# ویژگیهای اکــوستیکی چــوب در فرکانسهای ۲۰۰۰، ٤۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز

**مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع - بخش تحقیقات علوم چوب وکاغذ**

**صندوق پستی ۱۱٦-۱۳۱۸۵ تهران - ایران**

**نویسندگان:**

امیر نوربخش، عبدالرحمن حسین‌زاده، فرداد گلبابایي و ابوالفضل کارگر فرد

**Nour@rifr-ac.org**

## چکیده:

در این بررسی ویژگیهای ضریب جذب صوت در فرکانسهای بالا مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق گونه چوبی، جهت الیاف و فرکانس به صورت متغیر مـورد ارزیابی قرار گرفته است. گونه در سه سطح (صنوبر، توسکا و راش)، جهـت الیـاف در سه سطح (طـولی، مماسـی و شـعاعی) و فرکـانس (۲۰۰۰، ٤۰۰۰، ۸۰۰۰) هرتـز مـورد بررسی قرار گرفتند.

در این بررسی از روش فاکتوریل در قالب بلوکهای کامل تصادفی جهـت تجزیـه و تحلیل آماری استفاده گردید. سپس با استفاده از آزمون دانکـن (DMRT) مقایسـه میـان میانگین‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. روش انجام آزمایش با اسـتفاده از دسـتگاه اندازه‌گیر جذب صوت مدل ٤۰۰۲ انجام گردید. در ارتباط با نوع گونه چوبی مشخص گردید که چوب صنوبر دارای حداکثر میزان جذب صوت بوده است. جهت طـولی نیـز در این بررسی از حداکثر میزان جذب صوت برخوردار بوده اسـت. جهـات مماسـی و

شعاعی به ترتیب در درجه‌ها ی بعدی قرار می‌گیرد. با در نظر گرفتن میزان فرکانسهای مورد بررسی مشخص شده است که با افزایش فرکانس از ۲۰۰۰ به ۸۰۰۰ هرتز میزان ضریب جذب صوت دارای سیر صعودی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** صنوبر، توسکا، راش، فرکانس، جهت الیاف، ضریب جذب صوت

## مقدمه

## مممممممم

**مقدمه:**

در کشورهای پیشرفته جهان استفاده از چوب و فرآورده‌های آن جهت کنترل صدا در مکان‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از مصالح چوبی در مکانهایی مانند دفاتر عمومی، اتاقهای کامپیوتر، ابزار دقیق، سالنهای مطالعه، کتابخانه‌ها، آزمایشگاهها، موزه‌ها، فروشگاهها، کارخانه‌ها، رستورانها، بیمارستانها، مساجد، کلیساها، تالارها، استودیوهای رادیویی و صوتی حائز اهمیت می‌باشند. استفاده از این مصالح به صورت پوشش کامل در این فضاها در جذب امواج صوتی بسیار موثر می‌باشد.

بدین جهت شناخت خواص اکوستیک نظیر جذب صوت و کاهش شدت صوت و عایق بودن آن در برابر صوت سبب شده است که چوب و فرآورده‌های چوبی به عنوان یکی از مواد مهم در عایق‌کاری دیوار و سقف مطرح گردد. به دلیل استفاده زیاد از چوب در مصارف مختلف ساختمانی و کاربرد این ماده و فرآورده‌های آن در مصارف ویژه از جمله خواص جذب صوت در فرکانسهای بالا (۲۰۰۰، ٤۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز) به اطلاعاتی از نفوذ امواج صوتی در چوب و عکس‌العمل این ماده در برابر آن نیاز است. بدین لحاظ در این بررسی تعیین اثرات گونه چوبی، دانسیته، جهت الیاف، و فرکانس‌های بالا مورد مطالعه قرار گرفته تا بهترین تیمار جهت استفاده در مصارف اکوستیک شناخته شود. سپس تأثیر نفوذ امواج صوتی در چوب ماسیو مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. عوامل مختلفی در چگونگی خواص صوتی چوب دارای تأثیر هستند.

**جدول شمارهٔ ۱- دامنه فعالیتهای مختلف ضریب جذب و ضریب کاهش صوت در دیوار و سقف**

| *نوع فعالیت* | **سقف اماکن** (ضریب کاهش صوت ٪) | | | | | **دیوار اماکن** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **کامل** | **ویژه** | **۰/٤٥ تا ۰/٦٥** | **۰/٦٥ تا ۰/۷۵** | **بالای ۰/۷۵** | **تیمار شده** | مخصوص |
| دفاتر مخصوص | × | | | × | | | |
| فضای عمومی دفاتر | × | | | × | | | |
| اتاق کامپیوتر | × | | | | × | × | |
| کلاسهای درس | | | | × | | | |
| لابراتور زبان | × | | | × | | × | × |
| کتابخانه‌ها | × | | | × | | | |
| آزمایشگاه‌ها | × | | | × | | | |
| اتاق کنفرانس | ۷۰۰< sq.ft. | >۷۰۰ sq.ft. | | × | | × | |
| موزه و فروشگاه | × | | | × | | | × |
| فروشگاه تجاری | × | | | × | | × | |
| آشپزخانه‌ها | × | | | | × | | |
| راهرو و کریدور | × | | | × | | × | |
| اتاقهای مسکونی | × | × | | × | | | |
| بیمارستانها | × | | | × | | | |

**پیشینه تحقیق:**

جذب صوت در چوب ماسیو و واکنش آن در برابر نفوذ امواج صوتی به گونه چوبی و بافت آن بستگی دارد. در ساختمانها و معماری، خواص صوتی بسیار مهم است و می‌بایستی در طراحی ساختمانها دقت لازم مبذول شود. در این زمینه تحقیقات چندی در کشورهای پیشرفته و ایران صورت گرفته است، که به ماسئلی از جمله نوع گونه چوبی، جهت الیاف ، فرکانس آزمایش و سایر عوامل پرداخته شده است.

Niemz و Hansel (۱۹۸۸) در بررسی خود مطالعه‌ای با دستگاه اندازه‌گیری ساختمانی در مورد چوبهای مختلف از جمله چوب نوئل کند رشد و با بافت سنگین و کاج کند رشد انجام داده اند. آنان به این نتیجه رسیده‌اند که این گونه دارای کیفیت رزنانسی خوبی هستند. هنگامی که اثر مدول الاستیسیته با دانسیته مورد بررسی قرار گرفت روابط مشخصی میان فاکتور میرائی و خواص چوب پیدا نشده بود اندازه‌گیریهای فوق در فرکانسهای بالا تا ۸۰۰۰ هرتز صورت گرفته بود. آنان مشاهده کردند که درصد مواد استخراجی نوئل به نسبت کمی با مدول الاستیسیته آن بستگی دارد.

Briks (۱۹۵۳) رابطه‌ای میان جذب صوت و فرکانس را برای تخته لایه‌ای به ضخامت ۳ میلیمتر و ابعاد ۱/۵۲ × ۱/۲۱ متر و با فاصله ۲/۵ سانتیمتر از دیوار را در فرکانسهای بالا از ۲۰٤۸ تا ٤۰۹٦ هرتز مورد بررسی قرار داده است. وی عنوان می‌کند که میزان جذب صوت از فرکانس ۲۰٤۸ تا ٤۰٦۹ هرتز دارای افزایش جزیی بوده است. همچنین Sabin (۱۹۲۷) با استفاده از چوب نراد جهت مقایسه میزان جذب صوت در فرکانسهای بالا مشاهده کرد که از فرکانس ۲۰۰۰ تا ٤۰۰۰ هرتز افزایش ضریب جذب صوت بطور مشخص صورت پذیرفته که علت آن را فاصله موثر در پشت نمونه آزمونی و میزان درصد خلل فرج و سطح نمونه آزمونی می‌داند.

Tedszabo (۱۹۷۸) اثر نرمی سطح چوب را بر میزان جذب صوت موثر می‌داند. در آزمایشهای که محقق فوق در سطوح نرم و صدای مواد (اکو) صورت داده است مشاهده کرد که ناپیوستگیهای کم، مرز الیاف و خلل فرج می‌تواند در انعکاس صوت تأثیر داشته باشد. هنگامی که سطوح نرم باشند، برخی از انرژی‌های صوتی آن به وسیله ترانسدیوسر برمی‌گردد و ضربان سطح جلویی عریض‌تر می‌گردد و دفع انرژی به صورت افت صوتی افزایش می‌یابد. وی عنوان می‌کند که در انتخاب فرکانس آزمایش جهت انجام آزمایشها ماورا صوتی (از دامنه ۲۰۰۰۰ هرتز به بالا) از پایین‌ترین فرکانس در تعیین خصوصیات صوتی استفاده شود.

Ugrehovic (۱۹۵۱) در بررسی خود به نقش خواص مختلف چوب بر کیفیت صوتی پرداخته است نامبرده گزارش نموده است که اثر هموژن بودن و غیرایزوتروپیک بودن چوب می‌تواند خواص صوتی را بهبود بخشد. گونه‌های مورد مطالعه شامل پیسه‌آ آبیس، آبیس آلبا، فیر، لمون وراش بوده است. خواص مکانیکی چوب پیسه‌آ آبیس با داشتن نسبت بالای مدول الاستیسیته به وزن مخصوص می‌تواند هدایت خوب امواج صوتی را باعث گردد. نتایج بدست آمده از بررسیهای فوق نشان می‌دهد که هموژن و غیر ایزوتروپیک بودن گونه پیسه‌آ آبیس بستگی مستقیم به درصد وجود تراکئیدهای تکامل یافته تا حدود ۹۵ درصد داشته است. درصد وجود الیاف و تراکئیدها در چوب داشتن مدول الاستیسیته و وزن مخصوص بالاتر باعث افزایش سرعت صوت در چوب شده و خواص پخش امواج صوتی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد.

Hayashi (۱۹۸٤) ضریب جذب صوت و ساختمان آناتومیکی را در چوب سدر ژاپنی، نراد ساخالین، افرا و بید مورد بررسی قرار داده است. وی ضریب جذب صوت و امپدانس صوتی را با روش امواج ساکن در جهات شعاعی و مماسی در این گونه‌ها مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که بافت آناتومیکی (بویژه حفرات سلولی، فضاهای باز و آوندها) و فاصله پشت نمونه‌های آزمونی در این مطالعه مهم بوده است.

Mashkov ،Charina (۱۹۷۹) خواص صوتی در درون چوب و برون چوب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج براساس ارتعاشات امواج ماورا صوتی در نمونه‌های آزمونی صورت پذیرفت. گونه کاج اسکات در این بررسی مورد مطالعه قرار گرفته بود. آنان چوب را در درجه حرارت اتاق برای مدت طولانی تا رسیدن به رطوبت تعادل ۵/۸۸ درصد نگه داشته‌اند. متوسط دانسیته برون چوب ٤٠٢ کیلوگرم بر متر مکعب و درون چوب ٤٧٩ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. نتایج نشان می‌دهد که بدون در نظر گرفتن موقعیت دوایر سالیانه، درون چوب ظرفیت بالایی جهت جذب امواج ماورا صوتی از برون چوب داشته است.

این مقایسه با انواع و درصد مواد استخراجی عناصر ساختمان زیر میکروسکوپی درون چوب و برون چوب ارتباط داشته است.

McDonald, Kent (۱۹۷۸) عبور صوت از دیواره سلول در دو گونه نارون را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنان به این نتیجه رسیده‌اند که عبور صوت و جذب آن توسط ساختمان زیرسلولی چوب به طور پیوسته نمی‌باشد. در این بررسی نمونه‌های چوب با الیاف راست تار ، مرطوب و به ضخامت ۱۰ سانتیمتر مورد مطالعه قرار گرفتند. آنان دلیل این پدیده را به طرز قرار گرفتن انواع سلول چوب و رابطه آن با جهت الیاف ارتباط می‌دهند.

*مواد و روشها:*

**عوامل متغیر و سطوح آنها در این بررسی بشرح زیر می‌باشد.**

الف ـ **گونه چوبی**: در این بررسی از سه گونه چوبی جهت انجام آزمایشها استفاده گردید که عبارتند از راش *Fagus orientalis*، توسکای ییلاقی *Alnus subcordata*، صنوبر *Populus alba*

ب ـ **جهت الیاف**: در این بررسی سه جهت اصلی چوب مورد بررسی قرار گرفته است، که عبارتند از جهت طولی، جهت شعاعی، جهت مماسی

ج ـ **فرکانس آزمایش**: در این بررسی فرکانسهای آزمایش ۲۰۰۰، ٤۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز مورد بررسی قرار گرفتند.

**عوامل ثابت:** درجه حرارت محیط، پهنای دوایر سالیانه، رطوبت نسبی محیط، ضخامت نمونه آزمونی (۱۰ سانتیمتر) ودرصد رطوبت آزمایش (٦ درصد) در نظر گرفته شده است.

## طرح آماری:

تجزیه و تحلیل در این بررسی با استفاده از طرح فاکتوریل سه عامله در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی صورت گرفته و سپس میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (DMRT) مقایسه شدند. تأثیر مستقل و متقابل هریک از عوامل متغیر بر خواص مورد مطالعه در سطح ۱ و ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول شمارهٔ ۲- عوامل متغیر و سطوح مختلف آنها

| عامل متغیر | علامت | تعداد سطوح | نامگذاری سطوح |
|---|---|---|---|
| گونه چوبی | A | ۳ | راش:A1<br>صنوبر:A2<br>توسکا:A3 |
| جهت الیاف | B | ۳ | طولی:B1<br>شعاعی:B2<br>مماسی:B3 |
| فرکانس | C | ۳ | ۲۰۰۰ هرتز:C1<br>٤۰۰۰ هرتز:C2<br>۸۰۰۰ هرتز:C3 |

*آماده‌سازی نمونه‌های آزمونی:*

چوب موردنیاز از گرده‌بینه‌های با قطر ۳۰ الی ٤۰ سانتیمتر از گونه‌های راش، صنوبر و توسکا از طرح جنگلداری نکاچوب واقع در حوزه ساری تهیه شدند. سپس چوب آلات استحصالی به آزمایشگاه منتقل و پس از نگهداری به مدت حدود ٦۰ روز به تخته‌های شعاعی و مماسی تبدیل شدند. تهیه نمونه‌های طولی به جهت جلوگیری از ترک و شکاف خوردگی به مدت زمان بیشتری نیاز داشت. بعد از برش تخته‌های طولی آنها در زیر پوشال چوب قرار گرفتند تا خشک شدن آنها به تدریج صورت پذیرد، تخته‌های آزمونی بدست آمده تا رسیدن به رطوبت آزمایشگاه دسته‌بندی شدند. بعد از تهیه نمونه‌های آزمونی جهت دستیابی به رطوبت ٦ درصد از محلول اسیدسولفوریک استفاده شد. بدین منظور نمونه‌ها در درون محفظه با شرایط ویژه نگهداری شدند.

جهت کنترل رطوبت نسبی در یک فضای بسته (دسیکاتور) از محلول فوق با غلظت مشخص جهت رسیدن به رطوبت تعادل مورد نظر استفاده شده است. بعد از تهیه محلول مورد نظر که برای رطوبت تعادل ٦ درصد لازم است، این اسید درون پتری مخصوص در محفظه دسیکاتور قرار گرفت و به وسیله یک دستگاه ترموهیگرومتر ثبات مدل PL 2000.094/16 رطوبت و دمای داخل دسیکاتور کنترل گردید. نمونه‌های آزمونی مورد نظر داخل ظرف دسیکاتور قرار گرفتند و داخل هر ظرف یک تیمار شاهد انتخاب شده تا بتوان رطوبت مورد نظر را کنترل کرد.

## روش اندازه‌گیری ضریب جذب صوت:

دستگاه اندازه‌گیری ضریب جذب صوت با روش امواج ساکن جهت تعیین ضرایب جذب صوت در مواد طراحی شده است. از امتیازات این دستگاه(شکل شماره ۱) کوچکی آن می‌باشد که به نمونه‌های در دو ابعاد متفاوت در فرکانسهای پایین‌تر از ۱۰۰۰ هرتز و فرکانس‌های بالاتر از ۱۰۰۰ هرتز با قطر ۳/۸۵ و ۹/۸۵ میلیمتر به ترتیب می‌باشد. این دستگاه شامل دو لوله اندازه‌گیری بوده و دارای یک ردیف نگهدارنده برای تثبیت نمونه‌های آزمونی درون لوله‌ها می‌باشد. دستگاه اندازه‌گیر ضریب جذب صوت با روش امواج ساکن مدل 4002 می‌باشد که جهت اندازه‌گیری میزان جذب صوت به شرح زیر قابل اندازه‌گیری است.

الف ـ ابتدا نمونه‌های آزمونی به قطر ۳ سانتیمتر را در درون لوله مربوطه قرار می‌دهیم تا بطور ثابت در آن قرار گیرند.

ب ـ فرکانس مورد نظر که جهت اندازه‌گیری ضریب جذب صوت لازم می‌باشد را روی درجه مربوطه تنظیم می‌کنیم (به عنوان مثال ۸۰۰۰ هرتز) .

ج ـ فیلتر پارازیت صوتی را جهت جلوگیری از ایجاد خطای آزمایش روی عدد مربوطه قرار می‌دهیم.

د ـ با حرکت دادن واگن حاوی میکروفون بطرف لوله کاوشگر صوتی که در درون لوله حرکت می‌کند امواج صوتی تولید شده را به وسیله بلندگو به طرف نمونه آزمونی هدایت می‌کنیم. در این لحظه در درون لوله شکم و گره تولید می‌گردد.

و ـ بعد از حرکت دادن واگن با توجه به درجه نمای ضریب جذب صوت اولین حداقل فشار صوت را یادداشت می‌کنیم و سپس پتانسیومتر را تا میزان حداکثر تنظیم می‌کنیم.

ر ـ با حرکت واگن و نگاه کردن به درجه نمای جذب صوت حداکثر جذب صوت را از روی درجه‌نما قرائت می‌کنیم.

**شکل شماره ۱- دستگاه اندازه‌گیری ضریب جذب صوت مدل 4002**

**نتایج و بحث :**

در این بررسی اثر عوامل متغیر بر صفات مورد بحث مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج آن بشرح زیر می‌باشد.

– **اثرات مستقل:** نتایج تجزیه و تحلیل آماری گونه چوبی نشان می‌دهد که با تغییر گونه چوبی از راش به صنوبر میزان ضریب جذب صوت به مقدار ۳٦ درصد افزایش یافته است. در گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن وضعیت فوق مورد تایید قرار می‌گیرد که در سه گروه مجزا به ترتیب صنوبر، توسکا و راش از میزان جذب صوت بالایی برخوردار هستند. نوربخش و همکاران (۱۳۷٤) در بررسی دیگری که خواص جذب صوت را در فرکانسهای ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ هرتز مورد بررسی قرار دادند، نتایج فوق را مورد تایید قرار میگیرد. Kent وMcDonald (۱۹۷۸) در بیان رابطه میان جهت الیاف و عبور صوت در چوب عنوان می‌کنند که صوت در دیواره سلولی چوب منتشر می‌شود و افزایش عبور صوت در جهت شعاعی و مماسی به مسیر دیواره‌های سلولی و ساختمان اشعه و ابعاد سلول ارتباط دارد. همچنین Hayashi (۱۹۸٤) نیز عنوان می‌کند که در مورد گونه‌هایی با دانسیته کمتر ضریب جذب صوت رابطه مستقیمی با بافت چوب بویژه حفرات سلولی، آوندها و فضاهای خالی درون چوب داشته است. وی درصد خلل و فرج را در چوب عامل مهمی در میزان جذب صوت دانسته است. در این بررسی نیز ملاحظه شده است که گونه صنوبر دارای جذب صوت بالایی است. مقایسه اثر مستقل جهت الیاف بر میزان جذب صوت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است. طبق نتایج بدست آمده با تغییر جهت الیاف از طولی به شعاعی میزان ضریب جذب صوت به مقدار ۳۲ درصد کاهش یافته است. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن وضعیت فوق مورد تایید بوده است. به این ترتیب جهات طولی و مماسی و شعاعی به ترتیب از حداکثر میزان جذب صوت بهره‌مند بوده است. نتایج بدست آمده

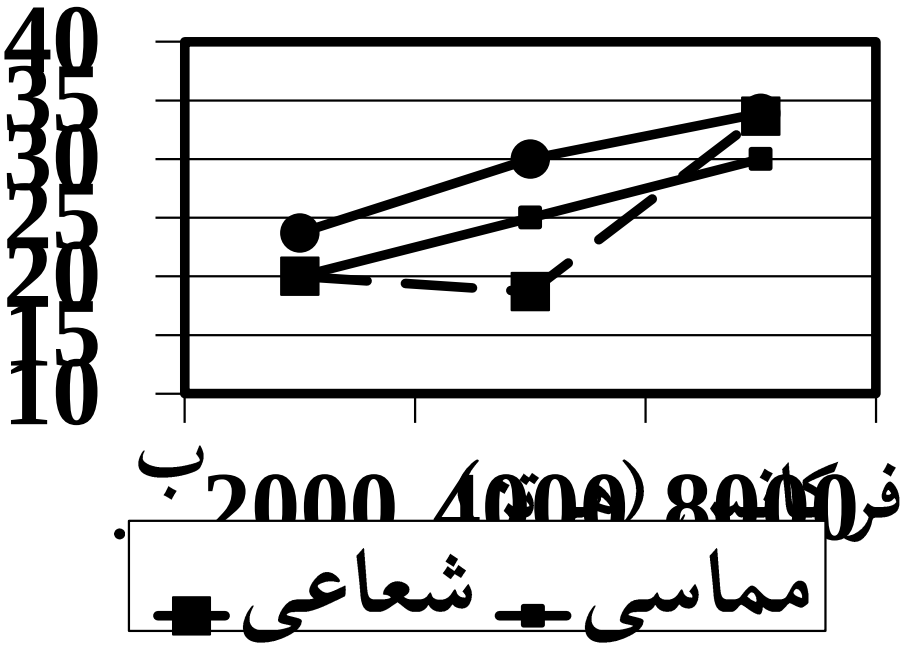
با نتایج تحقیقات Hayashi (۱۹۸٤) مطابقت دارد. نـامبرده عنـوان مـی‌کنـد کـه ضـریب جذب صوت و امپدانس صوتی با اسـتفاده از روش امـواج سـاکن در جهـات مختلـف متفاوت بوده است. وی گونه‌هایی چون سدر ژاپنی، نراد ساخالین، افـرا و بیـد را مـورد بررسی قرار می‌دهد و به این نتیجه رسیده است که میزان جذب صوت در جهت طـولی بیشتر از جهات دیگر می‌باشد. وی این خواص را به ساختار آنـاتومیکی بـویژه حفـرات سلولی و آوندها و فضاهای خالی دیگر نسبت می‌دهد.

مقایسه اثر مستقل فرکانس بر میزان جذب صوت در سـطح ۱ درصـد معنـی‌دار بـوده است. مطابق با نتایج بدست آمده با تغییر فرکانس از ۲۰۰۰ به ۸۰۰۰ هرتز میزان ضریب جذب صوت به مقدار ٤٤ درصد افزایش نشان می‌دهد. در گـروه‌بنـدی میـانگین‌هـا بـه روش دانکن وضعیت فوق مورد تایید قـرار مـی‌گیـرد. بـا توجـه بـه ایـن گـروه‌بنـدی فرکانس‌های ۸۰۰۰، ٤۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز به ترتیب از حـداکثر میـزان ضـریب جـذب صوت بهره‌مند بوده است.

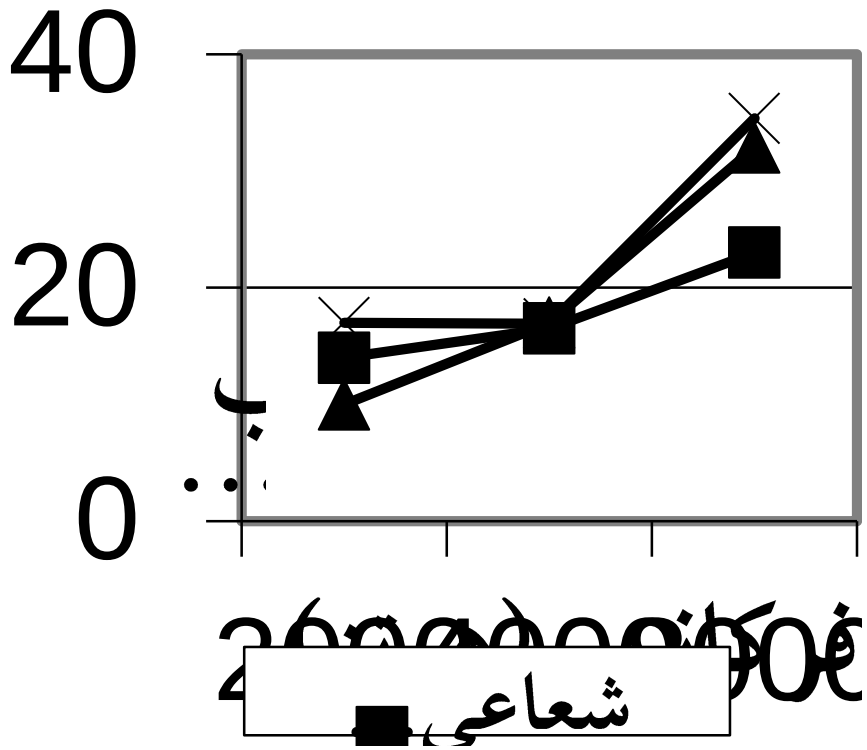
Meyer (۱۹۵۳) رابطه میان جذب صوت و فرکانس را برای تخته لایه‌ای به ضخامت ۳ میلیمتر از چوب و به ابعاد ۱/۵۲ × ۱/۲۱ متـر و بـا فاصـله ۲/۵ سـانتیمتر از دیـوار را برای فرکانسهای بالا (۲۰٤۸ تا ٤۰۹٦ هرتز) را مورد بررسی قرار داده اسـت. وی عنـوان می‌کند که میزان جذب صوت از فرکانس ۲۰٤۸ تـا ٤۰۹٦ هرتـز دارای افـزایش جزئـی بوده است. نتایج تحقیقات فوق با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد و با افزایش فرکـانس از ۲۰۰۰ به ۸۰۰۰ هرتز در اکثر موارد میزان ضریب جذب صوت دارای سـیر صـعودی می‌باشد.

- **اثرات متقابل:** مقایسه اثر متقابل گونه و جهت الیـاف در سـطح ۱ درصـد دارای اثـر معنی‌داری می‌باشد. با تغییر گونه و جهت الیاف تغییر در میزان ضـریب جـذب صـوت مشاهده می‌گردد. طبق نتایج بدست آمده با تغییر گونه راش در جهت شعاعی بـه گونـه

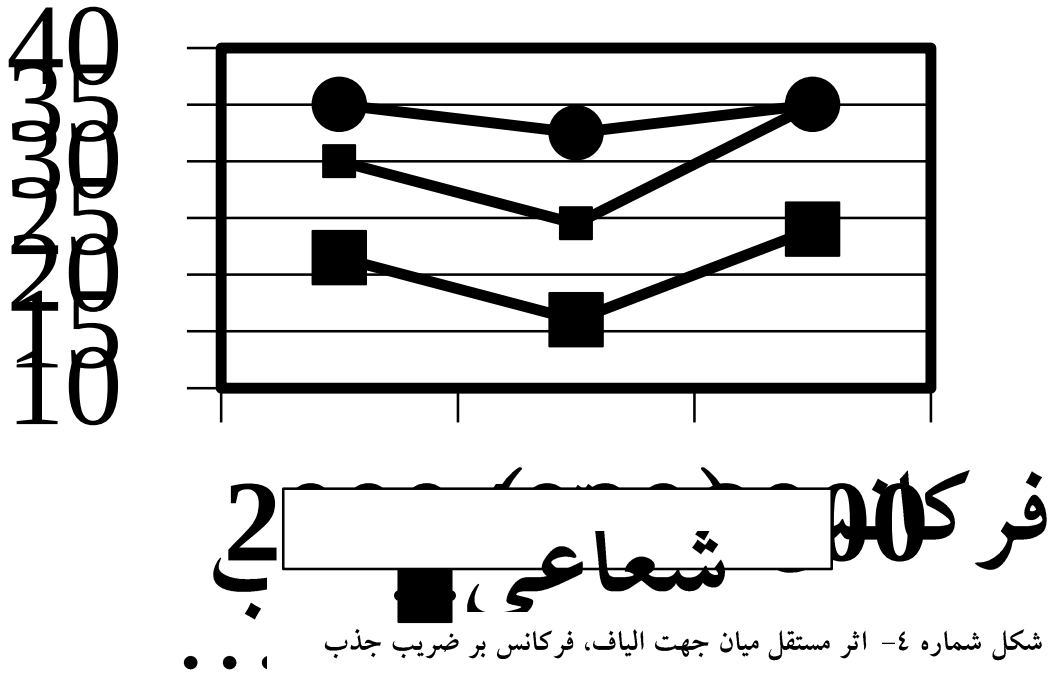
صنوبر در جهت طولی ضریب جذب صوت به مقدار ۸۰ درصد افزایش یافته است. در گروه‌بندی میانگینها وضعیت فوق مورد تایید قرار می‌گیرد. با توجه به این جدول شمارهٔ مشاهده می‌گردد که گونه صنوبر در جهت طولی در گروه اول (a) قرار گرفته است که از حداکثر میزان جذب صوت برخوردار بوده است. گونه صنوبر در جهت مماسی و توسکا در جهت طولی نیز هر دو مشترکاً در گروه دوم (b) قرار گرفته‌اند. مشاهده شده است که گونه راش در جهت شعاعی از حداقل میزان جذب صوت برخوردار بوده است. جهت در میزان جذب صوت نسبت به گونه دارای اثر بیشتری بوده است. میزان خلل و فرج موجود در گونه صنوبر و راه بازتر نفوذ امواج صوتی در آن و جذب در فضاهای آزاد و باز دیواره‌های سلولی یکی از عواملی است که در جذب صوت مهم بوده است. مقایسه اثر متقابل میان گونه و فرکانس در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است. مطابق با نتایج فوق مشخص است که با تغییر گونه و فرکانس میزان ضریب جذب صوت دارای تغییراتی می‌باشد. با تغییر گونه راش در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز به گونه توسکا در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز میزان ضریب جذب صوت به مقدار ۱۳۷ درصد افزایش یافته است. با مشاهده جدول شمارهٔ میانگینها به روش دانکن ملاحظه می‌گردد که گونه توسکا در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز و صنوبر در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز هر دو در گروه برتر (a) قرار گرفتند. با توجه به اثر متقابل میان گونه و فرکانس مشخص شده است که فرکانس دارای اثر بیشتری نسبت به گونه با توجه به اثر متقابل میان این دو بوده است. تیمارهایی که در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز قرار داشته‌اند همگی در گروههای برتر بوده‌اند. پس با افزایش فرکانس از ۲۰۰۰ به ۸۰۰۰ هرتز ضریب جذب صوت دارای افزایش چشمگیری بوده است.




**شکل شماره ۲- اثر مستقل میان جهت الیاف، فرکانس بر ضریب جذب صوت در گونه توسکا**




شکل شماره ۳- اثر مستقل میان جهت الیاف، فرکانس بر ضریب جذب صوت در گونه راش




شکل شماره ٤- اثر مستقل میان جهت الیاف، فرکانس بر ضریب جذب صوت در گونه صنوبر

باتوجه به اینکه تیمارهائی که از گونه راش مورد آزمون قرار گرفته‌اند، در فرکانس‌های ۲۰۰۰و ٤۰۰۰ هرتز دارای حداقل میزان جذب صوت برخوردار هستند لذا توصیه میگردد که در مکانهایی که مسئله جذب صوت در فرکانسهای بالا مطرح است استفاده از گونه‌های چون راش با دانسیته بالای ۰/٦ گرم بر سانتیمتر مکعب جلوگیری شود. همین طور در فرکانسهای پایین نیز عموماً این گونه دارای جذب صوت مناسبی نمی باشد.

مقایسه اثر متقابل میان جهت الیاف و فرکانس در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده با تغییر جهت الیاف و فرکانس میزان ضریب جذب صوت دارای تغییراتی بوده است. با تغییر به جهت مماسی و فرکانس ۸۰۰۰ هرتز میزان ضریب جذب صوت به مقدار ۹۳ درصد افزایش یافته است. باتوجه به نتایج میانگین‌ها به روش دانکن ملاحظه می‌شود که جهت مماسی در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز و جهت شعاعی در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز دارای بالاترین میزان ضریب جذب صوت بوده و هر دو در گروه برتر ***(a)*** قرار گرفته‌اند. باتوجه به اثر متقابل میان جهات الیاف و فرکانس مشخص شده است که فرکانس می‌تواند اثر بیشتری نسبت به جهت الیاف بر ضریب جذب صوت داشته باشد.

تیمارهایی که با فرکانس ۸۰۰۰ هرتز مورد آزمون قرار گرفته‌اند همگی از حداکثر ضریب جذب صوت برخوردار بوده‌اند.

میان سطوح مختلف گونه، جهت الیاف و فرکانس اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده میگردد. باتوجه به نتایج بدست آمده ملاحظه میگردد که با تغییر گونه از چوب راش در جهت مماسی و فرکانس ۲۰۰۰ هرتز به چوب صنوبر در جهت طولی و مماسی در فرکانس‌های ۸۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز میزان ضریب جذب صوت به مقدار ۱۵۰ درصد افزایش یافته است. باتوجه به جدول شمارهٔ میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که چوب صنوبر در جهت طولی و فرکانس ۸۰۰۰ هرتز، صنوبر در جهت مماسی و فرکانس ۸۰۰۰ هرتز، صنوبر در جهت طولی و فرکانس ۲۰۰۰ هرتز، توسکا در جهت شعاعی و فرکانس ۸۰۰۰ هرتز و چوب راش در جهت مماسی و فرکانس ۸۰۰۰ هرتز در گروه برتر ***(a)*** قرار می‌گیرد.

همین طور ملاحظه میشود که تیمارهای گونه توسکا در جهت طولی و فرکانس ۸۰۰۰ هرتـز، راش در جهـت طـولی و فرکانس ۸۰۰۰ هرتز، صنوبر در جهـت طـولی و فرکـانس ٤۰۰۰ هرتـز در گـروه دوم ***(b)*** قـرار گرفتـه‌انـد. باتوجـه بـه گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن مشاهده شده است که تمام تیمارهایی که از گونه صنوبر ساخته شـده‌انـد در میـزان جذب صوت موفق‌تر بوده اند. و همین طور تیمارهایی که در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز و جهت طولی قـرار داشـته‌انـد دارای ضریب جذب صوت بالایی هستند. با در نظر گرفتن میزان خلل فرج موجود در گونـه صـنوبر بـه میـزان ۰/٦۸۸ درصـد نسبت به گونه‌های راش و توسکا اثر جذب امواج صوتی مناسبی داشته‌اند.

## استنتاج:

در این بررسی اثر عوامل مختلف مربوط به چوب بر ضریب جذب صورت مورد مطالعه قرار گرفت. عوامل متغیر مورد بررسی شامل گونه‌چوبی، جهت الیاف و فرکانس بوده است. در ارتباط با گونه چوبی مشاهده شده است که گونه صنوبر از حداکثر میزان ضریب جذب صوت بدون توجه به سایر عوامل به صورت مستقل بهره مند بوده است. این گونه با داشتن میزان خلل فرج ۰/٦٨٨ درصد و دانسیته ۰/٤٢٢ گرم بر سانتیمتر مکعب نسبت به دو گونه دیگر دارای بهترین ضریب جذب صوت بوده است. بعد از گونه صنوبر گونه های توسکا و راش به ترتیب دارای میزان ضریب جذب صوت بالا میباشند. در ارتباط با جهت الیاف مشخص شده است که جهت طولی از میزان جذب صوت بالاتری نسبت به جهات مماسی و شعاعی برخوردار بوده است. با توجه به اثر فرکانس نیز مشخص شده است که بالاترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز بدست آمده است. باتوجه به اینکه با افزایش فرکانس در اکثر موارد ضریب جذب صوت زیاد شده است میتوان ادعا کرد که با بالارفتن میزان فرکانس از ۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰ هرتز ضریب جذب صوت زیاد میگردد.

## منابع و ماخذ:


۱- ابراهیمی، قنبر ۱۳٦۸. مکانیک چوب و فرآوردهای مرکب آن. انشارات دانشگاه تهران. شماره انتشار ۲۰۱۳

۲- اسماعیل بیگی، ص و برکشلی، م ۱۳٦٤. مبانی اکوستیک، انتشارات امیر کبیر، چاپ اول ۱۳۵۱، چاپ دوم ۱۳۵۳

۳- بصیری، عبدالله ۱۳٦۸. طرحهای آماری در علوم کشاورزی،انتشارات دانشگاه شیراز

٤- پارسا پژوه، داود ۱۳٦۳. تکنولوژی چوب. انتشارات دانشگاه تهران. شماره انتشار ۱۸۵۱.

۵- دوست حسینی، کاظم، رضویان، علیرضا ۱۳۷۱. استفاده از چوب در ساخت سازه های ایرانی. پروژه کارشناسی رشته چوبشاناسی و صنایع چوب دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.

٦- نوربخش، امیر. دوست حسینی، کاظم ۱۳۷٦. بررسی خواص صوتی چوب و تخته خرده چوب عایق صوت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه منابع طبیعی. دانشگاه تهران

7- American Seciety for Testing and Material 1990. Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials by the Impedance Tube Method ASTM. 384-90a

8- Briks. J.B. 1953. Scintillation Counters "MACGROW-Hill Book Company New york

9- Hayashi. 1984. Sound Absorption and Anatomical Structure of Japanese Cedar (Cryptomeria Japonica) Saghalin Fir (Abies Sachalinesis). Maple (Acer.SP) and willow (Salix SP.) Proceodings. Pacific Regional

10- Kent A.and McDonald. 1978. Lumber Quailty Evaluation Using Ultrasonic. 4TH Non-Distractive Testing of Wood Symposium Agust. 29-30. Vancouver Washington

11- Mashkov. Charina. 1988. Transl. Lesnoi Zhurnal no. 2. 78-80 See FPA. 1253 IPC. Appleton Wisconsin USA. Insitute of Paper Chemistry

12- Niemz.P. Hansel. A. 1988. Determination of Important Factors Influencing Acoustic Emission from Wood and Wood based Materials. Holzt echnologie. 1988. 29: 2079-81 iii: M ref

13- Sabin. 1927. Collected Papers on Acoustics Harvard University Press 1922

14- Ted Szabo 1978. Use of Ultrasonic to Evaluate or Characteristics Wood Composite. 4TH Symposium in the Non-destructive Testing of Wood. Vancouver. Washington 1978

15- Ugrehovic 1951. Predavanja Odrzana u yugoslavcnskoy Akademiji 1951. No. 5 PP. 38+13 Photos. 34 refs Publishod by the yugoslavenska Akademija zannostij.