

تحلیل آکوستیکی: معرفی نرم افزار ادئون

احسان علی آبادی

کارشناسی ارشد مهندسی صدا

ehsan.e.aliabadi@gmail.com

مقدمه

ادئون یکی از نرم افزارهای جامع برای تحلیل آکوستیکی است. این نرم افزار امکان شبیه سازی و اندازه گیری فضاهای داخلی بناهای مختلف را فراهم می کند؛ البته با پیش فرض های مناسب، امکان بررسی فضاهای خارجی یا باز هم وجود دارد.

با طراحی و یا وارد کردن مدل سه بعدی فضا به نرم افزار و مشخص کردن جنس سطوح فضا، آکوستیک فضا و تمام پارامترهای مرتبط با آن قابل محاسبه، دیدن و حتی قابل گوش کردن هستند. تجهیزات الکتروآکوستیک مرتبط مثل بلندگوها، نقویت کننده ها و ... در فضا قابل اضافه کردن هستند.

در بین نرم افزارهای آکوستیک، ادئون به خاطر محیط کاربرپسند و ساده، سرعت پردازش و دقت بالا شناخته شده است.

۱-۱- کاربردها

ادئون بسته به کاربری فضا و هدف تحلیل آکوستیکی، گستره وسیعی از امکانات را در اختیار کاربر قرار می دهد که مواردی به شرح زیر معرفی می گردند:

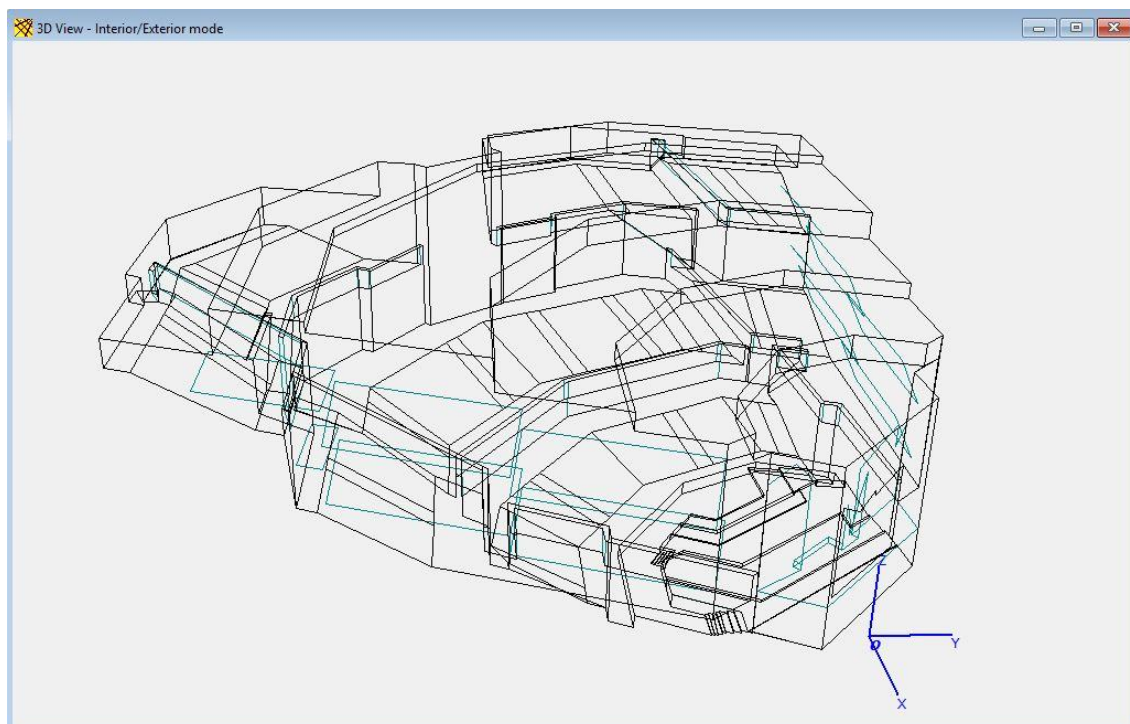
۱-۱-۱- امکان وارد کردن نقشه های سه بعدی

امکان انجام تحلیل های آکوستیکی روی نقشه ی فضای وارد شده از نرم افزارهای دیگر مثل اتوکد^۱، اسکچ آپ^۲، راینو^۳ و ... وجود دارد.

^۱ AutoCAD

^۲ SketchUp

^۳ Rhino

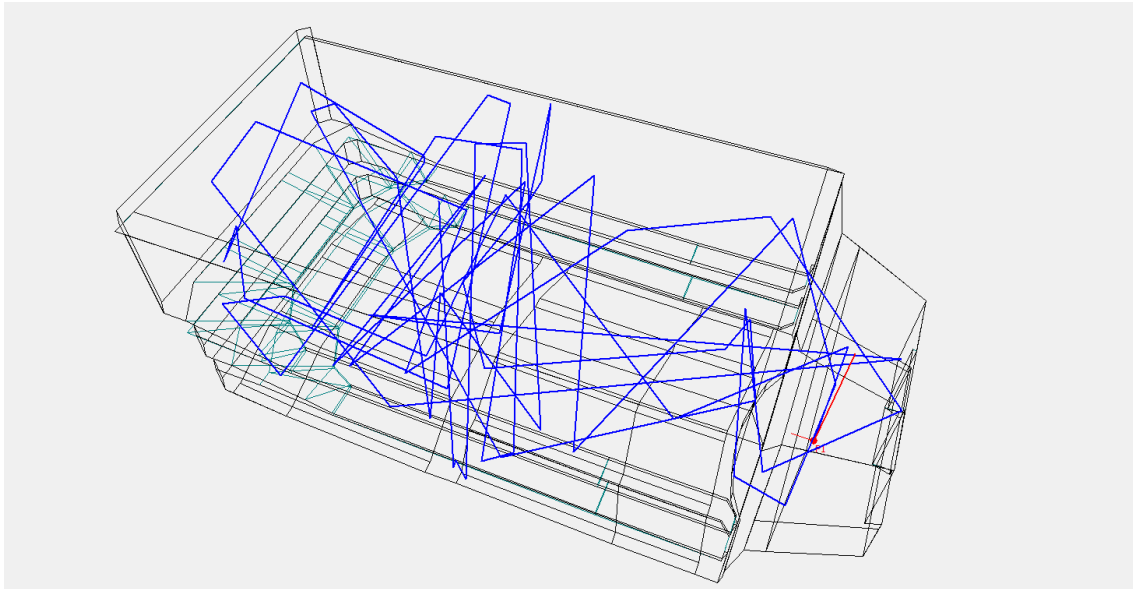


شکل ۱- وارد کردن نقشه سه بعدی از نرم افزارهای دیگر

۲-۱-۱- شبیه سازی سریع و دقیق

حاصل سال های متمادی توسعه الگوریتم های ردیابی پرتو^۱، توانمندی چشم گیر ادئون در تحلیل سریع و دقیق فضای آکوستیکی است که هم در مقالات علمی مورد استفاده قرار می گیرد و هم مهندسان برای تحلیل های آکوستیکی فضاها از آن، استفاده می کنند.

^۱ Ray Tracing algorithms

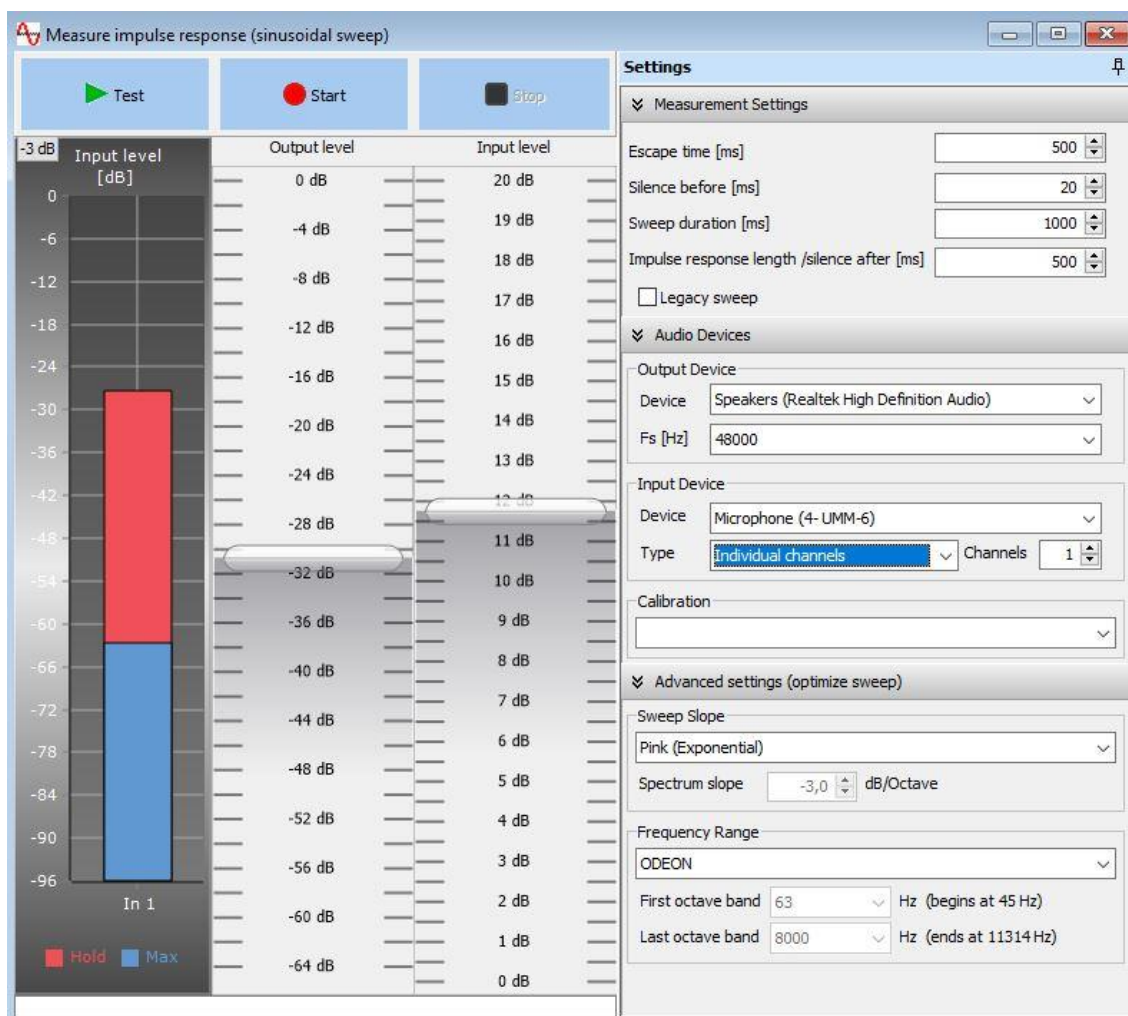


شکل ۲- انتشار صوت در فضای شبیه سازی شده

۳-۱-۱- اندازه گیری فضای واقعی

علاوه بر شبیه سازی فضا، امکان اندازه گیری فضای واقعی هم با روش جاروب^۱ هم وجود دارد. روش جاروب کردن نويز پس زمینه را به شدت کاهش می دهد و باعث می شود نتیجه بهتری به دست آید.

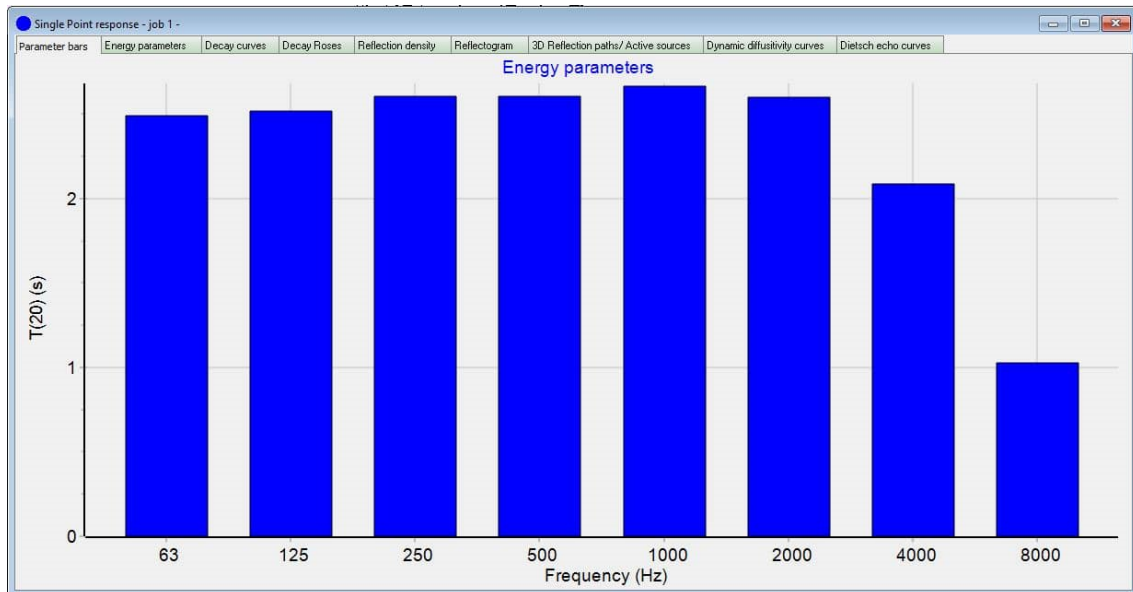
^۱ sweep method



شکل ۳- اندازه‌گیری فضای واقعی

۴-۱-۱- نمودارهای آکوستیکی

نمودارهای به دست آمده در تحلیل آکوستیکی فضا، نمایش بسیار ساده دارند و امکان تغییر وضعیت مشاهده بین پارامترها و یا باندهای اکتاوی وجود دارد.



شکل ۴ - نمودارهای آکوستیکی

۵-۱-۱- محاسبات عددی

ادئون به صورت پیش فرض طیف گسترده‌ای از محاسبات پارامترهای آکوستیکی را انجام می‌دهد و حتی این امکان هم وجود دارد که کاربر، پارامتر خودش را طراحی کند!

Parameter bars	Energy parameters	Decay curves	Decay Roses	Reflection density	Reflectogram	3D Reflection paths/ Active sources	Dynamic diffusivity curves	Dietsch	
Receiver Number: 1 Main floor, center (x,y,z) = (25,000; 3,000; 1,700)									
Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	2,46	2,48	2,49	2,42	2,38	2,36	1,95	1,03
T(15)	(s)	2,47	2,50	2,59	2,59	2,65	2,58	2,07	1,02
T(20)	(s)	2,49	2,52	2,61	2,61	2,67	2,60	2,09	1,03
XI(T(20))	(%)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4
T(30)	(s)	2,49	2,52	2,61	2,61	2,70	2,63	2,10	1,05
XI(T(30))	(%)	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,4	0,1	0,3
Curvature(C)	(%)	0,1	0,0	0,0	0,2	1,2	1,2	0,4	1,9
Ts	(ms)	164	164	168	169	169	168	141	73
SPL	(dB)	5,7	5,8	5,9	5,7	5,7	5,5	4,4	-0,1
SPL(early)	(dB)	2,0	2,2	2,1	1,7	1,5	1,3	0,6	-2,0
SPL(late)	(dB)	3,3	3,3	3,5	3,6	3,6	3,4	2,0	-4,6
SPL(Af)	(dB)	-20,5	-10,4	-2,8	2,5	5,7	6,7	5,3	-1,2
SPL(Direct)	(dB)	-6,1	-6,1	-6,2	-6,2	-6,2	-6,3	-6,8	-8,4
D(50)		0,30	0,30	0,29	0,27	0,26	0,27	0,30	0,49
C(7)	(dB)	-7,9	-8,0	-8,7	-9,4	-9,7	-9,7	-8,9	-5,6
C(50)	(dB)	-3,7	-3,6	-3,9	-4,3	-4,4	-4,4	-3,7	-0,1
C(80)	(dB)	-1,2	-1,1	-1,4	-1,9	-2,1	-2,1	-1,3	2,6
U(50)	(dB)	-3,7	-3,6	-3,9	-4,3	-4,4	-4,4	-3,7	-0,1
U(80)	(dB)	-1,2	-1,1	-1,4	-1,9	-2,1	-2,1	-1,3	2,6
MTI(corrected)	*,**		0,00	0,00	0,11	0,22	0,20	0,18	0,03
LF(80)		0,246	0,250	0,266	0,289	0,293	0,287	0,281	0,256
LFC(80)		0,347	0,353	0,378	0,405	0,409	0,402	0,395	0,360
Diffusivity(ss)	(dB)	5,6	5,5	5,6	6,3	6,7	7,1	6,6	3,9
Echo(Dietsch)		0,61	0,59	0,57	0,57	0,56	0,55	0,55	0,51
SPL(A)		11,7	dB						
SPL(Lin)		14,2	dB						
SPL(C)		13,8	dB						
SPL(A_Direct)		0,3	dB						
STI		0,42							
STI(Female)		0,16							
STI(Male)		0,16							
STIPA		0,42							
RASTI		0,39							
STI(expected)		0,13							
EDT(Average)		2,4	s						
T(20_Average)		2,6	s						
T(30_Average)		2,7							

شکل ۵ - محاسبات عددی

۶-۱-۱- تصویرسازی آکوستیکی

برای درک عمیق‌تر هندسه‌ی فضا، تصویرسازی آکوستیکی کاربردی است. ادئون ابزارهای مختلفی مثل توپ‌های بیلارد^۱، ردیابی پرتو، نقشه‌های رنگی^۲ و ... را برای این منظور ارائه می‌دهد.

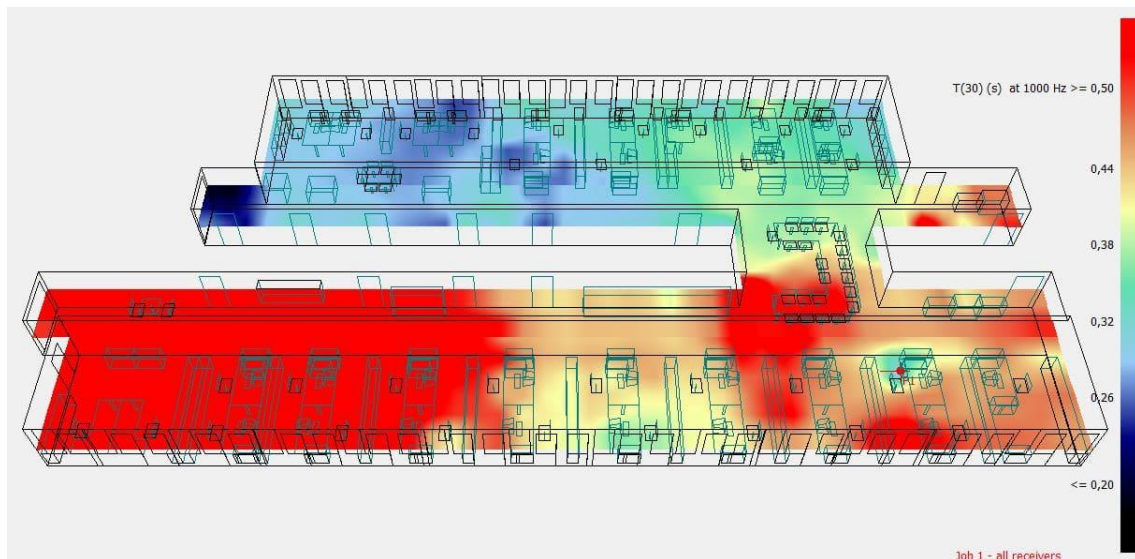
۷-۱-۱- نقشه‌های آکوستیکی رنگی

یکی از بهترین ابزارهای فهم و بررسی اجمالی تحلیل آکوستیکی فضا، نقشه‌های رنگی (یا شبکه‌های رنگی^۳) است. با این ابزار امکان مشاهده تأثیر هندسه‌ی فضا بر پارامترهای آکوستیکی فراهم می‌شود.

^۱ billiard balls

^۲ color maps

^۳ color grids



شکل ۶ - نقشه‌های آکوستیکی رنگی

۸-۱-۱- مشخصات آکوستیکی سطوح

برای تمام سطوح در فضای شبیه‌سازی شده، امکان تعریف مشخصات آکوستیکی وجود دارد. امکان تعریف ضریب جذب با کتابخانه‌ی وسیع نرم‌افزار فراهم است و هم‌چنین می‌توان ضریب جذب مورد نظر خود را تعریف کرد. تمام ضرایب مرتبط دیگر مانند پراکندگی، شفافیت و شاخص تضعیف/عبور هم قابل تعریف است.

105	Porous concrete blocks without surface finish, 40
106	Clinker concrete, no surface finish, 800 kg/m3 (K)
107	Concrete block, coarse (Harris, 1991)
108	Concrete or terrazzo Ref. (Harris, 1991)
1000	Smooth brickwork with flush pointing, painted (Kr
1001	Smooth brickwork with flush pointing (Bohran, 19

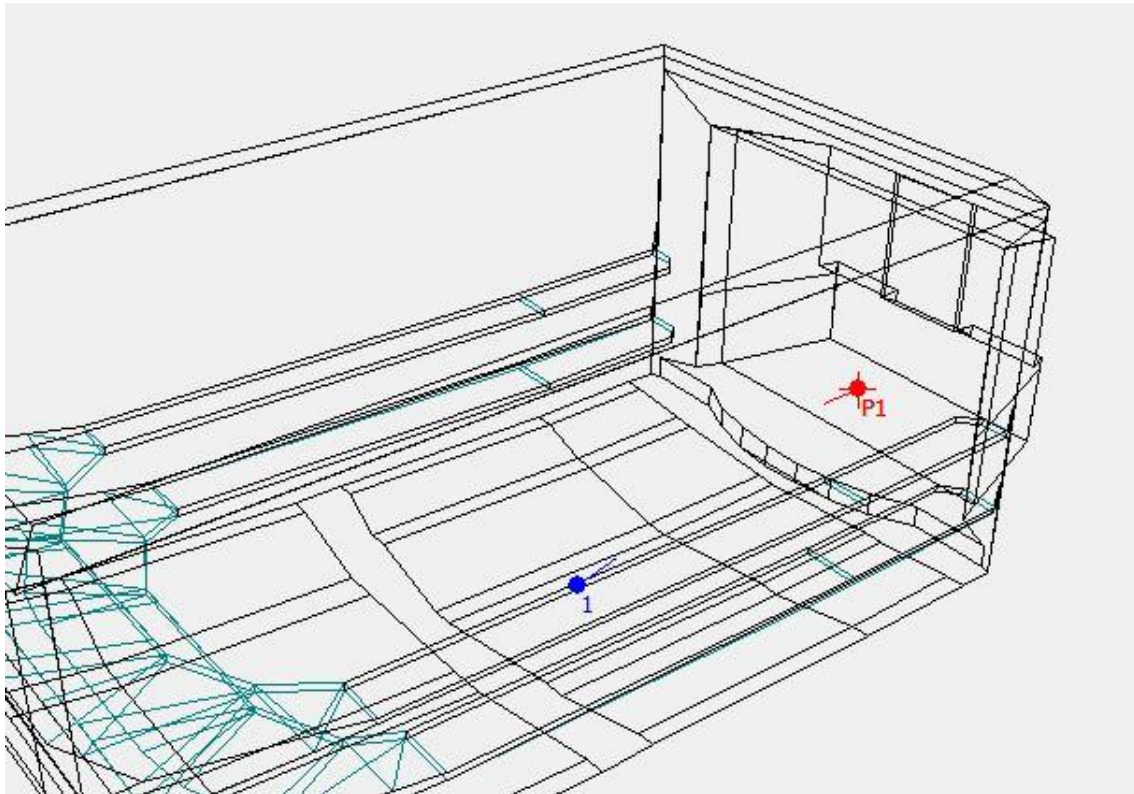
شکل ۷ - کتابخانه سطوح

Number	Material	Scatter	Transp.
2	704	0,300	0,000
4	3073	0,100	0,000
6	7004	0,300	0,040
7	7004	0,300	0,000
10	7004	0,300	0,000
13	7014	0,400	0,040

شکل ۸ - ضرایب سطوح

۹-۱-۱- تجربه شنیداری

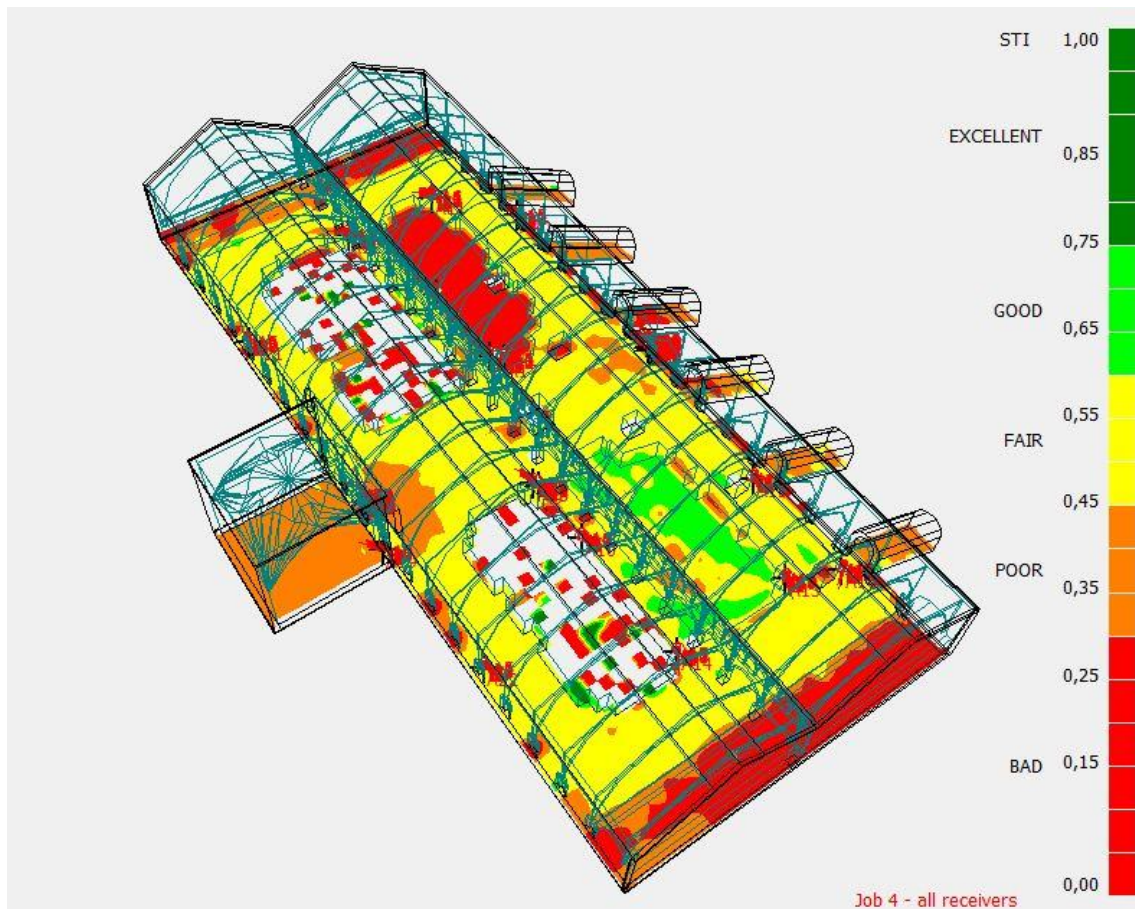
آکوستیک در مورد صدا است و در ادئون این امکان وجود دارد که به شبیه‌سازی انجام شده، گوش دهید! کافی است که فایل صوتی مورد نظر بسته به کاربری گفتار، موسیقی و ... انتخاب شود و محل شنونده در مدل انتخاب گردد. این روش به خصوص برای ارائه پروژه به کسانی که با آکوستیک و پارامترهای آکوستیکی آشنایی لازم را ندارند، مفید خواهد بود.



شکل ۹ - تجربه شنیداری فضا

۱۰-۱-۱- شاخص انتقال گفتار (STI)

ترکیب استفاده از شاخص انتقال گفتار با شبکه‌های رنگی امکان مشاهده تأثیر اصلاحات آکوستیکی در مکان‌های مختلف فضا را فراهم می‌کند.



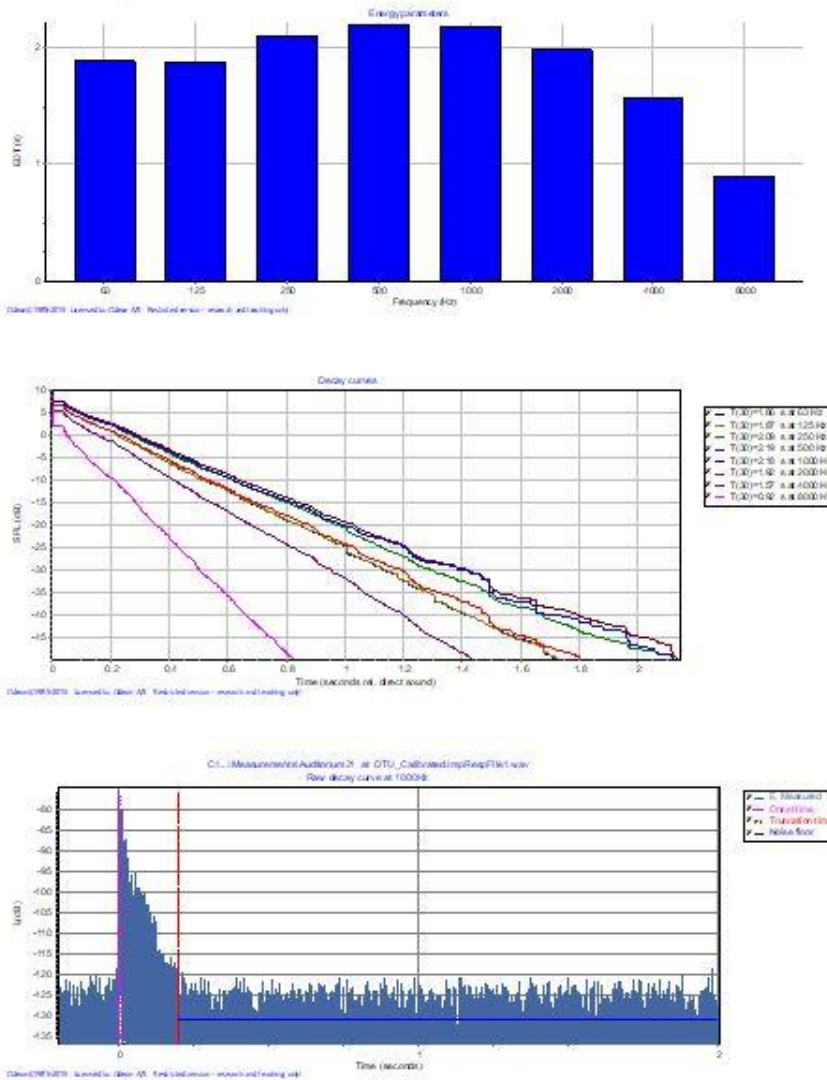
شکل ۱۰ - شاخص انتقال گفتار و شبکه‌های رنگی

۱-۱-۱۱- امکان کپی/پیست نتایج در گزارشات

اغلب نیاز است تا نتایج به محیط خارج از نرم‌افزار منتقل شوند؛ ادئون امکان کپی/پیست نمودارها، اعداد و پارامترهای محاسبه‌شده را به محیط خارج از نرم‌افزار فراهم کرده است؛ این جابه‌جایی می‌تواند به منظور محاسبات عددی بیش‌تر در اکسل باشد و یا برای ارائه گزارش در پاورپوینت مورد استفاده قرار گیرد.

ACOUSTICAL REPORT

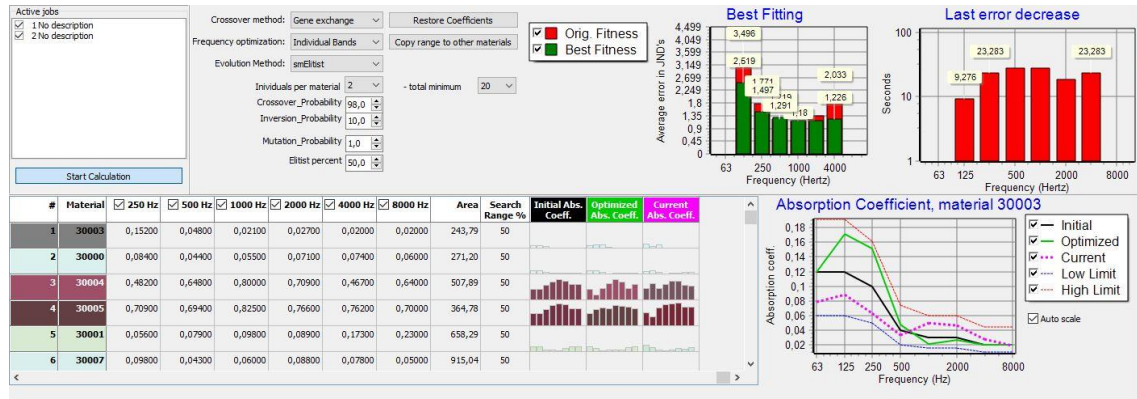
The acoustics in the room in question can be investigated in the graphs in this rapport. The graphs are from simulations in the Odeon software, a state-of-the-art software with a very accurate simulation engine.



شکل ۱۱ - امکان کپی/پیست نتایج در گزارشات

۱۲-۱-۱- بهینه سازی مواد با کمک الگوریتم ژنتیک

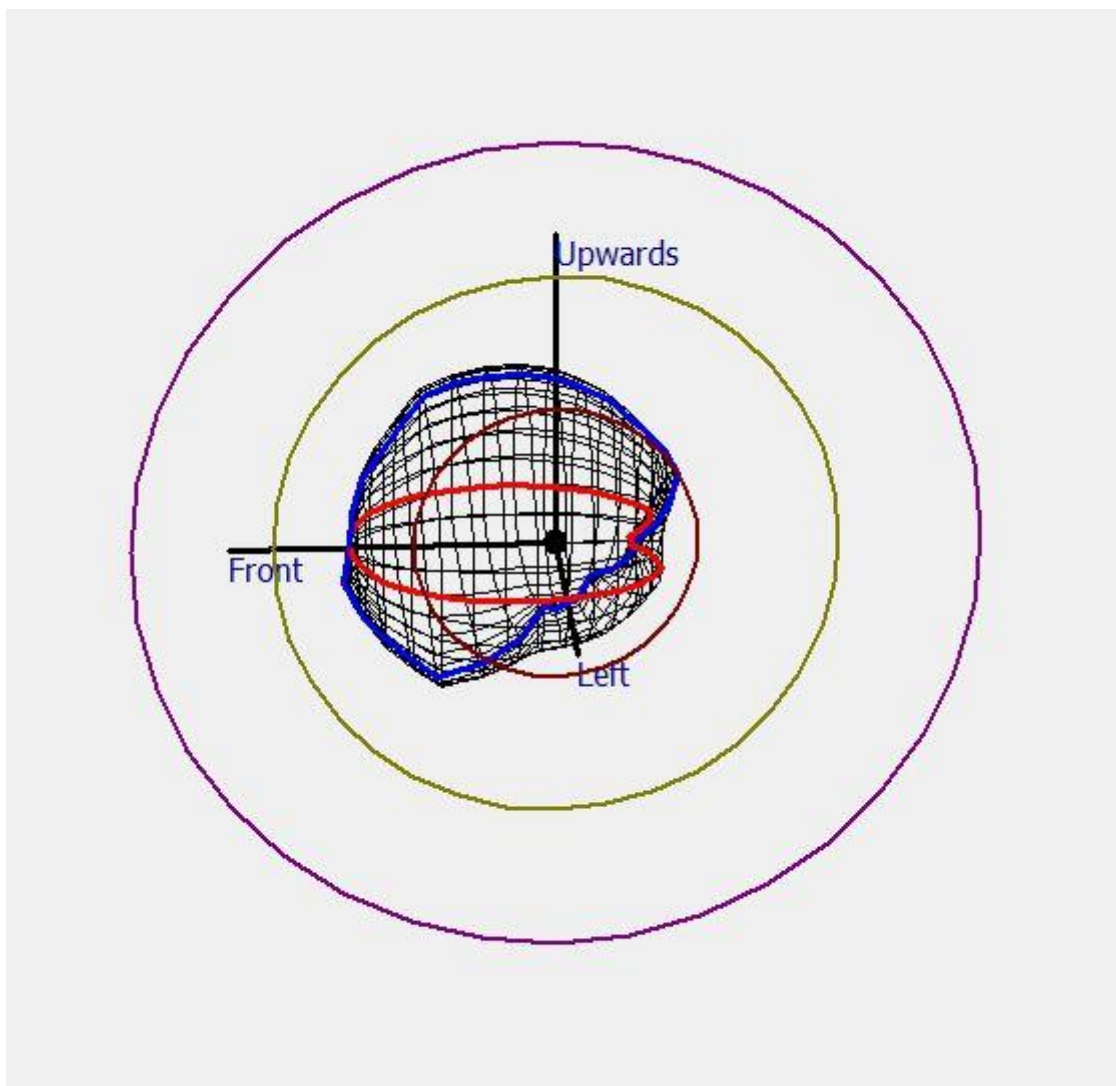
مقداردهی صحیح ضرایب جذب برای فضای شبیه سازی شده ی واقعی، کمی دشوار است؛ به همین دلیل ادئون با استفاده از الگوریتم ژنتیک، ابزاری را توسعه داده است تا مقداردهی ضرایب را با دقت مناسب، به واقعیت نزدیک کند.



شکل ۱۲- بهینه سازی مواد با الگوریتم ژنتیک

۱۳-۱-۱- انواع مختلف منابع صدا

امکان قرار دادن طیف گسترده ای از منابع صدا مانند انواع بلندگوها، صدای انسان، منابع صدای همه جهت و ... در شبیه سازی های آکوستیکی فضا وجود دارد؛ مثلاً می توان از بین منابع نقطه ای برای شبیه سازی موقعیت های خاص، منابع خطی برای شبیه سازی ترافیک یا قطار و یا منابع سطحی برای شبیه سازی دستگاهی خاص استفاده کرد.

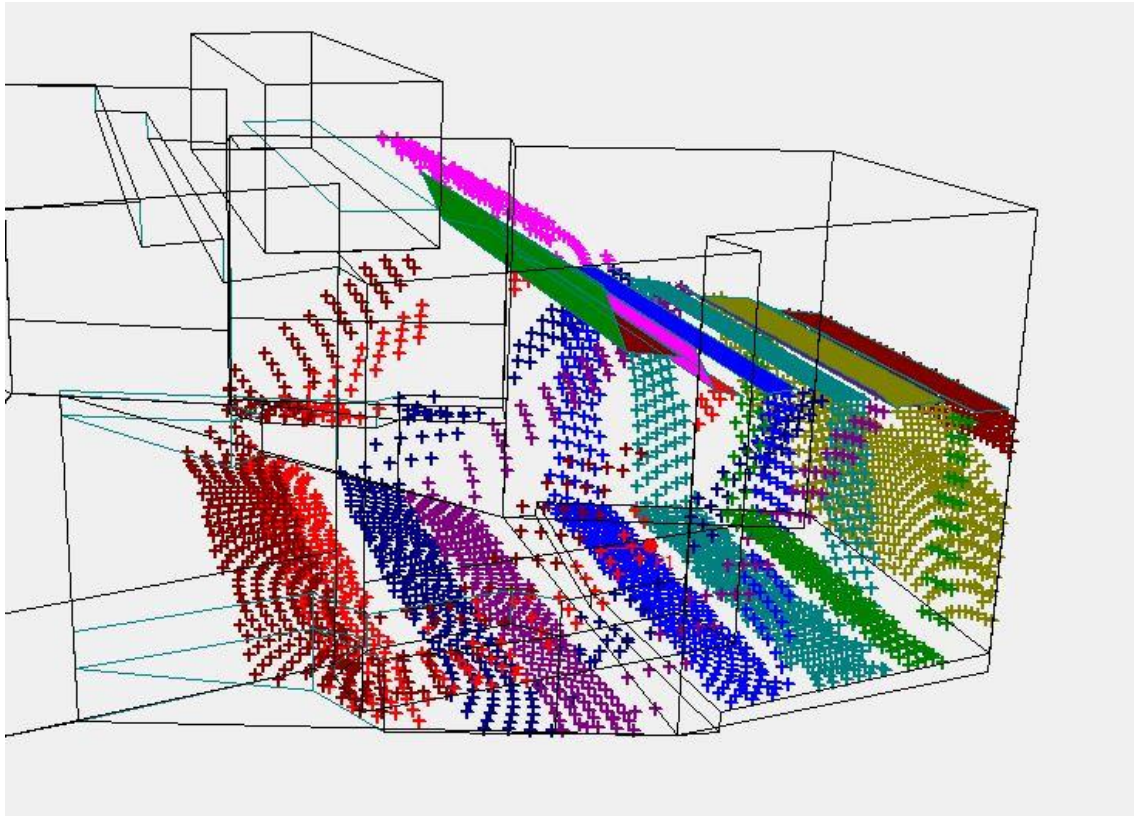


شکل ۱۳ - انواع مختلف منابع صدا

۱۴-۱-۱- پوشش سطوح بازتاب‌دهنده^۱

استفاده از سطوح بازتاب‌دهنده در ادئون بسیار ساده است. در محیط شبیه‌سازی شده می‌توان مکان و زاویه بازتاب‌دهنده‌ها را تعریف کرد و در مورد میزان پخش صدا در فضا و یا نبود پوشش مناسب بازتاب‌دهنده‌ها در مکان خاص تصمیم گرفت و اصلاحات مناسب را اعمال کرد.

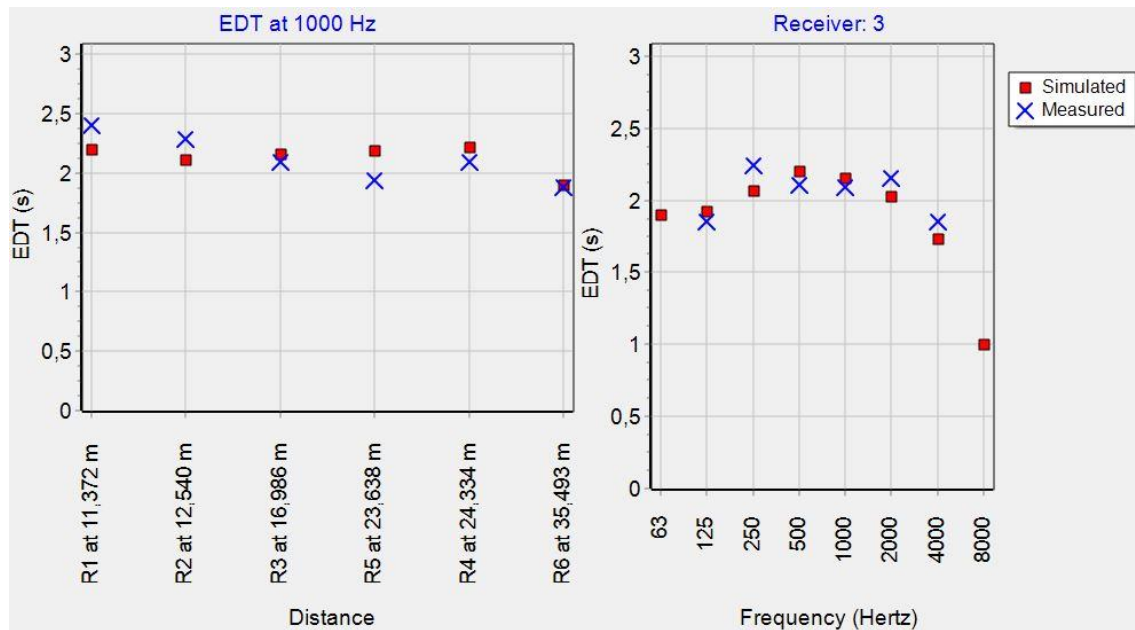
^۱ Reflector



شکل ۱۴- پوشش سطوح بازتاب دهنده

۱۵-۱-۱- مقایسه بین اندازه گیری ها و شبیه سازی ها

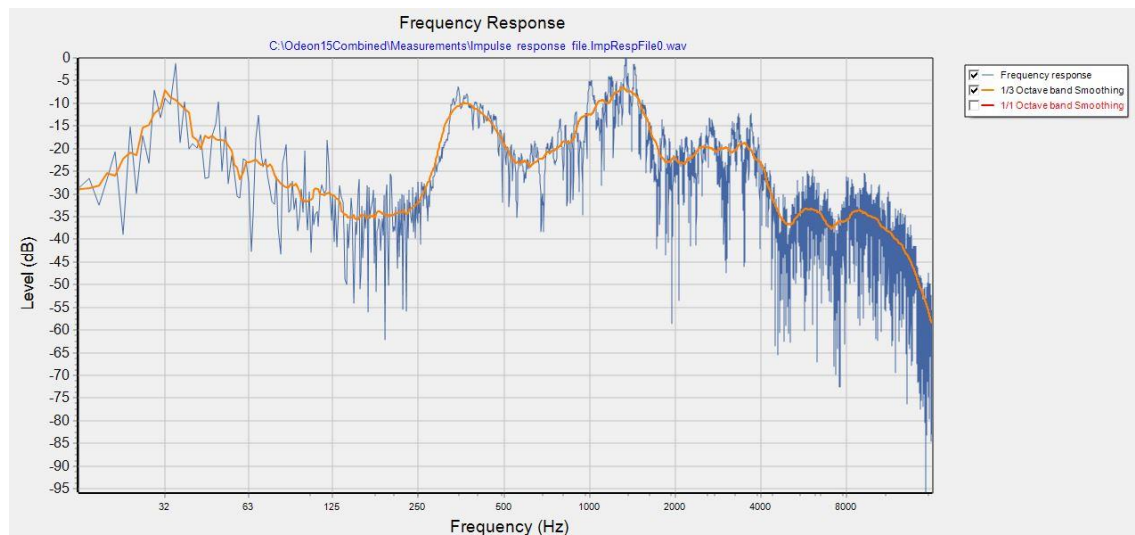
در نرم افزار ادئون امکان اندازه گیری و شبیه سازی وجود دارد و به همین دلیل مقایسه بین آن دو هم به راحتی ممکن است؛ ادئون حتی امکان مقایسه بین اندازه گیری های انجام شده به روش های میدانی و یا در نرم افزارهای دیگر را هم فراهم کرده است. این مورد اهمیت خود را وقتی پروژه ی بهینه سازی فضای آکوستیکی موجود، در دست انجام است، بیش از پیش نشان می دهد.



شکل ۱۵ - مقایسه بین اندازه‌گیری‌ها و شبیه‌سازی‌ها

۱۶-۱-۱- پاسخ فرکانسی

برای دستیابی به پاسخ فرکانسی، باید از سیستم اندازه‌گیری استفاده شود. این مورد اهمیت خود را در تحلیل آکوستیکی فضاها با PA^۱ (سیستم‌های صوتی مخصوص اجتماعات بزرگ) مانند تالارهای موسیقی یا ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی آشکار می‌کند.



شکل ۱۶ - پاسخ فرکانسی

^۱ public address system (PA system)