تحلیل و تبدیل می شوند (به شبکه عصبی مراجعه کنید) که هر یک ورودی اطلاعات خروجی پردازنده دیگر را می گیرند. (1)

اینفراسونیک

مربوط به فرکانسهای کمتر از محدوده قابل شنیدن، یعنی زیر 20 هرتز. توجه: صدا در محدوده 2-5 هرتز با قطر 100-125 dB ممکن است در بلع مشکل ایجاد کند و سردرد کمی پس از مواجهه ایجاد کند. صدا در محدوده 2-5 هرتز با 125-137 dB ممکن است باعث ایجاد لرزش دیواره قفسه سینه شود. مشکل در صحبت کردن و تعدیل صدا احساسات متزلزل بی حالی و خواب آلودگی و خستگی و سردرد پس از مواجهه صدا در محدوده 5-15 هرتز با 125-137 dB ممکن است باعث ایجاد درد در گوش میانی شود. مشکل در صحبت کردن و تعدیل صدا لرزش شدید دیواره قفسه سینه ؛ لرزش شدید شکم و احساس تهوع همراه است. احساس افتادن عدم تمرکز و خواب آلودگی وزوز گوش و خستگی و سردرد شدید پس از مواجهه به گفته برخی محققان، 7 هرتز احتمالاً نگران کننده ترین فرکانس است، زیرا نزدیک به فرکانس رزونانس طبیعی بسیاری از اندام های داخلی بدن است و همان فرکانس امواج مغزی آلفا است. صدا در 15-20 هرتز اجرا شد.

ج

فقط تفاوت محسوس(jnd)

کوچکترین تغییر در یک پارامتر محرک (فرکانس، شدت ، مدت زمان) که توسط شنونده در یک سطح از پیش تعریف شده از عملکرد (به عنوان مثال، 71 درصد از زمان) قابل تشخیص است. (1) (به قانون وبر نیز مراجعه کنید).

کK

کیلوهرتز

مخفف kiloHertz. (به فرکانس مراجعه کنید).

L ل

پاکت شنونده (LEV)

در آکوستیک سالن کنسرت، component لفه ای از فضای وسیع اشاره به برداشت شنونده از نقاط قوت و جهاتی دارد که به نظر می رسد صدای طنین انداز از آنجا می رسد. وقتی به نظر می رسد صدای طنین انداز از همه جهات به یک اندازه می رسد - جلو، بالای سر، عقب - پوشش شنونده بالاترین ارزیابی می شود. (2)

سرزندگی

در آکوستیک سالن کنسرت، کیفیت ذهنی در درجه اول مربوط به زمان طنین انداختن در فرکانس های متوسط و بالا است، آنهایی که بالاتر از 350 هرتز هستند. یک سالن می تواند "زنده" بنظر برسد و همچنان کمبود بیس داشته باشد. اگر اتاقی در فرکانس های پایین به اندازه کافی طنین انداز باشد، گفته می شود که "گرم" به نظر می رسد. (2)

بومی سازی

قضاوت درباره مکان منشأ فضایی صدا. انسان اصوات را بر اساس دو نشانه اصلی محلی سازی می کند: اختلاف شدت درون مغزی (IID) و اختلاف زمان درون مغزی (ITD). IID به این دلیل اشاره دارد که یک صدا در گوش بلندتر است و به گوش "همان طرف" نزدیکتر است به دو دلیل: زیرا شدت صدا با طی مسافت کاهش می یابد. و چون سر خود مسیر صوتی را به گوش دورتر ("مقابل") مسدود می کند ITD. به این واقعیت اشاره دارد که صدا قبل از گوش مقابل از گوش همان طرف می رسد. به طور کلی، سیستم گوش و مغز از نشانه های ITD برای تعیین منشأ فضایی اصوات با فرکانس پایین و از نشانه های IID برای تعیین منشا مکانی صداهای با فرکانس بالاتر استفاده می کند. کلیدهای IID / ITD محلی سازی اولین بار توسط لرد ریلی در دهه اول قرن 20 ارائه شد و گاهی اوقات به عنوان تئوری دوبلکس محلی سازی شناخته می شود. حدود 60 سال بعد محققان دریافتند که علاوه بر اطلاعات IID و ITD، مغز اطلاعات مربوط به محل منبع صدا را بر اساس چگونگی تأکید یا تضعیف انرژی در دامنه های فرکانس متوسط و زیاد توسط دقیقه تأخیرهای دقیقه ایجاد می کند. چین ها و فرورفتگی های موجود در قسمت شنونده شنونده (و در فرکانس های پایین تر توسط شانه ها و بالاتنه): به دلیل عدم تقارن پینا، زوایای مختلف بروز صدا فیلتراسیون مشخصه متفاوتی را ایجاد می کنند. (با استفاده از محلی سازی صدا پس از پر کردن حفره های آنها با بتونه، می توان به راحتی از طریق شکل طیفی شکل، آن را تأیید کرد.) اثر فیلتر توسط pinna و بالاتنه، عملکرد انتقال مربوط به سر (HRTF) نامیده می شود و بی نظیر است. برای هر فرد، شبیه به اثر انگشت. (در حقیقت، HRTF یک فرد را گاهی اوقات اثر گوش وی می نامند.) دقت محلی سازی در انسان برای منابع صوتی واقع در مقابل شنونده و در سطح گوش دقیق ترین است. محلی سازی به سادگی یک فرایند شنیداری نیست، بلکه شامل عملکردهای مغز مرتبه بالاتر است که پاسخ های آموخته شده، تطبیق الگوی پیچیده و ارجاع متقابل با سایر حواس در مغز را ترکیب می کند، و در نتیجه درک یکپارچه (هرچند نه همیشه صحیح) از مکان صدا وجود دارد منبع (نیز رجوع کنید به Lateralize و ضبط بصری.) (4)(3)

مقیاس لگاریتمی

مقیاسی که در آن از لگاریتم متغیر فیزیکی به جای مقدار خام استفاده می شود. این نتیجه می دهد که مراحل برابر در طول مقیاس نشان دهنده نسبت برابر بین مقادیر خام است.

M م

نقاب زدن

فرایندی که طی آن همزمان یک صدا (ماسکر) بر آستانه قابل شنیدن صدای دیگر (هدف یا کاوشگر) تأثیر می گذارد. صداهای شدیدتر صداهای کمتر شدید را می پوشاند. میزان پوشاندن به نزدیکی اجزای فرکانس (به باندهای بحرانی ، فرکانس و هارمونیک مراجعه کنید) دو صدا و همچنین به شدت جهانی ماسک بستگی دارد. هرچه سطح بیشتر باشد ، تا آنجا که یک فرکانس ماسکر داده شده می تواند اجزای هدف را در فرکانس های بالاتر پنهان کند، بیشتر خواهد بود (نگاه کنید به ماسک تشخیص عقب). (1)

Meatus (گوشت شنوایی خارجی نیز نامیده می شود)

مجرای گوش، منتهی از کانکا به غشای تمپان (لاله گوش). به طول تقریبی1 اینچ، یک سوم خارجی گوشت غضروفی است. دو سوم باقیمانده استخوانی است. غدد سرمینوم (مومی) و چربی (روغنی) در قسمت غضروفی به وفور یافت می شوند و همچنین در دیواره های خلفی و فوقانی کانال استخوانی دیده می شوند. موم و روغن کانال را روان می کنند و به آن کمک می کنند تا از آوار و اجسام خارجی خارج شود. (5)

بازنمایی ذهنی

الگویی فرضی از فعالیت ذهنی یا مغزی که نمایانگر برخی از ویژگی های جهان ، شخص یا تعامل بین فرد و جهان است. (1)

گوش میانی

یک حفره شش ضلعی بین گوش خارجی و گوش داخلی ، که عمدتاً شامل استخوان (که اغلب "چکش" [ملافه]، "سندان " [incus] و "رکاب [stapes] "نامیده می شود، سه استخوان کوچک بدن است) دو عضله ، تنسور تمپانی و استاپدیوس. و دهانه لوله استاش. صدا در گوش میانی از انرژی صوتی در لاله گوش به انرژی مکانیکی در استخوان ها تبدیل می شود. استخوان ها از طریق حرکت در پنجره بیضی ، انرژی مکانیکی را به فشار مایع درون گوش داخلی تبدیل می کنند. (3) (5)

N ن

نزدیک میدان

آن قسمت از یک میدان صوتی، معمولاً در حدود دو طول موج از یک منبع صدا، جایی که هیچ رابطه ساده ای بین سطح صدا و فاصله وجود ندارد. (3)

شبکه عصبی

سیستمی متشکل از بسیاری از واحدهای پردازشی ساده ، به طور رسمی عملکرد سلولهای عصبی را تقلید می کند، سلولهایی که در الگوهای پیچیده تحریک و مهار به یکدیگر متصل می شوند و از طریق این اتصالات فعال سازی را به واحدهای دیگر منتقل می کنند. وضعیت فعلی یک واحد معین و میزان تحریک واحدهای دیگر می تواند تحت تأثیر توفیقی باشد که در فعال سازی آنها کسب کرده است. فعالیت انتشار یافته در بین سلول ها می تواند سیستم را به حالت های پایداری برساند که در آن فعالیت واحدها نسبتاً ثابت بماند. این حالات "پاسخ" سیستم به تحریک معین توسط محیط (خارجی یا داخلی) را تشکیل می دهند. فرضیه اصلی در مورد این نوع معماری (شبکه های پردازشی توزیع شده پیوندی یا موازی نیز نامیده می شود) این است که برای مدل سازی ریز ساختار شناخت بهتر از مدل داده های کلاسیک یا پردازش سریال است: پردازش، نمایش و حافظه فرض بر این است که توزیع شده بر روی واحدها در شبکه به جای اینکه محدود به مکان های ذخیره سازی خاص و روال پردازش شود. (1)

نورون

سلول عصبی وظیفه یک نورون این است که اطلاعاتی را از سلولهای تغذیه شده در آن بدست آورد. ادغام (جمع بندی) آن اطلاعات ؛ و آن اطلاعات یکپارچه را به نورون بعدی برساند. اطلاعات معمولاً به صورت تکانه های عصبی مختصر منتقل می شوند. در یک سلول معین، یک انگیزه همان فشار دیگر است. آنها رویدادهایی "کلیشه ای" هستند. میزان ضربه از یک در هر چند ثانیه تا حدود 1000 در ثانیه متغیر است. از نظر آناتومی، سلولهای عصبی از یک سلول سلول کروی شکل با هسته، میتوکندری و اندامکهای دیگر تشکیل شده است. یک فیبر عصبی استوانه ای شکل، سیگنال منتقل کننده به نام آکسون ؛ و تعدادی از الیاف شاخه ای و مخروطی به نام دندریت ها، به طور معمول زیر یک میلی متر طول. کل سلول عصبی- بدن، آکسون و دندریت سلول - در غشای سلول محصور شده است. بدن سلول و دندریت ها اطلاعات را از سلول های عصبی دیگر دریافت می کنند. آکسون، که ممکن است طول آن از یک میلی متر تا بیش از یک متر طول داشته باشد، این اطلاعات را از سلول عصبی به سلول های عصبی دیگر منتقل می کند. در نزدیکی نقطه ای که آنها پایان می یابند، یک آکسون به طور معمول به شاخه های کوچکتری تقسیم می شود که انتهای آنها بسیار نزدیک به اجسام سلول یا دندریت سلول های عصبی دیگر است. در این مناطق که سیناپس نامیده می شود، اطلاعات از یک سلول عصبی به نام سلول پیش سیناپسی به سلول بعدی که سلول پس سیناپسی نامیده می شود، منتقل می شود. سیگنال های عصبی از نقطه ای در نزدیکی محل اتصال آکسون به بدن سلول سرچشمه می گیرند و در طول آکسون، از بدن سلول و به سمت شاخه های انتهایی حرکت می کنند. در یک ترمینال، اطلاعات از طریق سیناپس به سلول یا سلولهای بعدی توسط فرایندی به نام انتقال شیمیایی منتقل می شوند. (6)

سر و صدا

یک شکل موج تصادفی که طیف فرکانس آن شامل تمام فرکانس های قابل شنیدن است، به نام نویز سفید. به یک سیگنال نویز که شامل تمام فرکانس ها با انرژی برابر در هر اکتاو باشد ، نویز صورتی گفته می شود که معمولاً برای آزمایش بلندگوها استفاده می شود. یک سیگنال نویز که فیلتر می شود، فرکانس های بالاتر و پایین را از بین می برد و فقط یک باند کوچک از فرکانس ها را عبور می دهد، نویز باند باریک یا باند عبور است. فیلتر کردن فرکانس های بالا با شروع از یک فرکانس قطع

خاص باعث ایجاد نویز کم عبور می شود. با استفاده از یک شکل موج نویز در یک بازه زمانی خاص و سپس تکرار این بخش، به آنچه نویز منجمد گفته می شود می پردازید. (1)

منحنی معیارهای نویز(NC)

معیاری از صدای پس زمینه در اتاق ها. هر منحنی NC با سطح فشار صدا در هشت فرکانس مرکز باند اکتاو تعریف می شود: 63، 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 و 8000 هرتز. هرچه درجه NC کمتر باشد، میزان صدای پس زمینه کمتر می شود. محدوده ترجیحی عملکرد NC برای فضاهای حساس به صدا (به عنوان مثال، سینماهای خانگی، اتاق های رسانه خانگی، اتاق های گوش دادن به خانه، سالن های کنسرت و اپرا، سالن های رسیتال و استودیوهای پخش و ضبط صدا) NC-20 > است. عواملی که باید برای دستیابی به عملکرد مطلوب NC مورد توجه قرار گیرند معمولاً شامل طراحی مکانیکی (HVAC) و جزئیات ساختاری پاکت اتاق، یعنی دیوارها، سقف، کف، پنجره ها و درها، به منظور کاهش نفوذ صدا از مناطق خارجی به خارج است. اتاق (3) (همچنین به معیارهای اتاق، کلاس انتقال صدا (STC) و کلاس جداسازی ضربه (IIC) مراجعه کنید).

O

گوش بیرونی

ساختار خارجی گوش، متشکل از pinna وmeatus.

پ P

اختلاف منظر

اختلاف اساسی در درک عمق در بینایی، اختلاف منظر ناشی از حرکت نسبی اجسام دور و نزدیک است که هنگام حرکت بیننده سر خود را به بالا و پایین یا از یک طرف به طرف دیگر ایجاد می کند. همچنین به خلاصه داستان مراجعه کنید. (3)

ادراک

آنچه ادراک کننده در اثر تحریک می بیند یا می شنود، برخلاف واقعیت فیزیکی تحریک. این ادراک را می توان "هدف" مطالعه روانشناسی ادراکی دانست. (1)

عدم تحقق ادراکی

تصور درک یک شی، واقعه یا الگو مشابه با وجود تغییرات در ساختار محرک، به عنوان مثال، با صدای بلندتر یا نرمتر، سریعتر یا کندتر، بالاتر یا پایین تر، یا در محیط های مختلف صوتی بازی می شود. (1)

فاز

فاز نقطه خاصی از موج است که در یک لحظه خاص موقعیتی را در فضا عبور می دهد. فاز با واحد درجه اندازه گیری می شود، 360 درجه نشان دهنده یک چرخه کامل موج است. اگر دو تن دارای دوره یکسان باشند و همزمان اتفاق بیفتند، تأخیر زمانی یکی نسبت به دیگری را می توان از نظر فاز توصیف کرد. اگر دو موج 180 درجه از فاز خارج شوند، موج بعدی با یک و نیم دوره عقب است. (4)

ترمیم واج

یک فرایند فعال فرضی که طی آن توالی گفتاری که با صدای نویز به جای واج داده شده قطع می شود، منجر به برداشت شنونده از شنیدن واج می شود. این اثر در صورت ایجاد شکاف ساکت در محلی که به طور معمول واج رخ می دهد، رخ نمی دهد. (1)

صدای صورتی

(سر و صدا را ببینید).

پینا

زائده خارجی ، قابل مشاهده، تا حد زیادی غضروفی گوش خارجی. محیط آن با یک لبه برجستگی مانند به نام مارپیچ مشخص می شود که تا لاله گوش (لوبول) در پایین آن خم می شود. تقریباً در وسط یک فرورفتگی نسبتاً بزرگ و فنجانی شکل وجود دارد که بنه نامیده می شود. (3)

الگوی قطبی

الگوی تابش صوتی مشخصه میکروفون و بلندگو ، معمولاً برای نشان دادن حساسیت یا خروجی صدا به ترتیب در زوایای مختلف بروز صدا رسم می شود. (3)

قطبیت

جهت مثبت یا منفی یک نیروی الکتریکی ، صوتی یا مغناطیسی. دو سیگنال یکسان در قطب مخالف در همه فرکانس ها 180 درجه از هم فاصله دارند. قطبیت وابسته به فرکانس نیست. (3)

اثر تقدم

تاثیری که در آن سیستم شنوایی انسان بازتابهای اولیه صدای مستقیم را سرکوب می کند ، یعنی صدای مستقیم و بازتاب های اولیه آن را "فیوز" می کند و منبع را بر اساس صدای قبلی (یعنی مستقیم) محلی می کند. اساس تمایز این است که بازتاب ها

با تأخیر خاصی نسبت به صدای مستقیم می رسند. از اثر تقدم گاهی به عنوان قانون جبهه موج اول یا اثر هاس یاد می شود. (3)

تبلیغ

سفر امواج صوتی از طریق یک محیط (به عنوان مثال هوا). (3)

روان آکوستیک

مطالعه رابطه بین اندازه گیری های فیزیکی صدا (به عنوان مثال دامنه و فرکانس) و درک آنها. (3)

لحن خالص

یک لحن با شکل موج سینوسی را یک لحن خالص می نامند زیرا به عنوان ساده ترین حالت لحن در نظر گرفته می شود و هنگامی که به صورت جداگانه پخش شود خالص به نظر می رسد. (1)

R

بی نظمی

بخشی از موج صوتی که در آن مولکول های هوا از هم جدا شده و منطقه ای با فشار جو کمتر از حد نرمال را تشکیل می دهند. نقطه مقابل فشرده سازی است. (3)

به رسمیت شناختن

برداشتی که یک شی، واقعه یا توالی قبلاً تجربه شده یا آشنا است. (1)

بازتاب

در آکوستیک، جهش یا بازگشت موج صوتی از جسمی بزرگتر از یک ربع طول موج صدا. وقتی جسم یک چهارم طول موج یا کمی کوچکتر باشد، باعث پراش صدا نیز می شود. (3)

انکسار

تغییر جهت موج صوتی که هنگام عبور صدا از یک محیط به محیط دیگر (مثلاً از هوا به شیشه به هوا یا لایه های هوا با دمای مختلف) رخ می دهد. (3)

فاز نسبی

فاز یک موج سینوسی در مقایسه با موج دیگر. (3)

ساختار تشدید

یک ساختار تشدید را می توان از نظر سطح نسبی تولید شده در هر فرکانس توسط یک جسم تشدید توصیف کرد. اکثر اجسام فیزیکی (غشاها ، میله ها ، ستون های هوا، رشته ها) دارای چندین حالت ارتعاش هستند که در فرکانس های مختلف طنین انداز می شوند، بنابراین یک ساختار تشدید پیچیده را تشکیل می دهند. در مورد گفتار، به این مناطق طنین انداز فرم دهنده گفته می شود. قرار دادن فرم ها یک سرنخ اصلی برای هویت یک مصوت است. نحوه تغییر سریع فرکانس های تشدید در طی زمان، نشانه ای از هویت چندین طبقه صامت است. (1)

شبکیه چشم شبکیه چشم

از نظر فنی بخشی از مغز و واقع در سطح داخلی کره چشم، شبکیه نور را به سیگنال های عصبی تبدیل می کند، سپس از طریق عصب بینایی به بدن جنین جانبی منتقل می شود. شبکیه از سه لایه بدن سلول عصبی تشکیل شده است. لایه پشت شبکیه تقریباً 125 میلیون گیرنده نور، میله ها و مخروط ها دارد. میله ها، که بطور قابل توجهی از تعداد مخروط ها بیشتر هستند، مسئول دید ما در نور کم هستند و در نور شدید از کار افتاده اند. سه نوع مخروط به نور کم پاسخ نمی دهند اما مسئول توانایی ما در دیدن جزئیات خوب و دید رنگ هستند. مخروط ها "تنظیم شده" اند تا طول موج های طولانی ، متوسط یا کوتاه نور را جذب کنند، که به آرامی با قرمز، سبز و آبی مطابقت دارد. توزیع میله ها و مخروط ها به طور قابل توجهی در سطح شبکیه چشم متفاوت است. در مرکز، جایی که بینایی با جزئیات بهتر بهترین است، fovea است که به طور انبوه با مخروط ها بسته بندی شده است. لایه میانی شبکیه حاوی سه نوع سلول عصبی است: سلولهای دو قطبی که ورودی را از گیرنده ها دریافت می کنند (به عنوان مثال میله ها و مخروط ها). سلولهای افقی، که گیرنده ها و سلولهای دو قطبی را به هم پیوند می دهد. و سلولهای آماکرین، که سلولهای دو قطبی و سلولهای گانگلیونی شبکیه را به هم پیوند می دهند. لایه جلوی شبکیه تقریباً شامل 1 میلیون سلول گانگلیونی شبکیه فوق الذکر است که آکسون های آنها از سطح شبکیه عبور می کند، در یک بسته جمع می شود و از چشم خارج می شود تا عصب بینایی را تشکیل دهد. (6)

میدان صوتی پر زرق و برق

یک میدان صوتی ساخته شده از اصوات منعکس شده که در آن میانگین زمانی میانگین فشار صوت مربع در همه جا یکسان است و جریان انرژی در تمام جهات به یک اندازه محتمل است. این نیاز به یک فضای بسته و اساساً بدون جذب صوتی دارد، به عنوان مثال، یک اتاق طنین. (3)

طنین

در آکوستیک سالن کنسرت ، طنین به صدایی گفته می شود که پس از قطع ناگهانی صدا در محلی برگزار می شود. به سالنی که طنین انداز باشد سالن "زنده" گفته می شود. (به نشاط نیز مراجعه کنید.) به اتاقی که طنین انداز نباشد اتاق "مرده" یا "خشک" گفته می شود. (2)

زمان طغیان (RT)

به عنوان زمان تعریف شده ضرب در ضریب 2، لازم است که صدا در سالن از -5 تا -35 دسی بل زیر مقدار حالت پایدار آن خراب شود. ضریب 2 لازم است زیرا RT باید مطابق با تعریف اصلی پوسیدگی صدا باشد که از 0 تا -60 دسی بل بود. به طور تقریبی، RT زمانی است که یک صدای بلند پس از قطع منبع از بین می رود تا به دلیل عدم شنیدن صدا، از بین برود RT. معمولاً در باندهای اکتاو یا یک سوم اکتاو اندازه گیری می شود. منبع صدا ممکن است یک صدای صورتی یا یک ضربه صدا باشد. در اصل، RT از طرحی از سطح فشار صدا در مقابل زمان تعیین شده است که بر روی کاغذ متحرک یک ضبط کننده سطح گرافیکی ثبت شده است. امروزه این روش با روش شرودر (1965) تعیین می شود که شامل یکپارچه سازی رایانه ای ضبط نوار پخش شده از سیگنال در حال خرابی است RT .متوسط فرکانس متوسط RT ها در 500 و 1000 هرتز است. اندازه گیری به طور کلی در هر دو سالن اشغال شده و خالی از سکنه انجام می شود ، در دو موقعیت هنگام اشغال یا در 8 تا 24 موقعیت در صورت عدم اشغال. داده ها در هر باند فرکانس در موقعیت های مختلف به طور متوسط است. حداقل مربعات متناسب با قسمت -5 تا -35 دسی بل از منحنی پوسیدگی در تنظیم مقدار RT برای هر باند و موقعیت استفاده می شود RT. بزرگترین کلیساهای جامع سنگی می تواند نزدیک به 10 ثانیه باشد. مشهورترین سالن های کنسرت جهان معمولاً در محدوده 1,8 تا 2,2 ثانیه قرار دارند. خانه های اپرا معمولاً در محدوده 1,2 تا 1,6 ثانیه قرار می گیرند. سینماهای خانگی با شدت تهاجمی می توانند RT کمتر از 0,25 ثانیه را به نمایش بگذارند. استفاده از یک مکان و RT آن باید متناسب باشد: یک سینمای خانگی با 6 ثانیه RT گفتگوی فیلم را غیرقابل درک می کند، در حالی که یک کلیسای جامع با 0,3 ثانیه RT عظمت صوتی خود را از بین می برد. (2) (3)

الگوی ریتم

دنباله ای از رویدادها با مجموعه ای مشخص از فواصل زمانی بین حملات رویدادهای پی در پی. گفته می شود توالی هایی که دارای فواصل مختلف از زمان شروع تا شروع هستند، دارای ساختارهای موزون یا ساختارهای زمانی متفاوتی هستند. (1)

حالت های اتاق

فرکانسهایی که امواج صوتی در یک اتاق طنین انداز می شوند (به شکل امواج ایستاده)، بر اساس ابعاد اتاق. (3)

S

سابین

در صوت، یک واحد جذب برابر با جذب 1 فوت مربع سطح است که کاملاً جاذب صدا است. این استاد دانشگاه هاروارد که به نام والاس کلمنت سابین نامگذاری شد ، به دلیل تحقیقات در مورد صدای سالن کنسرت در اواخر قرن به عنوان "پدر آکوستیک معماری" مورد تقدیر قرار گرفت. (3)

ساکاد

دارت سریع ، عادی، اما تا حد زیادی چشمگیر، از یک نقطه ثابت به نقطه دیگر. (3)

ادغام شرودر از طنین

در آکوستیک، یکپارچه سازی داده های طنین انداز که در آن آخرین انرژی برای اولین بار ادغام می شود و ورودی اولیه یکپارچه است ، همه با کل نرمال می شوند. یکپارچه سازی اثر اندازه گیری های زمان زیادی و میانگین آنها را با هم شبیه سازی می کند. (3)

اسکاتوما

"نقطه کور" در بینایی انسان مربوط به ناحیه ای است که عصب بینایی وارد چشم می شود ، به عنوان مثال، منطقه بیضی شکل قطر حدود 2 میلی متر بدون هیچ میله یا مخروط. شما می توانید با بستن یک چشم و خیره شدن به یک شی کوچک در عرض اتاق، نقطه کور خود را "نقشه برداری" کنید. یک نکته Q را به طول بازو درست در مقابل جسم نگه دارید و آن را به آرامی دقیقاً به صورت افقی به سمت راست حرکت دهید. پنبه سفید وقتی حدود 18 درجه خارج شود از بین می رود. حال، اگر چوب را طوری قرار دهید که از نقطه کور عبور کند، به صورت یک چوب تک و مداوم و بدون شکاف ظاهر می شود. (از این ویژگی به عنوان "تکمیل" یاد می شود.) شما به طور معمول از نقطه کور خود آگاه نیستید و نمی توانید این مسئله را داشته باشید ، مگر اینکه آن را آزمایش کنید. شما آنجا سیاه یا سفید یا چیز دیگری نمی بینید. شما چیزی نمی بینید (3) (6)

نسبت سیگنال به نویز (S / N)

نسبت دسی بل بین سیگنال و نویز. یک جز audio صوتی با نسبت سیگنال به نویز بالا دارای نویز زمینه نسبتاً کمی همراه سیگنال است. یک جز component با نسبت سیگنال به نویز کم صدا است. (3)

موج سینوسی

ساده ترین شکل حرکت موجی دوره ای ، بیان شده با معادله $y = \sin x$، جایی که x درجه است و y ولتاژ یا سطح فشار صدا است. سایر اشکال را می توان با افزودن (مخلوط کردن) تعدادی از امواج سینوسی ایجاد کرد. شکل موج "لحن خالص" موج سینوسی است. (4)

سینوسی

داشتن شکل موج سینوسی. (4)

سون

در آکوستیک، یک واحد از بلندی صدا است. به عنوان بلندی صدای 1000 هرتز 40 دسی بل بالاتر از آستانه تعریف می شود. میلی اسون یک هزارم صوت است و اغلب آن را واحد بلندی صدا می نامند. (3)

صدا

انرژی که توسط امواج فشاری در هوا یا مواد دیگر منتقل می شود و دلیل اصلی احساس شنوایی است. ارتعاشات طولی در یک محیط در محدوده فرکانس 20 هرتز تا 20 کیلوهرتز. (3)

کلاس انتقال صدا (STC)

در آکوستیک، درجه بندی یک عدد برای توصیف از دست دادن انتقال صدا از یک دیوار یا پارتیشن. (3)

جادار بودن

در آکوستیک سالن کنسرت ، گفته می شود که یک سالن "جادار" است اگر به نظر می رسد که موسیقی اجرا شده در آن از منبعی گسترده تر از عرض تصویری منبع واقعی سرچشمه می گیرد، و اگر شنونده به طور محسوسی توسط صدای طنین انداز پوشانده شود. از ویژگی سابق اغلب به عنوان عرض منبع آشکار (ASW) یاد می شود. از ویژگی اخیر اغلب به عنوان پوشش شنونده (LEV) یاد می شود. (2) (3)

پاکت طیفی

(به طیف مراجعه کنید).

اسپکتروگرام

(به طیف مراجعه کنید).

طیف

شرح محتوای فرکانس شکل موج صدا، که معمولاً به صورت نمودار با فرکانس در ابسیسا (محور x) و دامنه در مختصات (محور y) ارائه می شود. یک تن خالص دارای یک خط عمودی واحد در فرکانس مناسب با ارتفاعی است که دامنه آن را نشان می دهد. یک صدای پیچیده (به لحن پیچیده مراجعه کنید) دارای چندین خط از این دست است، که نشان دهنده چندین م لفه است. ترسیم منحنی از بالای خطوط، پاکت طیفی را توصیف می کند. طیف سنج نمایش دیگری از طیفی است که در آن م

component لفه زمان مجدداً وارد می شود: زمان بر روی ابسسیس، فرکانس بر روی مختصات نشان داده می شود و دامنه به عنوان تاریکی ردی در یک فرکانس و زمان معین کدگذاری می شود. در طیف سنجی عصبی شنوایی، به جای یک سیگنال مداوم ، احتمال وقوع سنبله های عصبی در یک لحظه مشخص از زمان نشان داده می شود. محور فرکانس با یک کانال عصب شنوایی مخصوص فرکانس جایگزین می شود (غشا membrane پایه) را ببینید. نوع سوم نمایش طیفی به نام نمودار چشم انداز فرکانس زمان در سه بعد با زمان در امتداد محور x ، دامنه در امتداد محور y و فرکانس در امتداد محور z ترسیم می شود. (1)

بازتاب خاص

بازتاب آینه ای صدا از یک سطح صاف ؛ بازتاب هایی که گسترش نمی یابند. (3)

قابل درک بودن گفتار

معیار وضوح صدا که بیانگر سهولت درک گفتار است. این عملکرد پیچیده روان آکوستیک ، نسبت سیگنال به نویز منبع صدا و انرژی مستقیم به طنین انداز در محیط گوش دادن است. (3)

سرعت صوت

در هوا، تقریباً 344 m/s (1130 فوت در ثانیه در دمای) 20 درجه سانتیگراد. (3)

موج ایستاده

در آکوستیک ، یک شکل موج ظاهراً ساکن است که توسط بازتاب های متعدد بین سطوح اتاق مقابل ایجاد می شود. در نقاط خاصی در امتداد موج ایستاده، امواج مستقیم و منعکس شده لغو می شوند و در نقاط دیگر امواج به هم اضافه می شوند یا یکدیگر را تقویت می کنند. این حالت ها را بعضی اوقات حالت اتاق می نامند. (3)

استاپدیوس

کوچکترین عضله در بدن، واقع در گوش میانی است. انقباض استاپدیوس ردیف ها را می کشد و باعث کاهش کارایی مکانیکی زنجیره استخوان می شود. (3) (5)

گوش دادن مصنوعی

(به گوش دادن تحلیلی مراجعه کنید).

تی T

حدت زمانی

درجه ای که سیستم شنوایی می تواند رویدادهایی را که با بازه های زمانی بسیار کوتاه از هم جدا شده اند حل و فصل کند یا آنها را جداگانه تشخیص دهد. (1)

مرز انسجام زمانی

هنگامی که شنونده در تلاش است یک جریان واحد را بشنود، آستانه شنیدن یک توالی تکرار شده دو رنگ را به عنوان متشکل از یک جریان شنیداری منفرد در یک طیف وسیعی از اختلافات فرکانسی بین تن ها و میزان ارائه لحن تعریف می کند. در بالای مرز، توالی همیشه به صورت دو جریان شنیده می شود. در زیر آن، توالی ممکن است به صورت یک جریان واحد شنیده شود. این مرز با مرز شکاف در تضاد است، که آستانه شنیدن همان نوع توالی تکراری را مشخص می کند، هنگامی که شنونده سعی در شنیدن دو جریان جداگانه دارد. در بالای مرز شکافت، دنباله ممکن است به صورت دو جریان شنیده شود، اما در زیر آن دنباله همیشه به صورت یک جریان واحد شنیده می شود. (1)

تنبل

همچنین به عنوان کیفیت صدا یا رنگ صدا نامیده می شود. تعریف منفی کلاسیک از :timbre ویژگی ادراکی صدا است که به شنونده اجازه می دهد بین صداهایی که در غیر این صورت با توجه به میزان صدا، بلندی صدا و مدت زمان ذهنی برابر هستند، تشخیص دهد. تحقیقات معاصر تجزیه این ویژگی را به چندین بعد ادراکی از ماهیت زمانی، طیفی یا طیفی-زمانی آغاز کرده اند. (1)

وزوز گوش

احساس سر و صدا، اغلب زنگ زدن در گوش. وزوز گوش، احساس ذهنی صدا در گوش است. وزوز گوش عینی به صداهای غیرطبیعی یا پاتولوژیک ناشی از بدن، در ناحیه گوش گفته می شود که برای دیگران غیر از موضوع قابل شنیدن است. (3) (7)

V

محیط شنیداری مجازی

یک محیط شنیداری درک شده که طوری دستکاری شده است که با محیط فیزیکی فوری مطابقت نداشته باشد. یک مثال بی اهمیت استفاده از هدفون است که به طور معمول باعث ایجاد حس صدا در سر می شود، در حالی که وضعیت جسمی شامل دو منبع صدا است که در دو طرف سر قرار دارند. (3)

ضبط بصری

این پدیده هنگامی است که نشانه های دیداری و سایر نشانه های حسی - شنیداری، ادراکی، لفظی و غیره - درگیری مستقیم بین ادراک بینایی وجود دارد. در طراحی صوتی، این جلوه باعث می شود که یک بلندگو در فاصله ای از نمایشگر ویدئو قرار

گیرد بدون اینکه مخاطب تفاوت مکان بین رویداد بصری تولید شده روی صفحه و واقعه صوتی ایجاد شده در بلندگوی دور را درک کند. تمایل بینایی به "غلبه بر" سایر حواس محدودیت هایی دارد: در مورد طراحی صوتی ، می توان محدودیت ها را از نظر اختلاف زاویه ای مفید تعریف کرد، فراتر از آن مخاطب واقعه صوتی را از نظر مکانی متمایز از "می شنود"، و بنابراین با محل وقوع رویداد بصری در تضاد است. (3)

W

گرما

در آکوستیک سالن کنسرت، گرما به معنای زنده بودن باس یا پر شدن صدای بین 75 تا 350 هرتز است، نسبت به تن های فرکانس میانی (350 تا 1400 هرتز). گاهی اوقات نوازندگان سالنی را "تاریک" توصیف می کنند که دارای بیس بیش از حد قوی است یا فرکانسهای بالای آن بسیار ضعیف می شود. (2)

قانون وبر

کشف شده توسط ارنست هاینریش وبر در سال 1834. اظهار می دارد که کوچکترین تغییر قابل تشخیص (jnd) در شدت، کسری ثابت از سطح تحریک است. گئورگ فنر قانون وبر را به لگاریتمی روانشناختی در اندازه تحریک (I)، یا $S = k \log I$. تبدیل کرد. تحقیقات زیادی در زمینه روانشناسی انجام شده است که قانون وبر-تکنر را برای ابعاد حسی غیر از شدت، به عنوان مثال فرکانس، ایجاد می کند. و مدت زمان در ممیزی در حالی که داده های تجربی در طیف خاصی از مقادیر برای هر بعد کاملاً منطبق با قانون هستند، اما در حد بسیار زیادی از دامنه مقادیر قابل درک می توانند تفاوت اساسی داشته باشند. (1)

منابع:

(1) McAdams, S. & E. Bigand, eds. (1993). Thinking in Sound: The Cognitive Psychology of Human Audition, Clarendon Oxford.

(2) Beranek, L. (1996). Concert and Opera Halls: How they Sound. Woodbury NY: Acoustical Society of America.

(3) Keith Yates. Nor Cal Office:, 359 Nevada St, Suite 203, Auburn, CA 95603.

(4) Bregman, A. S. (1990). Auditory Scene Analysis. Cambridge, MA: MIT Press.

(5) Gelfand, S. (1998). Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics, 3rd ed. New York: Marcel Dekker.

(6) Hubel, D. (1988). Eye, Brain and Vision. New York: Scientific American Library.

(7) Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 25th ed. Philadelphia: W.B. Saunders.

Abstract

Title: Acoustics and daylighting in buildings
Authors: Dusan Katunsky, Stanislav Darula, Kristian Kondas
Preparation and translate: Mohammad Omar Temori

Safety building constructions healthy indoor environment are basic assumption for many human activities in buildings. Building physics is significant part of building science studying acoustics, thermal and daylight phenomena to be applied in design building constructions their elements and indoor building environment.
The book “Acoustics and daylight in buildings” is written to give readers theoretical and practical information and complex solutions of problems selected in two main pars “Acoustics in buildings” and “Daylight in buildings”.
The first part introduces terminology and their interpretation, describes rules for design and evaluation of urban and space acoustics. Next important chapters are aimed at practical use of presented knowledge and contains explanation of acoustic properties of building constructions and transparent elements of building envelops.
The second part of the book introduces to the theory and basic phenomena of daylight design and its evaluation in buildings in point of newest knowledge. First chapters contain explanation of photometric variables and exterior daylight sources with description of their measuring. The methodology and procedures for evaluation of daylight provision, glare from daylight sources and luminous indoor environment are clearly described. Special attention is addressed to standardisation of daylighting in buildings and application of standard criteria. Readers are also informed about concept of the oncoming European standard “Daylight of building”. Included examples can extend knowledge of study in the area of utilization of daylight in buildings in practice.

Scope of the book gives readers complex view on building acoustics and daylighting problems and their solutions in the theoretical and practical level. Target group of reader is: building engineers, architects, specialists in building physics and students.

Short characteristics of authors

Professor Dipl. Ing. Dušan Katunský, PhD.

He is a professor at the Institute of Architectural Engineering at the Faculty of Civil Engineering of the Technical University of Kosice, Slovakia. He is the guarantor of the Department of Civil Engineering, which allows education in the given field at the above-mentioned high school at all three levels (bc. Ing. PhD.). His professional focus is in the field of building thermal technology, acoustics and lighting. He is a member of several scientific boards and members of editorial charts of magazines. In the meantime he has produced a review report on articles in CC journals and in SCOPUS and WOS databases. He is the author and co-author of contributions to journals and articles in conference proceedings where he has received numerous citations. He was the director of the Institute of Civil Engineering and Vice-Dean for Scientific Research and Foreign Affairs in TUKE. He has submitted several proposals for scientific research projects, some of which have been addressed. He is responsible for several domestic and foreign research projects. He is a member of IBPSA Slovakia, the Slovak Chamber of Civil Engineers and also acts as an expert in the field of building construction.

Associate Professor Dipl. Ing. Stanislav Darula, PhD.

Is a senior scientist employed in the Building Physics Department at the Institute of Construction and Architecture of Slovak Academy of Sciences in Bratislava, Slovakia. His interest is focus on the research daylight phenomena in buildings, daylighting measurements and standardisation of daylight in buildings. He was principal of several Slovak scientific projects as well as leader of Slovak group of international research projects. As an external teacher he teaches in the course of Building Physics – Daylighting at the Civil Engineering Faculty of Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia. S. Darula is active in the CIE - Commission Internationale de Í Éclairage, SKSI – Slovak Chamber of Civil Engineers and ZSVTS - The Association of Slovak Scientific and Technological Societies. His publication activities can be divided into groups: co-author or author several books, papers in international domestic journals and international domestic conferences. Hi is member of foreign editorial boards of journals "Light & Engineering" and "Lighting Research and Technology" and domestic journal "VTVnews".

Dipl. Ing. Kristián Kondáš, PhD.

Is a self-employed architectural engineer. He graduated in Architectural Engineering from the Technical University in Kosice, Slovakia in 2011, and in 2015 he conferred a PhD. degree from the same university. Topic of his PhD. studies was „Daylight in attics“, which was supervised by Associate Professor Stanislav Darula, PhD. from the Institute of Construction and Architecture of the Slovak Academy of Sciences in Bratislava, Slovakia. Kristian Kondas's research was focused on the development of new methods for evaluation of daylighting, especially in attic spaces, and their experimental verification under the artificial sky in Bratislava. During his PhD. study he also had teaching activities and he was responsible for the course of Acoustics and Daylighting. He was a member of several research projects and he is still a member of the Slovak Mirror Group of the CEN TC169/WG 11 responsible for the commenting of the new European Standard for daylighting. He is an author of several papers published in international and domestic journals and conferences also with personal presentation of achieved research results.

Dr. Eng. Mohammad Omar Temori

Is a director of Lema Consultants Company in Afghanistan. He graduated in Structural Engineering on the Technical University of Kosice, Slovakia in 1997, and in 2013 he conferred a PhD. degree from the same university. Topic of his PhD. studies was „ Heat transfer in buildings “. He was advisor for organization of GIZ in Kabul since 2016. He cooperates with the Faculty of Civil Engineering in Kabul, Herat, Kandahar, Mazar- e Sharif in Afghanistan and presents lectures on the topic Energy Efficiency in Buildings. He was Chancellor of Bakhtar University in Kabul in 2021. He is a co-author of Dari textbooks: *New methods of building construction (2010), Energy consumption in residential houses (2014) and Technical equipment and facilities of building (2015)* and author of a Dari guide book *Energy Efficiency in Buildings (2017),* created for the purpose of educating students of Civil Engineering faculty under the guidance of GIZ Afghanistan. *Heat Pumps (2020)*.

Prof. Ing. Dušan Katunský, PhD.
Doc. Ing. Stanislav Darula, PhD.
Ing. Kristián Kondáš, PhD.

Dr. Eng. Mohammad Omar Temori

Acoustics and Daylighting

Edition of educational publications - university textbook

Reviewers:	Associate Professor of Architecture Mojtaba (Moji) Navvab Dr. Eng. Mohammad Omar Temori
Traslated and edited by:	Dr. Eng. Mohammad Omar Temori
Year of publication:	2021 1st edition
Published by:	Technical University of Košice, Slovakia and Faculty of Engineering, Kabul University, Afghanistan
Number of printed pieces:	100
Printed in:	University Library, TUKE, Letná 9, 040 01 Košice, Slovakia 250 pages

ISBN: 978-80-553-339726

The publication was created with the financial support during the solution of the project VEGA 1/0674/18

Authors:	Prof. Ing. Dušan Katunský, PhD. Doc. Ing. Stanislav Darula, PhD. Ing. Kristián Kondáš, PhD.
Reviewers:	Associate Professor of Architecture Mojtaba (Moji) Navvab Dr. Eng. Mohamad Omar Temori
Traslated and edited by:	Dr. Eng. Mohamad Omar Temori
Published by:	Technical University of Košice, Slovakia and Faculty of Engineering, Kabul University, Afghanistan

---

© *Dušan Katunský, Stanislav Darula, Kristián Kondáš*

ISBN: 978-80-553-339726