مقایسه خواص اکوستیکی چوب توت با برخی گونه‌ها به منظور ساخت ساز

مصطفی کهن‌ترابی[1*] و مهران روح‌نیا[2]

۱) دانشجوی دکتری تخصصی رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: mostafa.kohantorabi@gmail.com

۲) استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی و مقایسه چوب توت نسبت به برخی چوب‌های دیگر، خواص آکوستیکی و موسیقیایی آنها از طریق روش ارتعاش آزاد در تیر دوسر آزاد در صفحات طولی- شعاعی و طولی- مماسی مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۱۰ عدد از هر یک از گونه‌های توت سفید، افرا پلت، راش، بلوط بلند مازو، صنوبر، کاج جنگلی، گردو و آزاد با ابعاد (مماسی)۲۰× (شعاعی)۲۰× (طولی)۳۶۰ میلی‌متر عاری از هر گونه عیب و ایراد ظاهری مانند ترک، گره، پوسیدگی و غیره مطابق با استاندارد ISO 3129 فراهم شد. فاکتورهای مدول‌الاستیسیته دینامیک، میرایی ارتعاش، ضریب‌آکوستیک و سرعت صوت در آنها اندازه‌گیری و مورد بررسی و مقایسه با یکدیگر قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که چوب توت از خواص آکوستیکی نامناسب‌تری نسبت به سایر گونه‌های مورد پژوهش در استفاده برای ساخت ادوات موسیقیایی، به ویژه برای ساخت ساز تار دارا می‌باشد. در صورتی که مطابق با معیارهای مورد بررسی چوب گونه‌های کاج جنگلی و افرا پلت بهترین خواص را به‌منظور کاربرد در ساخت این ساز دارند. به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصل می‌توان بیان نمود در صورت چشم‌پوشی از طنین صدای حاصل از چوب توت، گونه‌های دیگر مورد بررسی در این پژوهش از خواص آکوستیکی بسیار مناسب‌تری برای استفاده در ادوات موسیقیایی از جمله تار را دارند.

واژه‌های کلیدی: چوب توت، موسیقی، خواص آکوستیکی، ادوات موسیقی، طنین صدا.

مقدمه

بشر از لحظه تولد با موسیقی زاده شده و می‌شود. اولین آهنگ و نوای گریه نوزاد قبل از دیدار مادر به او آگاهی می‌دهد که نوزادش زنده به جهان هستی پا گذاشته و نوزاد با شنیدن آوای قلب مادر آرامش می‌یابد. بنابراین موسیقی قبل از زبان و گفتار به‌وجود آمده است. در آغاز صداهای مختلف در طبیعت بزرگ‌ترین راهنمای بشر نخستین بوده است. ترنم باران در برگ‌های درختان و زمین و دریا، رعد و برق برخاسته از ابرها، صدای امواج دریا و رودخانه و آبشارها، صدای مختلف بادها، نواهای مختلف پرندگان و حیوانات همه و همه به آنها الفبای موسیقی و آواها را می‌آموخت و بشر مانند آنها صداها را تقلید و بازسازی کرد و تقلید این آواها اولین زبان او بود. بدین صورت در تاریخچه موسیقی و ساز طبیعی‌ترین وسیله آواز، سینه و حلقوم طبیعی انسانی و ساده‌ترین وسیله ایجاد وزن، دست‌های آدمی بود. بعدها

بشر از شاخ حیوانات و روییدنی‌هایی که در دسترس داشت، سازهای بادی مانند بوق و نی اختراع کرد و با کمک حس شنوایی سوراخ‌هایی با توجه به معتقدات نجومی و اعداد مقدس در آنها تعبیه نمود که اکنون به صورت‌های گوناگون تکامل یافته است. با ضربه زدن بر تنه تو خالی درختان (سازهای کوبه‌ای) یا با ارتعاش در آوردن زه‌کمان و بعدها استفاده از کدوی خشک یا پوست نارگیل در قسمت انتهایی کمان جهت پایداری و تشدید صوت حاصله (سازهای زهی)، اصواتی پدید آمد.

همچنین انواع طبل‌ها و سازهای ضربی را اختراع کرد و در تکامل آنها کوشید. در کاوش‌های باستان‌شناسی، سازهای بادی و زهی مانند چنگ و نی را یافت که تاریخ آنها به چندین هزار سال قبل از میلاد می‌رسد. بشر با اختراع سازها و ادوات موسیقی از الحان و نواهایی که در ذهن او حالت مطبوع و دلپذیر ایجاد می‌کرد، تقلید نموده و پیوسته در راه تکامل آن گام برداشته است تا به امروز که سازهای خارجی در انواع مختلف: زهی، بادی، کوبه‌ای، سازهای صفحه کلیددار و سازهای الکترونیکی به شکل امروزی در آمده است. در اکثر سازهای مربوط به هر گروه، به استثنای سازهای الکترونیکی، چوب بیشترین کاربرد را در ساخت هر یک از قطعات مربوط به هر ساز دارا می‌باشد (خالقی، ۱۳۷۰؛ بینش، ۱۳۷۶).

از سوی دیگر سازهای ایرانی از حیث جنس به سه گروه فلزی، سفالی و چوبی تقسیم می‌گردند که در این بین سازهای چوبی به طریق تراش و برش[1] ساخته می‌شوند. این گروه سازها بیشترین و متنوع‌ترین سازها را در خود جای می‌دهند و آنجایی که سخن از نواختن یا ساختن سازهای ایرانی است، بیشتر این سازها در ذهن تداعی می‌گردند. اکثریت سازهای زهی و برخی سازهای ضربه‌ای به این روش ساخته می‌شوند (مشحون، ۱۳۸۰). با وجود پیشرفت در صنایع پلیمرهای مصنوعی، امروزه نیز در سراسر جهان استفاده از چوب در ساخت آلات موسیقی کاربرد بسیار دارد، به‌طوری‌که در ساخت بیشتر سازهای ارف و سازهای آکوستیک و حتی در ساخت انواع پیانو از گونه‌های مختلف چوب استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، استفاده از چوب‌هایی مانند چوب لاله‌دار، گردو، پالیساندر، سرو اسپانیایی، افرا، بلوط و نوئل در ساخت گیتار و استفاده از چوب درختانی مانند افرا، بید، آبنوس و صنوبر را در ساخت ویوولون می‌توان نام برد (Rujinirun *et al.*, 2005). در موسیقی سنتی ایران نیز چوب درخت توت کاربرد وسیعی در ساخت آلات موسیقی به خصوص تار و سه تار دارد (موسوی و پیرایش‌فر، ۱۳۸۷؛ پیرایش‌فر و موسوی، ۱۳۸۸). با این حال ویژگی‌های آکوستیکی حاصل از آزمون‌های دینامیک این چوب به‌منظور بررسی فاکتورهای موثر و ویژگی‌های مورد نیاز برای کاربرد بهینه آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. ضمن اینکه مقایسه ویژگی‌های آکوستیکی این گونه پرمصرف در ساخت آلات موسیقیایی سنتی ایرانی نسبت به سایر گونه‌های موجود نیز برای یافتن جایگزین احتمالی مناسب نیز ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از انجام این پژوهش، بررسی ویژگی‌های آکوستیکی چوب توت سفید و بررسی جایگاه مناسب این گونه با توجه به خواص آکوستیکی تعریف شده برای کاربرد چوب‌آلات مورد استفاده در این گونه مصارف و نیز مقایسه این نوع با برخی گونه‌های دیگر است. در زمینه تعیین خواص آکوستیکی چوب‌آلات پژوهش‌های متعددی صورت پذیرفته است که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است:

Akitsu و همکاران (۱۹۹۳) دریافتند که بین میرایی چوب و درصد رطوبت نمونه‌های تیمار نشده در سطوح مختلف رطوبت نسبی رابطه معنی‌داری وجود دارد. Nakabo و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که کارایی تبدیل آکوستیک (ACE) و درجه همگنی چوب، هر دو

[1] Shaving and Cutting Method

از فاکتورهای مهم برای انتخاب چوب‌آلات مناسب برای ساخت ادوات موسیقی می‌باشند. Obataya و Norimoto (۱۹۹۵) تاثیر استخراج مواد محلول در آب را بر روی خواص آکوستیکی گونه‌ای از نی به نام *Arundodonax* L. که در صفحه ارتعاش کلارینت کارایی دارد را در درصدهای رطوبت نسبی متفاوت مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که در رطوبت پایین حضور مواد استخراجی سبب افزایش مدول‌الاستیسیته می‌گردد که این اثر با افزایش درصد رطوبت به دلیل خروج مواد استخراجی محلول در آب کاهش یافت. همچنین مواد استخراجی باعث افزایش قابل ملاحظه دانسیته و اصطکاک داخلی در گونه مورد مطالعه گردید. Wegst (۲۰۰۶) بیان کرد که میزان میرایی با مواد استخراجی موجود در چوب و رطوبت نسبی چوب و دمای محیط مرتبط می‌باشد. همچنین بیان نمود که بین مدول الاستیسیته و میرایی رابطه معکوس برقرار است.

Aramaki و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر کیفیت صوت حاصل از میله‌های زیلوفون[1] به این نتیجه رسیدند که برای دستیابی به مقدار تشدید (رزوناس) بالا و همچنین دریافت صدایی واضح و شفاف، عامل میرایی و پهنای باند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. Bermoud (۲۰۰۸) نگاهی بر فاکتور میرایی ارتعاش چوب‌آلات مورد استفاده در ساخت آلات موسیقی داشته است. وی طی یک همبستگی توانی، مدول الاستیسیته ویژه این چوب‌آلات در ارتباط با فاکتور میرایی ارتعاش را معرفی نموده است. آنها در پژوهشی دیگر در سال ۲۰۱۰ به مطالعه در مورد تاثیر مواد استخراجی بر روی خواص ارتعاشی چوب پادوک افریقایی پرداختند. طی این پژوهش فاکتور میرایی جزو خواص متاثر از مواد استخراجی چوب پادوک معرفی شد. Roohnia و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که عواملی مانند جرم مخصوص، بافت چوب، مواد استخراجی، درصد رطوبت (با افزایش رطوبت چوب میرایی افزایش می‌یابد) و جهت ارتعاش (طولی، مماسی و شعاعی) می‌توانند ضریب میرایی را تحت تاثیر قرار دهند.

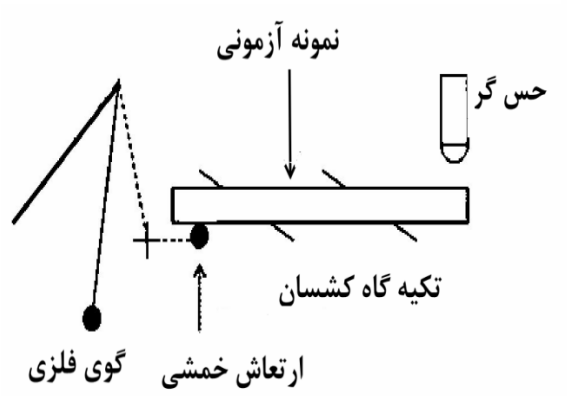
[1] Xylophone

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، گرده‌بینه‌هایی از گونه‌های توت سفید[2]، افرا پلت[3]، راش[4]، بلوط بلند مازو[5]، صنوبر[6]، کاج جنگلی[7]، گردو[8] و آزاد[9] فراهم شدند. به‌منظور تهیه نمونه‌های آزمونی، ابتدا قطعاتی از قسمت برون چوب گرده‌بینه‌ها با ابعاد ۳۵×۳۵×۴۰۰ میلی‌متر برش داده شدند. قطعه‌های برش خورده در هوای آزاد خشک شده و تبدیل به نمونه‌هایی با ابعاد (مماسی)۲۰× (شعاعی)۲۰× (طولی)۳۶۰ میلی‌متر تبدیل شده و در نهایت از مجموع نمونه‌های موجود، تعداد ۱۰ عدد نمونه‌های عاری از هر گونه عیب و ایراد ظاهری مانند ترک، گره، پوسیدگی و غیره مطابق با استاندارد ISO 3129 از هر گونه تهیه گردید. نمونه‌های تهیه شده برای متعادل‌سازی رطوبت در شرایط مشروط‌سازی با شرایط دمای ۲±۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد تا رسیدن رطوبت آنها به ۱۲ درصد قرار گرفتند. خصوصیات آکوستیک نمونه‌ها با استفاده از آزمون ارتعاش خمشی در تیر دو سر آزاد مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری خصوصیات آکوستیک نمونه‌ها از محل گره‌های ارتعاشی روی پایه‌های ارتجاعی قرار گرفتند.

[2] *Morus alba*
[3] *Acer insigne*
[4] *Fagus orientalis*
[5] *Quercus castaneifoli*
[6] *Populus nigra*
[7] *Pinus sylvestris*
[8] *Juglans regia*
[9] *Zelkova carpinifolia*

خواص صوتی نمونه‌ها به روش ارتعاش خمشی در دو جهت LT و LR مورد ارزیابی قرار گرفت. در ابتدای آزمون ارتعاش خمشی، ضربه‌ای توسط چکش به نمونه‌ها در دو جهت شعاعی و مماسی وارد شد. هنگامی که ضربه در سطح شعاعی وارد شود، نوسان‌های عرضی تیر در جهت مماسی و حرکت موج در جهت طول تیر (ارتعاش خمشی در سطح LT) و درصورتی‌که ضربه روی سطح مماسی به چوب اعمال گردد، نوسان‌های عرضی تیر در جهت شعاعی و حرکت موج در جهت طول تیر (ارتعاش خمشی در سطح LR) خواهد بود (شکل ۱). بعد از وارد کردن ضربه صدای حاصل از وارد کردن ضربه به وسیله میکروفن دریافت و به رایانه منتقل گردید. برای تجزیه و تحلیل صدای حاصل هر یک از صفحات مورد ارتعاش از نرم‌افزار ویبرافلکس استفاده گردید (Roohnia *et al*., 2010).



شکل ۱. آزمون ارتعاش خمشی

محاسبه مدول الاستیسیته حاصل از ارتعاش خمشی نمونه‌ها مطابق با روابط مندرج در آیین‌نامه ASTM شماره C 1548 از طریق روابط زیر صورت پذیرفت:

$$E = 0.9465(\frac{mf_f^2}{b}) - (\frac{l^3}{b^3})T \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$T = \left(1.000 + 6.585\left(\frac{t}{l}\right)^2\right) \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن: E مدول الاستیسیته دینامیک (Pa)، F_f فرکانس طبیعی nامین مد ارتعاش (Hz)، m جرم نمونه (gr)، b پهنای نمونه (mm)، l طول نمونه (mm) و T ضریب اصلاحی می‌باشد (ASTM C, 1548).

میرایی ارتعاش طبق رابطه (۳) مورد محاسبه قرار گرفت:

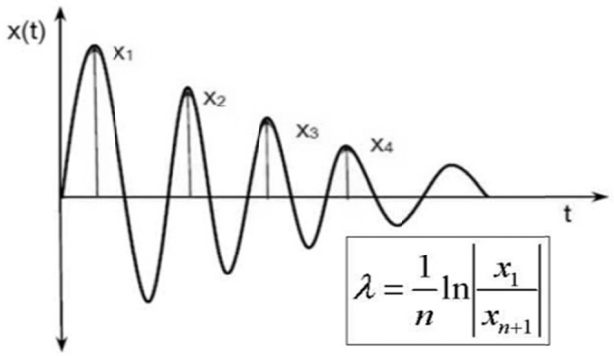
$$\lambda = \frac{1}{n}\ln\left|\frac{x_1}{x_{n+1}}\right| \qquad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن X_1: بلندی اولیه موج در حال کاهش و X_{n+1}: بلندی nامین موج پس از موج متناظر با X_1 است (شکل ۲).

سرعت صوت در چوب مطابق با رابطه زیر محاسبه گردید:

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن V سرعت صوت (m/s)، E مدول الاستیسیته دینامیک (Pa)، ρ دانسیته است.



شکل ۲. نمایش فاکتور کاهش به روش لحظه‌ای با استفاده از کاهش لگاریتمی λ

مقادیر ضریب آکوستیک که از فاکتورهای مهم در خواص صوتی صفحه‌های تشدید صدا می‌باشد (کهن‌ترابی و همکاران، ۱۳۹۰؛ کهن‌ترابی و همکاران، ۱۳۹۳) از طریق رابطه (۵) اندازه‌گیری شد.

رابطه (۵) $$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}$$

جهت بررسی خواص آکوستیک نمونه‌های آزمونی، مقایسه و تعیین جایگاه چوب گونه توت در بین گونه‌های مورد آزمون و مطابق با معیارهای تعیین شده از نمودار پراکندگی استفاده گردید.

معیارهای انتخاب نمونه‌های مناسب برای کاربرد در هر قسمت از آلات موسیقیایی مطابق با مقادیر تقریبی از معیارهای معرفی شده توسط Wegst (۲۰۰۶) در نظر گرفته شد (جدول ۱).

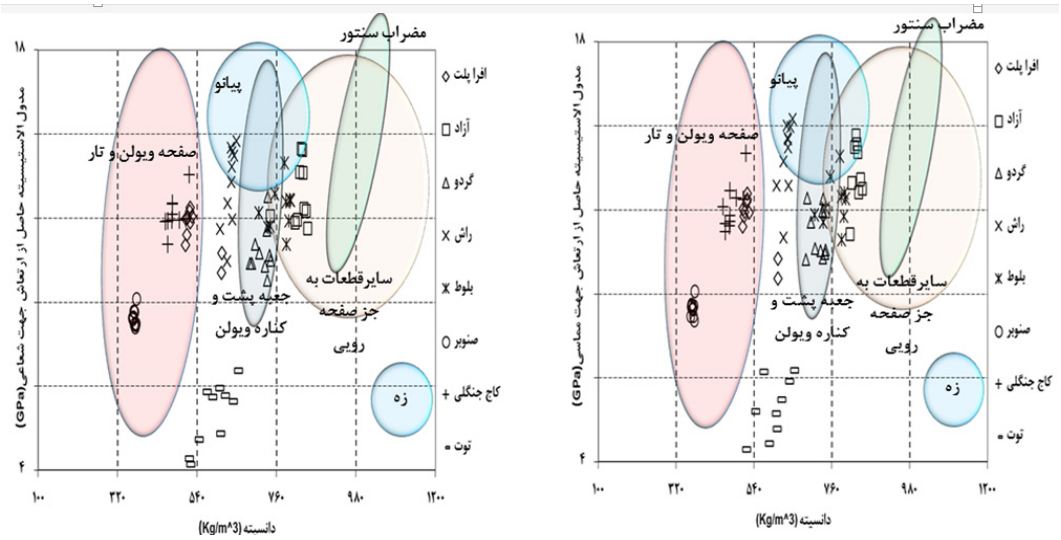
جدول ۱. مقادیر تقریبی معیارهای مهم به‌منظور استفاده در هر بخش از ساز (Wegst, 2006)

کاربرد	خصوصیات				
	دانسیته (kg/m^3)	مدول الاستیسیته (GPa)	میرایی	ضریب آکوستیک ($m^4/s.kg$)	سرعت صوت (m/s)
صفحه ویولن و تار	۲۸۰–۵۵۰	۳–۱۸	۰/۰۰۲–۰/۰۱۱	۳/۵–۷	۳۷۰۰–۷۰۰۰
جعبه پشت و کناره ویولن	۵۴۰–۸۱۰	۸–۱۸	۰/۰۰۹–۰/۰۱۷	۳/۵–۹/۵	۳۵۰۰–۴۵۰۰
سازهای بادی	–	۱۰/۵–۱۸	۰/۰۰۳–۰/۰۰۸	۳/۵–۷	–
پیانو	۵۷۰–۸۵۰	۱۳–۱۸	–	–	۳۷۵۰–۵۰۰۰
مضراب سنتور	۹۰۰–۱۰۵۰	۱۰/۸–۱۸	–	–	۳۶۰۰–۴۷۵۰
زه	۱۰۵۰–۱۲۰۰	۵–۸	–	–	–
سایر قطعات به جز صفحه رویی	۶۵۰–۱۱۵۰	۸–۱۸	۰/۰۰۲–۰/۰۱۳	۷/۵–۱۵/۵	۲۶۰۰–۴۷۵۰

نتایج

مقادیر کمی اندازه‌گیری شده حاصل از ارتعاشات طولی- شعاعی و طولی- مماسی کلیه گونه‌های مورد آزمون در جدول ۲ آمده است.

در شکل ۳ محدوده مطلوب از نظر دانسیته و مدول الاستیسیته به‌منظور انتخاب چوب‌آلات مصرفی در هر قسمت ساز را در جهت‌های شعاعی و مماسی به نمایش در آورده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد چوب توت از حیث دانسیته و مدول الاستیسیته در دو صفحه طولی- مماسی و طولی- شعاعی برای کاربرد در هیچ یک از قسمت‌های ساز، مناسب نمی‌باشد. با توجه به معیارهای مشخص شده، چوب‌های کاج جنگلی، افرا پلت و صنوبر در هر دو جهت شعاعی و مماسی به‌منظور استفاده در صفحه ویولن و تار مناسب می‌باشند. چوب‌های گردو و بلوط خواص مطلوبی برای کاربرد در جعبه پشت و کناره ویولن از خود نشان دادند. به‌علاوه بلوط به همراه گونه آزاد، برای ساخت سایر قسمت‌های آلات موسیقیایی به جز صفحه رویی ساز، خواص مناسبی را دارا می‌باشد. چوب راش نیز با توجه به دانسیته و مدول الاستیسیته برای کاربرد در ساز پیانو دارای ویژگی مطلوب است.

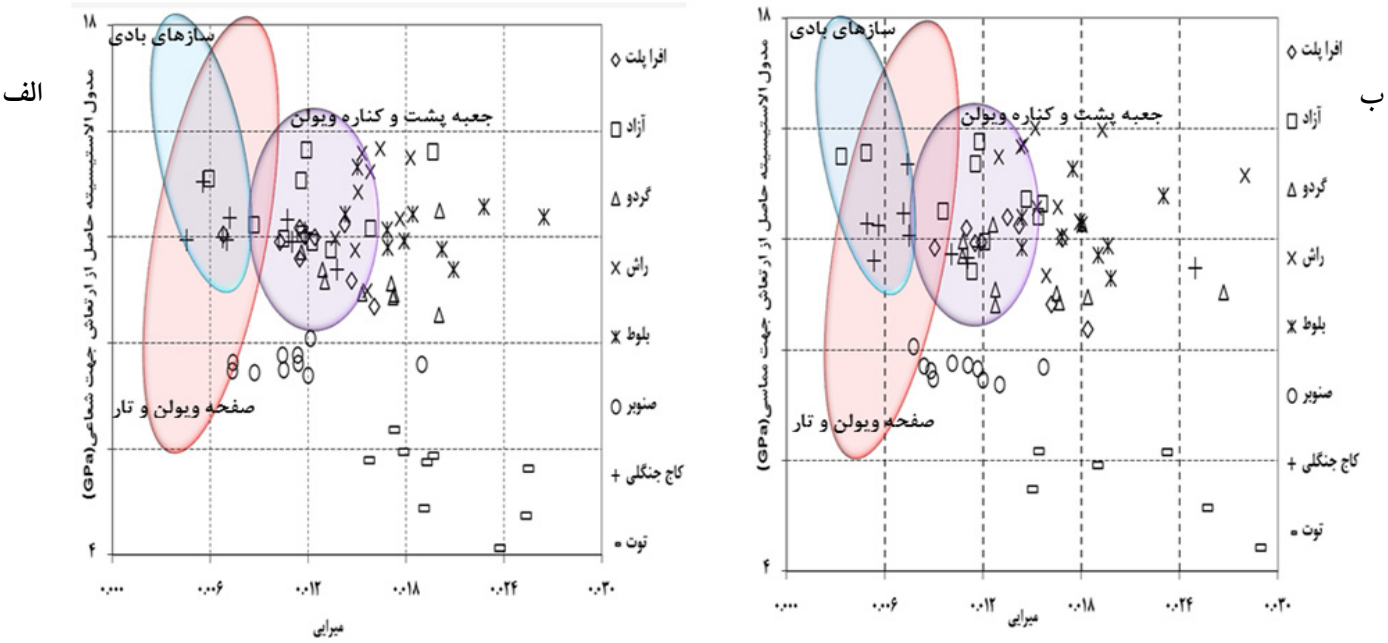


شکل ۳. معیار انتخاب چوب مناسب برای هر بخش از ساز مطابق با مدول الاستیسیته و دانسیته- جهت شعاعی (الف) جهت مماسی (ب)

جدول ۲. مقادیر اندازه‌گیری شده از ویژگی‌های آکوستیکی گونه‌های مورد آزمون

گونه	محدوده مقادیر ویژگی‌های آکوستیکی اندازه‌گیری شده							
	دانسیته (kg/m^3)	مدول الاستیسیته (GPa)		میرایی		ضریب آکوستیک ($m^4/s.kg$)		سرعت صوت (m/s)
		LR^1	LT^2	LR	LT	LR	LT	
افراپلت	۵۰۸-۶۰۸	۱۰/۵-۱۲/۷	۱۰/۱-۱۲/۹	۰/۰۰۹-۰/۰۳۳	۰/۰۰۷-۰/۰۳۲	۶/۹-۹/۷	۶/۷-۹/۷	۴۱۷۱-۴۹۴۳
آزاد	۷۴۲-۸۴۶	۱۲/۰-۱۴/۸	۱۱/۶-۱۴/۹	۰/۰۰۶-۰/۰۲۰	۰/۰۰۳-۰/۰۱۶	۴/۵-۵/۵	۴/۷-۵/۵	۳۷۷۹-۴۲۱۷
گردو	۶۸۶-۷۴۳	۱۰/۳-۱۳/۱	۱۰/۷-۱۲/۸	۰/۰۱۲-۰/۰۳۲	۰/۰۱۱-۰/۰۲۷	۵/۲-۶/۲	۵/۱-۵/۸	۳۷۵۰-۴۲۱۹
راش	۶۰۳-۶۵۰	۱۱/۰-۱۵/۰	۱۱/۵-۱۵/۵	۰/۰۱۴-۰/۰۳۷	۰/۰۱۳-۰/۰۳۲	۶/۷-۷/۶	۶/۷-۷/۷	۴۱۹۵-۴۸۲۵
بلوط	۷۱۲-۷۹۹	۱۱/۵-۱۴/۲	۱۱/۴-۱۴/۲	۰/۰۱۴-۰/۰۲۷	۰/۰۱۴-۰/۰۲۳	۴/۹-۵/۹	۴/۸-۵/۸	۳۸۲۶-۴۲۶۷
صنوبر	۳۶۰-۳۷۱	۸/۸-۹/۷	۸/۷-۹/۷	۰/۰۰۷-۰/۰۱۹	۰/۰۰۸-۰/۰۱۶	۱۳/۲-۱۳/۹	۱۳/۱-۱۳/۹	۴۸۷۴-۵۱۱۴
کاج جنگلی	۴۵۲-۵۱۷	۱۱/۵-۱۳/۹	۱۱/۶-۱۴/۳	۰/۰۰۴-۰/۰۶۹	۰/۰۰۵-۰/۰۲۵	۹/۷-۱۱/۵	۹/۸-۱۱/۶	۴۹۳۳-۵۲۲۹
توت	۵۰۸-۶۴۳	۴/۱-۷/۳	۳/۹-۷/۰	۰/۰۱۶-۰/۰۳۶	۰/۰۱۵-۰/۰۴۶	۵/۰-۶/۲	۴/۹-۶/۴	۲۸۵۷-۳۴۴۳

۱: ارتعاش خمشی طولی شعاعی ۲: ارتعاش خمشی طولی مماسی



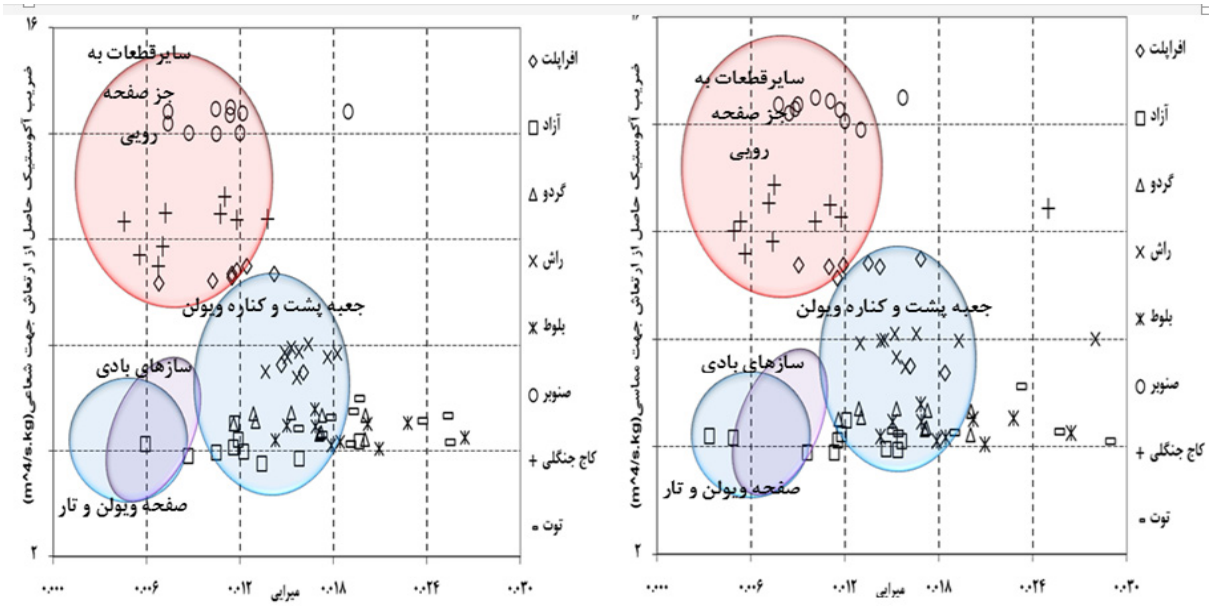
شکل ۴. معیار انتخاب چوب مناسب جهت هر بخش از ساز مطابق با مدول الاستیسیته و میرایی- جهت شعاعی (الف) جهت مماسی (ب)

شکل ۴ محدوده مطلوب از نظر میرایی و مدول الاستیسیته برای انتخاب چوب‌آلات مصرفی در هر قسمت ساز را در جهت‌های شعاعی و مماسی به نمایش گذارده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود با توجه به محدوده‌های مناسب تعریف شده از دو فاکتور مورد بررسی، چوب توت علاوه بر اینکه برای کاربرد در صفحه تار خواص مناسبی از خود نشان نداده است، بلکه جهت استفاده در هیچ یک از قطعات ساز در معیار مورد بررسی در این نمودار از خود خواص مطلوبی نشان نداده است.

چوب‌های گونه‌های آزاد، گردو، راش و کاج جنگلی حایز بهترین شرایط برای استفاده در جعبه پشت و کناره ساز ویولن می‌باشند. به‌علاوه چوب کاج جنگلی بهترین شرایط را برای کاربرد در صفحه رویی تار و ویولن و همچنین آلات موسیقی بادی دارا می‌باشد.

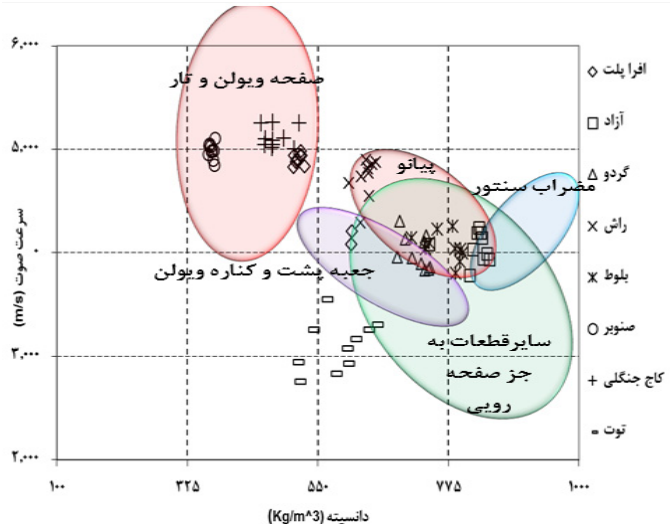
در شکل ۵ محدوده مطلوب از نظر ضریب آکوستیک و میرایی برای انتخاب چوب‌آلات مصرفی در هر قسمت ساز را در جهت‌های شعاعی و مماسی به نمایش درآورده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد چوب توت در این معیار نیز در دو صفحه طولی- مماسی و طولی- شعاعی جهت کاربرد در هیچ یک از قسمت‌های ساز، مناسب نمی‌باشد. با توجه به معیارهای مشخص شده، چوب‌های کاج جنگلی و صنوبر در هر دو جهت شعاعی و مماسی برای استفاده در سایر قسمت‌های آلات موسیقیایی به جز صفحه رویی ساز مناسب می‌باشند. چوب‌های راش، افرا پلت، گردو، بلوط و آزاد خواص مطلوبی را در این معیار برای کاربرد در جعبه پشت و کناره ویولن از خود نشان داده‌اند. با توجه به این شکل به نظر می‌رسد چوب آزاد نزدیک‌ترین شرایط را برای کاربرد در سازهای بادی و صفحه رویی ویولن دارا می‌باشد.

الف



ب

شکل ۵. معیار انتخاب چوب مناسب جهت هر بخش از ساز مطابق با ضریب آکوستیک و میرایی- جهت شعاعی (الف) جهت مماسی (ب)



شکل ۶. معیار انتخاب چوب مناسب جهت هر بخش از ساز مطابق با سرعت صوت و دانسیته

شکل ۶ محدوده مطلوب از نظر دانسیته و سرعت صوت برای انتخاب چوب‌آلات مصرفی در هر قسمت ساز را در جهت‌های شعاعی و مماسی به نمایش گذارده است.

همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد با توجه به محدوده‌های مناسب تعریف شده از دو فاکتور مورد بررسی، در این مورد نیز چوب توت علاوه بر اینکه برای کاربرد در صفحه تار خواص مناسبی از خود نشان نداده، بلکه به‌منظور استفاده در هیچ‌یک از قطعات ساز مورد بررسی در این نمودار از خود خواص مطلوبی نیز نشان نداده است. چوب‌های صنوبر، کاج جنگلی و افرا پلت مطلوب‌ترین خواص برای کاربرد در صفحه ویولن و تار را با توجه به معیار مورد بررسی به خود اختصاص داده‌اند. راش، گردو، بلوط و آزاد برای استفاده در ساز پیانو خواص مطلوبی را از خود نشان داده‌اند. با توجه به این معیار انتخاب گونه، چوب درخت آزاد نزدیکترین خواص مربوط به مضراب سنتور را دارا می‌باشد. ضمن اینکه چوب گردو، برای کاربرد در جعبه پشت و کناره

ویولن از خود خواص مطلوبی را به نمایش گذاشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده و کاربرد امروزی از هر چوب در هر قسمت از ساز، در طول هزاران سال و مطابق با انتظارهای نوازندگان از یک‌سو و از سوی دیگر انتظارهای مخاطبان شکل گرفته و به صورت فرهنگ درآمده است. بسیاری از این انتخاب‌ها با استفاده از آزمون و خطا و موفقیت-های حاصل شده از این آزمون‌ها حاصل شده است (Wegst, 2006). چه بسا برخی از این انتخاب‌ها نیز تنها به دلیل تبعیت از گذشتگان، امروزه نیز جز انتخاب‌های نوازندگان و مخاطبان می‌باشند که استفاده از دانش امروزی می‌تواند تناسب و یا عدم تناسب این انتخاب‌ها را مورد بررسی قرار دهد. به هر حال نکته حایز اهمیت این است که با وجود پیشرفت‌های صورت گرفته در صنایع پلیمرهای مصنوعی، هنوز هم بیوپلیمر چوب، مهمترین عنصر تشکیل‌دهنده در بسیاری از آلات موسیقی می‌باشد. پژوهش حاضر نیز با استفاده از رسم نمودارهای خواص مهم آکوستیکی نظیر: مدول الاستیسیته، دانسیته، میرایی، سرعت صوت و ضریب آکوستیک به ارایه کاربرد مناسب هر یک از چوب‌های مورد آزمون در بخش مناسب ادوات موسیقیایی برای کاربرد بهینه از هر گونه مورد آزمون پرداخت. با توجه به نتایج به‌دست آمده، از نظر خواص آکوستیکی مورد بررسی در این پژوهش، چوب توت که بیشترین کاربرد را در ساخت سازهای ایرانی دارد، در هیچ یک از معیارهای مورد بررسی از وضعیت مطلوبی برخوردار نبود. مدول الاستیسیته و میرایی ارتعاش از ویژگی‌های مهم در انتخاب چوب‌آلات مورد استفاده در مصارف آکوستیکی می‌باشند. هر چه مقادیر مدول الاستیسیته در یک گونه چوبی بالا و مقادیر میرایی ارتعاش پایین‌تر باشد آن چوب راحت‌تر مرتعش شده و صدای حاصل از ارتعاش آن دیرتر مضمحل می‌گردد (Matsunaga *et al*., 2000).

نتایج حاصل از چوب گونه توت حاکی از این بود که این گونه کمترین مقادیر مدول الاستیسیته، و بیشترین مقادیر میرایی ارتعاش را در بین سایر گونه‌های مورد آزمون به خود اختصاص داده است و این گونه در هیچ یک از معیارهای مورد مقایسه جهت استفاده در ساز تار قابلیت مناسبی ندارد. درحالی‌که گونه‌های کاج جنگلی، افرا پلت، آزاد و حتی صنوبر از نقطه‌نظر معیارهای مورد بررسی شرایط مطلوب‌تری نسبت به گونه توت برای کاربرد در ساز تار دارا هستند. علاوه بر دو فاکتور ذکر شده، چوب توت در هیچ یک از خواص آکوستیکی دیگر از وضعیت مطلوبی برخوردار نبود. ولی همان‌طور که در ابتدا نیز بیان شد کاربرد این چوب در ساخت قطعات ساز در کشور فرهنگ شده است. شاید دلیل کاربرد این‌گونه، خارج از فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق باشد. به‌عنوان مثال طنین[1] حاصل شده از صدای این چوب که در طی سالیان متمادی باعث خو گرفتن نوازندگان و مخاطبین به صدای حاصل از این چوب، و عدم پذیرش جایگزین دیگر برای این گونه چوبی گردیده است. ولی باید توجه داشت که فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش، به‌عنوان مهمترین شاخصه‌ها برای استفاده از چوب‌آلات در هر بخش از ساز پیش از این نیز مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل حاکی از تناسب اکثر گونه‌های مورد کاربرد (که کاربرد بسیاری از آنها نیز در طی سالیان متمادی تبدیل به فرهنگ شده است) در بخش مورد مصرف بوده است (Norimoto *et al*., 1986; Yano, 1994; Obataya & Norimoto, 1995; Wegst, 2006). بنابراین در پایان امید است با بهره‌گیری از نتایج حاصل از این پژوهش و تحقیقات مشابه دیگر و همچنین گسترش و تکمیل تحقیقات مشابه، کاربرد بهینه

[1] Timbre

از این ماده ارزشمند جهت ارتقا کیفی خواص آکوستیکی ادوات موسیقیایی صورت پذیرد.

منابع

بینش، ت. (۱۳۷۶) تاریخ مختصر موسیقی ایران. انتشارات دانشگاه هنر، تهران، ۱۹۱ صفحه.

پیرایش‌فر، ا.س. و موسوی، س.ی. (۱۳۸۸) بررسی خواص آکوستیک کامپوزیت‌های لیفی بر پایه رزین اپوکسی. فصلنامه علمی پژوهشی هنر، ۷۹(۱): ۲۰۴-۲۱۴.

خالقی، ر. (۱۳۷۰) نظری به موسیقی ایران. فرهنگ نشر نو، تهران، ۴۴۸ صفحه.

کهن‌ترابی، م.، غزنوی، م.ر.، روح‌نیا، م.، تاجدینی، آ. و کاظمی‌نجفی، س. (۱۳۹۰) بررسی تاثیر نوع اتصال بر خواص آکوستیک چوب‌های اتصال‌دار. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، ۶(۴): ۱۱۷-۱۲۸.

کهن‌ترابی، م.، گلبابایی، ف. و حسین‌خانی، ح. (۱۳۹۳) بررسی غیرمخرب خواص دینامیک چوب راش با روش ارتعاش آزاد در تیر دوسر آزاد. فصلنامه علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۹(۴): ۶۳۳-۶۴۳.

مشحون، ح. (۱۳۸۰) تاریخ موسیقی ایران. فرهنگ نشر نو، تهران، ۴۳۶ صفحه.

موسوی، س.ی. و پیرایش‌فر، ا.س. (۱۳۸۷) کامپوزیت‌های پلیمری در خدمت موسیقی. فصلنامه علمی پژوهشی هنر،۷۵(۱): ۲۸۰-۲۹۶.

Akitsu, H., Norimoto, M., Morook, T. and Rowell, R.M. (1993) Effect of humidity on vibrational properties of chemically modified wood. Wood and Fiber Science, 25(3): 250-600.

Aramaki, M., Bailleres, H., Brancheriau, L., Kronland-martinet, R. and Ystad, S. (2007) Sound quality assessment of wood for xylophone bars. Journal of Acoustical Society of America, 121(4): 2407-2420

ASTM. (1548) Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, shear modulus, and poisson's ratio of refractory materials by impulse excitation of vibration. Designation C1548, 7p.

Bremaud, I. (2008) Caractérisation mécanique des bois et facture: Origines et recensement de la variabilité, Actes de la Journée d'Etude le Bois: Instrument du Patrimoine Musical – Cité de la Musique: pp. 24-46.

Matsunaga, M., Obataya, E., Minamoto, K. and Nakatsubo, F. (2000) Working mechanism of adsorbed water on the vibrational properties of wood impregnated with extractives of pernambuco (Guilandina echinata Spreng.). Journal of Wood Science, 46(3): 122–129.

Nakabo, T., Senou, H. and Aizawa, A. (1998) New species of Pseudocalliurichthys (*Teleostei: Callionymidae*) from Iriomote Island, Japan. American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH), 2(1): 451-455.

Norimoto, M., Tanaka, F., Ohgama, T. and Ikimune, T. (1986) Specific dynamic young's modulus and internal friction of wood in the longitudinal direction (in Japanese). Wood Research Technology Notes, 22(3): 53-65.

Rujinirun, C., Phinyocheep, P., Prachyabrued, W. and Laemsak, N. (2005) Chemical treatment of wood for musical instruments. Part I: Acoustically important properties of wood for the Ranad (Thai traditional xylophone). Wood Science and Technology, 39(1): 77-85.

Roohnia, M., Yavari, A. and Tajdini, A. (2010) Elastic parameters of poplar wood with end-cracks. Annals of Forest Science, 67(4): 409p_1-409p_6.

Wegst, U.K.G. (2006) Wood for sound. American Journal of Botany, 93(10): 1439-1448.

Obataya, E. and Norimoto, M. (1995) Acoustic properties of cane (*Arundo donax* L.) used for reeds of woodwind instruments. II. Analysis of vibrational properties by a viscoelastic model (in Japanese). Mokuzai Gakkaishi, 41(1): 449-453.

Yano, H. (1994) The changes in the acoustic properties of Western red cedar due to methanol extraction. Holzforschung, 48(1): 491-495.

Comparison of Acoustical Properties of Mulberry Wood with Some Other Species in Musical Instrument Manufacturing

Mostafa Kohantorabi[1]* and Mehran Roohnia[2]

1) Ph.D. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: mostafa.kohantorabi@gmail.com
2) Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, , Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Date of submission: 2014/12/01 Date of Acceptance: 2015/11/14

Abstract

To evaluate and compare the properties of White Mulberry wood to some other wood, acoustical and musical features of the free vibration on free-free bars in longitudinal-radial and longitudinal-tangential planes were investigated. Ten pieces of each species of White Mulberry, Maple, Beech, Poplar, Caucasian oak, Pine Silvestris, Walnut and Japanese Zelkova with dimensions 20 (tangential) × 20 (radial) ×360 (length) mm devoid of any appearance defects such as cracks, knots, rots, etc. according to ISO 3129 standard were selected and values of dynamic modulus of elasticity, damping factor, acoustic coefficient and sound velocity were measured and compared with each other. The results showed that the acoustic properties of White Mulberry were of inferior quality to other species of the research, especially for Tar construction. While according to criteria of investigation in this research Maple wood and Pine Silvestris species have the best properties in the construction of Tar. It can be claimed, in general, that if the ignoring the timbre of White Mulberry wood, the other investigated species of this study have more suitable acoustic properties than White Mulberry in musical instruments' construct.

Keywords: White mulberry, Music, Acoustic properties, Musical instruments, Timbre of sound.