دانشگاه هنر اسلامی تبریز
۱۳۷۸

برگزیده مقالات اولین و دومین همایش ملی

کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

به کوشش: مهدی رازانی و بهرام آجورلو

۱۳۹۱-۱۳۹۲

برگزیده‌ی مقالات اولین و دومین همایش ملی

کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

دانشگاه هنر اسلامی تبریز

(۲۵ و ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲-۱۳۹۱)

به کوشش

مهدی رازانی و بهرام آجورلو

دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۱۳۹۳

سرشناسه : همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی (نخستین:۱۳۹۱: تبریز)
عنوان و نام پدیدآور : برگزیده‌ی مقالات اولین و دومین همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی.../ به کوشش مهدی رازانی، بهرام آجورلو.
مشخصات نشر : تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز،۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری : ۴۱۵ ص.: مصور(رنگی)، جدول، نمودار؛۲۲×۲۹س‌م.
شابک : 978-600-93946-8-5
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع : باستان‌سنجی -- ایران -- کنگره‌ها
موضوع : آثار فرهنگی -- ایران -- نگهداری و مرمت -- کنگره‌ها
شناسه افزوده : آجورلو، بهرام، ۱۳۵۴ - گردآورنده
شناسه افزوده : رازانی، مهدی، ۱۳۶۳ - گردآورنده
شناسه افزوده : همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی (دومین:۱۳۹۲: تبریز)
رده بندی کنگره : ۸۱۳۹۳۸/۷۵/۷CC
رده بندی دیویی : ۹۳۰/۱۰۲۸
شماره کتابشناسی ملی : ۳۷۵۶۵۵۲

برگزیده‌ی مقالات اولین و دومین همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی

در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی دانشگاه هنر اسلامی تبریز
۱۳۹۱-۱۳۹۲

مهدی رازانی و بهرام آجورلو (به ویرایش)

ناشر: دانشگاه هنر اسلامی تبریز، نشر الکترونیک
نوبت چاپ اول: ۱۳۹۳
تعداد صفحه و قطع: - وزیری

امور فنی و نظارت بر آماده سازی: مؤسسه فرهنگی میراث مهر آفرین
(با همکاری: سحر احمد خان بیگی، نگار کاظمی پور و سمیرا جعفری)

تبریز، خیابان آزادی، میدان حکیم نظامی، صندوق پستی،۴۵۶۷-۵۱۳۸
کد پستی:۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱ ؛ تلفن:۳۵۴۱۹۹۷۰(۰۴۱)
research@tabriziau.ac.ir

فهرست مندرجات

پیشگفتار

بیانیه‌ی تبریز

بخش اول: برگزیده‌ی مقالات باستان‌سنجی

نشر القائی اشعه‌ی ایکس القائی پروتن (PIXE)
روشی غیرتخریبی برای تجزیه و تحلیل مواد در باستان‌سنجی ۱-۱۶
مسعود باقرزاده کثیری

منشاءیابی اُبسیدین‌های یافته‌شده از کاوش تپه بوینو خدا آفرینِ آذربایجان
به‌رَوش PIXE ۱۷-۳۵
سمیه نوری، کمال‌الدین نیکنامی، بهرام آجورلو ، محمد علیزاده سولا

فرآیند گذار از عصر مفرغ به عصرآهن بر اساس مطالعات آزمایشگاهی
سفال‌های تپه سگزآباد دشت قزوین ۳۷-۵۷
حسن طلایی، احمد علی یاری

تحلیل داده‌های سنجش از راه دور (ژئوماتیک) در بررسی‌های
آرکئومتالورژی معادن باستانی محدوده‌ی جیان و فریادان در استان فارس ۵۹-۸۷
سید محمد امین امامی، بامشاد یغمایی

مطالعات اولیه زمین‌باستان‌شناسی بر روی مواد و مصالح خاکی
(موضوع موردی: بررسی مواد و مصالح به کار رفته در کهن‌دژ و ارگ تاریخی توس) ۸۹-۱۰۵
معین اسلامی

جعل و تقلب در آثار باستانی و هنرهای تجسمی
(مفاهیم، گونه‌شناسی، سرنوشت قانونی و روش‌های بررسی) ۱۰۷-۱۳۲
مهدی رازانی، بهناز نصیرزاده

گاه‌شناسی درختی و اصول آن در مطالعه‌ی آثار تاریخی ۱۳۳-۱۴۹
محسن محمدی آچاچلویی، محمد معین دلدار

بخش دوم برگزیده‌ی مقالات حفاظت و مرمتِ میراث فرهنگی

مروری بر کاربرد روش‌های الکتروشیمیایی در حفاظت و مرمت آثار تاریخی فلزی ۱۵۱-۱۶۴
حمیدرضا بخشنده فرد

مروری بر روش‌های آنالیز بست در نقاشی ۱۶۵-۱۹۸
امیرحسین کریمی، غلامرضا وطنخواه

ردیابی فناوری ساخت در ریزساختارهای آثار فلزی تاریخی ۲۰۹-۲۲۹
محمد مرتضوی

بررسی و امکان‌سنجی استفاده از عسل میمند فارس به‌عنوان بازدارنده‌ی طبیعی خوردگی در حفاظت اشیاء برنزی تاریخی ۲۳۱-۲۴۸
وحید پورزرقان

لزوم به کارگیری مطالعات مکانیسم تخریب در معماری صخره‌کند روستای کندوان ۲۴۹-۲۶۷
مهدی رازانی، سیدمحمد امین امامی، علیرضا باغبانان، خوزه دلگادو رودریگوئز

ارزیابی روش‌های استحکام‌بخشی جهت بهبود مشخصات مقاومتی سنگ‌های آهکی لوماشل ۲۶۹-۲۸۴
احسان محمدی، علیرضا باغبانان، فرشاد رمضانی‌فر، حمید هاشم‌الحسینی، مهدی رازانی

نقدی بر روش‌های حفاظت و مرمت تزئینات در مسجد مظفریه تبریز ۲۸۵-۳۰۷
سعید مهریار، مهدی رازانی

مطالعه و بررسی فنی لایه‌های دیوارنگاره‌ی سقف گنبد بقعه‌ی سیدرکن الدین یزد ۳۰۹-۳۳۳
یاسر حمزوی، رسول وطن‌دوست

مطالعات فن و آسیب‌شناسی یک نمونه تاپستری از مجموعه‌ی تاپستری‌های کاخ موزه‌ی نیاوران ۳۳۵-۳۵۹
مینا ناظر، محمد مرتضایی

مروری بر فنون و روش‌های طلاکاری آثار فلزی تاریخی ۳۶۱-۳۷۶
محمد مرتضوی، محمدعلی گلعذار، احمد صالحی کاخکی

گاه شناسی درختی و اصول آن در مطالعه آثار تاریخی

محسن محمدی آچاچلویی*[1]، محمدمعین دلدار[2]

۱ . دانشجوی دکتری مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی دانشگاه هنر اصفهان
۲ . دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی دانشگاه هنر اصفهان
(**مکاتبات**: Mohsen.mohammadi@aui.ac.ir)

چکیده

دندروکرونولوژی[1] یا گاه‌شناسی درختی دانشی است که با بررسی، تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود در حلقه‌های رویشی درخت و چوب با توجه به‌الگوی رشد در یک گونه و در رویشگاه معینی، پاسخگوی سؤالات تاریخی و زیست محیطی است. گاه‌شناسی درختی، شاخه‌های مختلفی دارد که در میان آنها باستان‌شناسی درختی (دندروآرکئولوژی) جهت تعیین تاریخ دقیق عملیات قطع، انتقال، استحصال و استفاده از چوب در آثار مختلف به‌کار می‌رود. با توجه به تأثیرات اقلیمی و محیطی بر پهنای دوایر سالیانه و الگوی رشد چوب در دوره‌های مختلف زمانی می‌توان به تاریخ‌گذاری با دقت مناسبی (± ۱ سال) در چوب اقدام نمود. این روش جهت تاریخ‌گذاری آثار متعددی در نقاط مختلف دنیا به کار رفته است، با این حال محدوده‌های متفاوت رویشی در نواحی مختلف جغرافیایی، کاربرد این روش را به نمونه‌های مربوط به همان رویشگاه محدود می‌نماید. سالیابی نمونه‌های مجهول باستان‌شناختی نیز منوط به مشخص بودن الگوهای رشد درختان در دوره‌های مختلف تاریخی در آن منطقه خواهد بود. علاوه بر آن، حضور چوب واکنشی، حلقه‌های رشد کاذب و تأثیر عوامل تخریب در طول زمان می‌باید مد نظر قرار گیرد. در ایران، الگوی دوایر رویشی چوب در دوره‌های مختلف تاریخی هنوز مورد مطالعه دقیق قرار نگرفته است و گاه‌شناسی‌های شناور راهکار احتمالی مناسبی جهت آغاز مطالعات گاه‌شناسی درختی در حیطه باستان‌سنجی است. گاه‌شناسی‌های شناور جهت منشأیابی چوب‌های به‌کار رفته در آثار تاریخی نیز می‌تواند کاربرد داشته باشد.

کلمات کلیدی: گاه شناسی درختی، چوب، تاریخ‌گذاری، آثار تاریخی، باستان‌سنجی

۱- مقدمه

امروزه شناختِ علمی در زمینه مطالعات مربوط به آثار تاریخی - فرهنگی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. تاکنون روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی جهت سالیابی مطلق در بررسی نمونه‌های باستان‌شناختی و تاریخی به‌کار رفته است. این روش‌ها معمولاً پیچیده بوده و نیازمند امکانات و تجهیزات خاصی است. سالیابی نمونه‌های تاریخی و همچنین منشأ ماده مورد استفاده در ساخت آثار، اهمیت بالایی در مطالعات باستان‌سنجی و همچنین بررسی‌های فن‌شناختی دارد. در مطالعات مربوط به آثار ساخته شده از مواد آلی روش رادیوکربن به پیشرفت‌های زیادی دست یافته ، اما تجهیزات لازم و هزینه‌های بالایِ این روش، از محدودیت‌های جدیِ آن به شمار می‌رود. دندروکرونولوژی یا گاه‌شناسی درختی روشی است که با امکانات و هزینه‌های بسیار کمتر اطلاعات ذیقیمتی را با دقتی بالاتر در مورد آثار ساخته شده از چوب می‌تواند در دسترس قرار دهد. نزدیک به صد سال از آغاز مطالعات گاه‌شناسی مربوط به چوب می‌گذرد. با استفاده از این روش، علاوه بر تاریخ‌گذاری می‌توان با دقت بالایی نسبت به منشأیابی چوب مورد استفاده در آثار اقدام نمود. چوب‌ها در ساخت بسیاری از بناهای تاریخی به کار رفته‌اند. استفاده از چوب خصوصاً به عنوان ستون، تیر و دیگر اجزا در بناهای تاریخی پتانسیل بالایی را جهت مطالعات گاه‌نگاری فراهم نموده است. همچنین با توجه به کاربرد زیاد چوب در آثار تاریخی - هنری، این آثار به میزان زیادی مورد بررسی‌های گاه‌شناختی قرار گرفته‌اند. (Heginbotham and Pousset 2006; Fletcher 1986; Pearson et al. 2012; Wanzy & Klein 1991; Cufer 2007; Laanelaid & Nurske 2006.)

بخش مهمی از میراث باقی مانده از گذشتگان در ایران نیز شامل آثاری است که از چوب ساخته شده‌اند. حضور آثار و اجزای مختلف چوبی در بناهای تاریخی و همچنین اشیاء چوبی متعدد مکشوفه از سایت‌های باستان‌شناختی نشان دهنده پتانسیل بالای مطالعات گاه‌نگاری در آثار تاریخی است. با این حال با توجه به نوپا بودن این دانش در ایران، مطالعات جدی در زمینه آثار فرهنگی - تاریخی صورت نگرفته است، بنابراین می‌توان باستان‌شناختی درختی را حیطه‌ای نو در زمینه مطالعه آثار تاریخی و اشیای باستان‌شناختی برشمرد. با توجه به این مهم، در مقاله‌ی پیش‌رِو سعی شده محدوده دانش گاه‌نگاری و اصول مربوط به‌منظور آشنایی پژوهشگران حیطه میراث فرهنگی به اجمال مورد بررسی قرار گیرد.

۲- گاه‌شناسی درختی

گاه‌شناسی درختی به علم تاریخ‌گذاری حلقه‌های رویشی درخت اطلاق می‌شود. این علم شامل بررسی و تجزیه تحلیل اطلاعات موجود در ساختار حلقه‌های رشد تاریخ‌گذاری شده در درخت بوده و استفاده از آن به‌منظور پاسخگویی به سؤالات تاریخی و زیست محیطی است(کنل و شواین گروبر ۱۳۸۱، ۶۸). به‌طور کلی منظور از گاه‌شماری درختی مطالعه حلقه‌های رویشی درخت جهتِ درک وقایع و فرآیندهای گذشته است و می‌توان آن را یک نوع دانشِ تعیینِ‌سال دانست. در زبان یونان باستان کلمه‌های Dendro، Chronos و Logos به‌ترتیب به‌معنای درخت، تاریخ و دانش و شناخت است؛ از این‌رو، دندروکرونولوژی به مفهوم گاه‌شناسی درخت اطلاق می‌شود (صفاری و دیگران، ۱۳۹۰).

کاربرد دندروکرونولوژی شامل شناختِ تقویمی سال‌هایی است که حلقه‌های رویشی درخت شکل گرفته‌اند، که این مهم نشان دهنده تاریخ قطع درخت است. با اندازه‌گیری دوایر سالیانه مربوط به رشد چوب در درختان زنده، آثار تاریخی و نمونه‌های چوب باقی مانده از گذشته، در توالی زمانی رو به گذشته می‌توان نسبت به گاه‌شناسی اقدام نمود. پس از آن، توسط بررسی الگوهای رویش در نمونه‌های چوب مجهول با توجه به گاه‌نگاری به‌دست آمده می‌توان اقدام به تاریخ‌گذاری کرد. گاه‌شناسی درختی کاربردهای زیادی در علوم مختلف دارد و شامل زیر شاخه‌هایی می‌شود که در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول۱. زیر شاخه‌های گاه‌شناسی درختی با توجه به کاربرد آن در علوم مختلف (کنل و شواین گروبر، ۱۳۸۱، ۷۳-۶۷

زیر شاخه	کاربرد
باستان شناسی درختی(Dendroarchaeology)	تعیین زمان قطع، انتقال، استحصال و استفاده چوب در بنا
اقلیم‌شناسی درختی(Dendroclimatology)	مطالعه اقلیم‌های گذشته و کنونی
بوم‌شناسی درختی(Dendroecology)	مطالعه پدیده‌های اِکولوژیکی و زیست محیطی
زمین‌شناسی درختی(Dendrogeomorphology)	مطالعه و تاریخ‌گذاری پدیده‌های ژئومورفولوژیک
یخچال‌شناسی درختی(Dendroglaciology)	مطالعه و تاریخ‌گذاری حرکت‌های یخچالی
آب‌شناسی درختی(Dendrohydrology)	مطالعه و تاریخ‌گذاری پدیده‌های آب شناختی

در این میان، دندروکرونولوژی تنها تکنیک باستان‌سنجی است که دقتی در حدود یکسال دارد و بهترین گزینه پس از آن را روش رادیوکربن است، البته در مطالعات دیرین‌شناسی می‌توان از نتایج مربوط به لایه‌نگاری‌های یخ‌های قطبی در گرینلند نیز استفاده کرد(Kuniholm 2002).

بررسی حلقه‌های رشد در درختان در طول تاریخ توسط افراد مختلفی مطرح شده

است (جدول ۲)، با این‌حال داگلاس در سال ۱۹۱۴ برای اولین بار امکان آنالیز حلقه‌های رشد در مطالعات باستان‌شناختی را مطرح نمود و سپس با استفاده از کرونولوژی ۱۲۰۰ ساله حاصل از درخت کاج به تاریخ‌گذاری حدوداً چهل نمونه مربوط به پیش از تاریخ اقدام نمود(Haneca et al 2009).

جدول۲. بررسی حلقه‌های رشد درختان در طول تاریخ

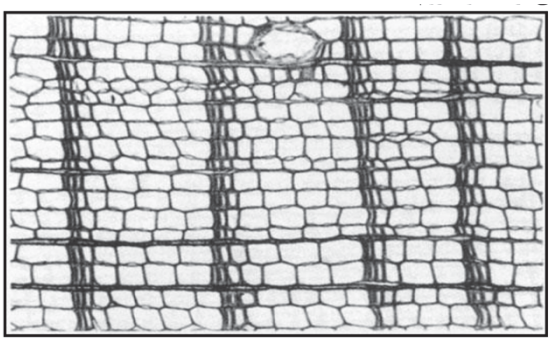
محقق	منطقه	تاریخ
تئوفراستوس(Theophrastus)	یونان باستان	۳۲۲ ق.م
لئوناردو داوینچی (Leonardo Davinci)	ایتالیا	۱۵۰۰ م
دوهامل و بوفون (Duhamel and buffon)	فرانسه	۱۷۳۷ م
توینینگ (Twining)	کانکتیکات آمریکا	۱۸۲۷ م
تئودور هارتیک (Theodor Hartig)	آلمان	۱۸۳۷ م
بابیج (Babage)	انگلستان	۱۸۳۸ م
کوچلر (kuechler)	تگزاس آمریکا	۱۸۵۹ م
رابرت هارتیک (Robert Hartig)	آلمان	۱۸۶۷ م
داگلاس (Douglass)	آریزونا آمریکا	۱۹۰۴ م

در اروپا نیز اکشتاین در ۱۹۶۹، تیرهای چوبی مربوط به بناهای تاریخی که به خوبی باقی مانده بودند را مورد مطالعات گاه‌نگاری قرار داد و پس از آن نمونه‌های باستان‌شناختی زیادی در بررسی‌های گاه‌نگاری مورد مطالعه قرار گرفتند (Cufer 2007; Baillie 2002). در این میان می‌توان به نمونه‌های مکشوفه از منطقه آلپاین(Petrequin et al 1998; Petrequin 1996) و نمونه‌های کوه‌های آلپ (Cufer 2007)، نمونه‌های هزاره اول مکشوفه در استانبول (Person et al 2012) و نمونه‌های مربوط به قرون وسطی در (Haneca et al 2009) اشاره کرد.

۳- چوب و فرآیند رشد آن

چوب ماده‌ای آلی، طبیعی، جامد، متخلخل، فیبری شکل و دارای ساختمان یاخته‌ای سازمان یافته است که ناهمسانگرد و ناهمگن بوده که از دو جزو اصلی سلولز و لیگنین تشکیل شده است و از درختان و درختچه‌ها به‌دست می‌آید (پارسا پژوه ۱۳۷۳, ۶-۴). به‌طور معمول و در نواحی معتدل، فرآیند زیستی درخت در هر سال شامل یک فصل رشد و یک فصل خواب است. رشد درخت و تشکیل چوب در حلقه‌های سالیانه (رویشی) نفوذ پیدا می‌کند. در آغاز فصل رویش، تراکئیدها در سوزنی‌برگان و عناصر آوندی در

پهن‌برگان (بخش روزنه‌ای)، قطر زیاد و دیواره نازک دارند ولی سلول‌های تشکیل گرفته در پایان فصل رویش حفرات کوچک و دیواره ضخیم دارند (یونگر و همکاران۱۳۸۹ ، ۱۲). نیاز درخت به انتقال آب در ابتدای فصل رشد موجب تشکیل سلول‌های با دیواره نازک و حفره‌های نازک می‌شود (شکل ۱) و چوب تشکیل شده نسبتاً کمرنگ و متخلخل است ولی پس از آن با کاهش سرعت رشد، الیاف با دیواره ضخیم شکل می‌گیرد و چوب تشکیل شده فشرده‌تر بوده و موجب استحکام مکانیکی می‌گردد (شوستروم ۱۳۷۱، ۱)



شکل ۱. دوایر سالیانه در چوب ملز، x ۱۰۰ (Schweingruber, 1993, 21)

به‌طور کلی چوبی که در ابتدای فصل رویش شکل می‌گیرد، چوب آغاز و بخشی که در انتهای فصل رویش تولید می‌شود و چگالی بالاتری دارد چوب پایان نامیده می‌شود و نسبت بین این دو بخش در چوب اهمیت دارد زیرا کیفیت چوب را تحت تأثیر قرار می‌دهد (پالاردی۱۳۹۰، ۲۳). مرز بین چوب آغاز و چوب پایان در یک حلقه سالیانه ممکن است مشخص یا نامشخص باشد، به‌طور مثال این مرز در چوب‌های کاج سرخ[۲] ، دوگلاس فیر[۳] ، ملز[۴] و اُرس[۵] کاملاً واضح است، اما در چوب‌های توس[۶]، صنوبر[۷] و توسکا[۸] چنین نیست (شوستروم ۱۳۷۱، ۶؛ پالاردی ۱۳۹۰، ۲۴). ضخامت حلقه‌های رشد در نمونه‌های مختلف، متفاوت است و در سال‌های مختلف نیز تحت‌تأثیر شرایط اقلیمی، با یکدیگر فرق می‌کنند، همچنین تغییرات در محیط رشد یک درخت، تأثیر کاملاً مشهودی بر ظاهر حلقه‌های شکل گرفته می‌گذارد (هادلی ۱۳۸۸، ۱۲). این مسأله موجب تغییرات پهنای دوایر در سال‌های گوناگون و در طول رشد درخت می‌گردد، که اساس مطالعات گاه‌شناسی است.

۴- اصول گاه شناسی درختی

مهم‌ترین اصول مورد توجه در گاه‌شناسی در شکل ۲ نشان داده شده است. شرایط اقلیمی مهم‌ترین عامل در شکل‌گیری دوایر رویشی درخت به شمار می‌رود و رابطه بین اقلیم و دوایر رویش، اطلاعات خوبی در مورد ویژگی‌های اقلیمی در گذشته به دست می‌دهد (پورسرتیپ و دیگران; ۱۳۹۲ عابدینی ۱۳۸۷). از داده‌های به‌دست آمده می‌توان به‌منظور تاریخ‌گذاری نمونه‌های مجهول نیز استفاده کرد. اساس گاه‌شناسی بر این اصل استوار است که پهنای دایره سالیانه در چوب آغاز و چوب پایان تحت‌تأثیر آب و هوای موجود در ماه‌های رشد و پیش از آن قرار داشته است (Fritts 1976, 18-20). در واقع شرایط اقلیمی مانند دما و بارندگی در فصول مختلف رشد، تأثیر قابل ملاحظه‌ای در چگونگی رشد چوب شکل گرفته در درخت دارند. خصوصیات آناتومیک دوایر رویشی، مشخصات ساختاری متأثر از عوامل محیطی را نشان می‌دهد (Wimmer 2002). مطالعه دوایر رویشی همچنین، امکان تاریخ‌گذاری و درک بهتر شرایط محیطی را نیز فراهم می‌کند (عابدینی و دیگران ۱۳۸۹). بدین معنی که وقایع و شرایطی که در طول فرآیند رشد بر درخت تأثیرگذار بوده‌اند، با مطالعه حلقه‌های رویش قابل استخراج و تجزیه و تحلیل است. به عنوان مثال، پهنای دوایر و دانسیته در چوب راش با افزایش ارتفاع منطقه رشد، کاهش می‌یابد (صفدری و دیگران ۱۳۸۴). البته شرایط اقلیمی در مناطق مختلف یکسان نیست. تفاوت اقلیمی موجب تفاوت در رشد درختان در مناطق مختلف می‌شود که در شکل‌گیری حلقه‌های رویش تأثیرگذار است؛ به این معنا که رشد درخت در هر اقلیم تحت‌تأثیر ویژگی‌های چون ارتفاع و مؤلفه‌های آب و هوایی قرار دارد. در نتیجه بررسی‌های حلقه های رویشی و اطلاعات بدست آمده مربوط به همان اقلیم خواهد بود. این مسأله در برخی از درختان بیش‌تر جلوه می‌کند از این رو، منطقه رویش درخت می‌باید به خوبی مدنظر قرار گیرد(Schweingruber 1989, 10-19).

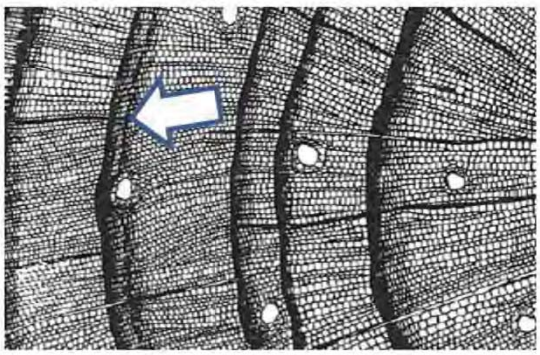
شکل ۲. مهم‌ترین اصول مورد توجه در مطالعاتِ گاه‌شناسی درختی

تأثیرات شرایط محیطی بر پهنای دوایر سالیانه در تمامی گونه‌های درخت به یک اندازه نیست (Schweingruber et al. 1992)، در نتیجه بایست گونه‌هایی از درختانی مورد مطالعه قرار گیرند که در برابر تغییرات اقلیمی حساسیت بالایی داشته باشند و از طرفی تأثیر برخی عوامل ممکن است موجب نارسایی‌هایی در شکل دوایر سالیانه گردد؛ به‌طور مثال، بررسی نمونه‌های درختان نارون در استان یزد نشان داده است که تأثیر آفتاب موجب شده که دوایر سالیانه در قطاع غرب تا جنوب در سال‌های گرم به‌شدت به‌یکدیگر نزدیک شوند (اختصاصی و مصلح‌آرانی ۱۳۸۹). البته این مسأله موجب تفکیک سال‌های بحرانی از سال‌های عادی می‌شود. تأثیرات ناشی شده از سن درخت و میزان حاصلخیزی خاکی که درخت در آن رشد می‌کند را نبایست از نظر دور داشت، از این‌رو داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های انجام شده، می‌بایست استاندارد سازی گردد. به این‌صورت که داده‌های به‌دست آمده با در نظر گرفتن سن درخت محاسبه گردند تا شاخص مربوط به دایره سالیانه حاصل شود و بتوان گاه‌نگاری استاندارد را به‌دست آورد (Cook et al 1992). در این میان با استفاده از روش‌های آماری می‌توان از طریق مقایسه داده‌های اقلیمی و دوایر رویشی رابطه بین این دو را به‌دست آورده و مقادیر اقلیمی دوره‌های گذشته را نیز تخمین زد (Pilcher 1992).

از مهم‌ترین ارگان گاه‌شناسی درختی، تاریخ‌گذاری تطبیقی یا عرضی[1] است. آندره داگلاس، بنیان‌گذار علم گاه‌شناسی، اولین بار تاریخ‌گذاری تطبیقی را جهت تعیین تاریخ دقیق چوب به‌کار رفته در بناهای تاریخی در جنوب شرقی امریکا به‌کار برد (صفدری و دیگران ۱۳۸۵). تاریخ‌گذاری عرضی (تطبیقی) فرایندی جهت تطبیق تغییرات در پهنای حلقه‌های رویشی (یا دیگر مشخصات آن) در میان چندین سری از حلقه‌های رویشی است تا بتوان سال دقیق مربوط به شکل‌گیری حلقه رویشی را تشخیص داد (کنل و شواین گروبر ۱۳۸۱، ۶۲). به‌این‌صورت که ابتدا نمودار حلقه‌های رشد مربوط به نمونه‌های مختلف تهیه می‌شود سپس با مقایسه و تطبیق نتایج حاصل، شناسایی حلقه‌های شکل گرفته در یک سال مشخص صورت می‌گیرد. از آن جایی که بعضی از ناهنجاری‌های رشد مانند حلقه‌های کاذب، حلقه‌های گم شده و چوب واکنشی موجب خطا در تاریخ‌گذاری می‌شوند، لازم است با افزایش تکرار و اندازه‌گیری‌های متعدد امکان بروز خطا را به حداقل رساند. با توجه به این مسأله و از آن جایی که سری‌های مختلف حلقه‌های درخت یکسان نیستند، در تاریخ‌گذاری عرضی از مطالعات آماری و محاسبه مقادیر همبستگی استفاده می‌شود

تا بتوان به ارزیابی تغییرات معمول در سری‌های حلقه‌های رویشی پرداخت (Haneca et al. 2009). طول سری حلقه‌های رویشی اهمیت بالایی در فرآیند تاریخ‌گذاری عرضی دارد. بسیاری از نمونه چوب‌های کشف شده از محوطه‌های تاریخی حاوی تعدادی کمتر از ۵۰ حلقه سالیانه هستند که این امر از جزئیات قابل استنتاج از نمونه‌ها تا حد زیادی می‌کاهد ولی می‌توان این مسأله را با مقایسه تعداد زیادی از سری‌های کوتاه مربوط به همان محوطه تاریخی برطرف کرد (Haneca et al 2006).

ناهنجاری‌هایی مانند حلقه‌های کاذب[۱۰] و حلقه‌های گم شده[۱۱] نیز می‌تواند مشکل ساز باشند. منظور از حلقه کاذب، لایه رویش اضافی و ظاهراً کامل و مشخص است (شکل ۳) که در یک فصل رویش شکل گرفته و از نظر ریخت‌شناسی قابل تشخیص از حلقه رویش واقعی نیست و در نقطه مقابل حلقه گم‌شده به حلقه رویشی گفته می‌شود که به دلیل عدم فعالیت لایه کامبیوم درخت در سال رشد مربوطه، شکل نگرفته و غایب است و آن را به مانند حلقه کاذب می‌توان توسط تاریخ‌گذاری عرضی شناسایی نمود (کنل و شواین گروبر ۱۳۸۱، ۹۷ و ۱۵۴).

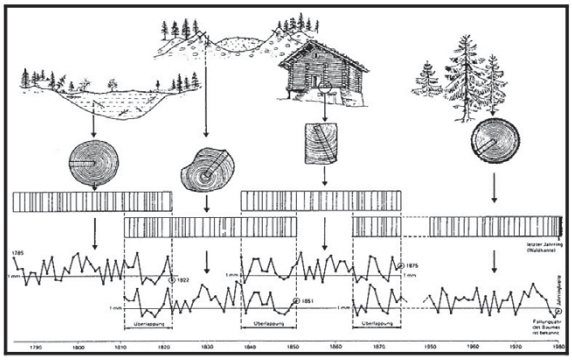


شکل ۳. وجود حلقه کاذب در توالی دوایر رویشی (Fritts, 1976, 59)

البته بعضی از ویژگی‌های آناتومیک مانند اندازه حفرات آوندی می‌تواند در شناخت مناسب سودمند باشد. به عنوان نمونه کوچک بودن بیش از حد حفرات آوندی در چوب آغاز، شاخصه سال‌های ۱۴۳۷م و ۱۴۵۴م در نمونه‌های مربوط به پانل‌های نقاشی شده در منطقه بالتیک به شمار رفته است (Fletcher 1975).

وجود گاه‌شناسی مرجع و بلند برای تاریخ‌گذاری نمونه چوب‌های تاریخی

الزامی است. منظور از گاه‌شناسی مرجع، سری های زمانی است که میانگین پهنای دوایر سالیانه یا هریک از عوامل مشخصه حلقه رویشی را در هر اقلیم و فصل معینی، مشخص می‌کند و از روی آن تاریخ‌گذاری سری‌های جدید گاه‌شناسی انجام می‌شود (کنل و شواینگروبر ۱۳۸۱، ۱۴۴). قدم نخستین جهت تکیه‌گاه‌شناسی مرجع[۱۲]، تکیه‌گاه نگاری مربوط به درختان زنده است. سپس با استفاده از داده‌های حاصل از نمونه‌های تاریخی می‌توان توالی زمانی را گسترش داد. به‌این منظور که، با استفاده از گاه‌نگاری‌هایی که در بخشی از خود، با گاه‌نگاری درختان زنده تطابق دارند، گستره زمانی تحت پوشش گاه‌نگاری را توسعه داد. بدیهی است که در درختان زنده، سری حاصل از زمان حال تا سال آغازین شکل‌گیری چوب را دربر می‌گیرد و با گسترش توالی زمانی و استانداردسازی نتایج می‌توان به گاه‌شناسی مرجع دست یافت. پس از آن امکان ارزیابی نمونه‌های مجهول میسر خواهد شد (شکل ۴).



شکل ۴. تهیه گاه‌شناسی مرجع با توجه به نمونه‌های طبیعی و آثار تاریخی

(Website of Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research: WSL)

بلندترین گاه‌شناس‌ها در قاره اروپا تهیه شده و شامل سری‌هایی است که ابتدا از درختان زنده تهیه شده و سپس با مطالعه نمونه‌های باستان‌شناختی گسترش داده شده است. بلندترین گاه‌شناسی در دنیا مربوط به گاه‌نگاری بلوط در جنوب آلمان است که تا ۸۴۸۰ ق.م. را در برمی‌گیرد (Friedrich et al. 2004).

۵- پتانسیل‌ها و محدودیت‌ها

مطالعه دوایر رویش چوب می‌تواند نتایج مناسبی در زمینه تاریخ‌گذاری و درک بهتر شرایط محیطی به‌دست دهد (عابدینی و دیگران، ۱۳۸۹). به این ترتیب که تغییر در میزان رشد دوایر و متوسط آنها با استانداردسازی و تاریخ‌گذاری عرضی اطلاعات مربوط به توالی زمانی را به‌دست می‌دهد (Cook et al . 1987). البته کسب اطلاعات مناسب در مطالعات گاه‌شناسی نیازمند حفظ ساختاری چوب در طول زمان است به گونه‌ای که شکل دوایر رشد دچار تغییر نشده باشد که این مسأله امکان سالیابی نمونه‌های زغال را نیز در بعضی موارد میسر می‌کند و نتایج حاصل می‌تواند تا حد زیادی به اصلاح نتایج لایه‌نگاری‌های باستان‌شناختی در محوطه‌های تاریخی کمک کند (Kuniholm 2002). البته تمامی گونه‌های چوب برای تاریخ‌گذاری به روش گاه‌شناسی درختی مناسب نیستند و ویژگی‌های لازم جهت تاریخ‌گذاری چوب را می‌توان شامل موارد زیر دانست. (Haneca et al. 2009).

- از نظر آناتومیک حلقه رشد مشخص و واضحی داشته باشند.
- در محدوده جغرافیایی و اکولوژیکی وسیعی رشد داشته باشند. این مسأله تاکید می‌کند که گونه‌های درخت مورد نظر بایستی در محدوده وسیعی از جنگل‌ها یافت شوند.
- این درختان باید جزو گونه‌های غالب در مناطق مختلف باشند، چرا که گونه‌های غالب تأثیرات اکولوژیکی را به‌خوبی ثبت کرده و برای تاریخ‌گذاری مناسب‌ترند؛ در حالی که گونه‌هایی که به‌طور محدود رشد می‌کنند، بیشتر تحت تأثیر ویژگی‌های محلی هستند.
- درون چوب بایستی از مقاومت کافی برخوردار باشد.
- گونه چوب مورد بررسی باید به‌شکل گسترده در دوره‌های زمانی طولانی مورد استفاده قرار گرفته باشند.

چوب بلوط به‌طور گسترده‌ای در مطالعات گاه‌شناسی مورد بررسی قرار گرفته‌است. دلیل آن را، علاوه بر موارد فوق می‌توان وجود تعداد زیاد درختان کهنسال بلوط و تفکیک‌پذیری بسیار خوب دوایر سالیانه آن دانست. افزون بر اینکه رویش کاذب یا گم‌شده در آن به ندرت دیده می‌شود (Pan et al. 1997). گاه‌نگاری درختان بلوط در منطقه ایلام و لرستان جهت بازسازی دمای پیشینه بهار - تابستان در یال غربی زاگرس میانی انجام شده و تغییرات را از سال ۱۷۵۰م تا ۲۰۱۰م نشان داده است (عزیزی و دیگران ۱۳۹۱). مطالعات اقلیم‌نگاری در شمال ایران اطلاعات خوبی برای محققین به‌دست می‌دهد

(صفدری، ۱۳۸۷) که در این میان گونه اُرس در ایران برای مطالعات گاه‌شناسی مناسب دانسته شده است (پور طهماسی، ۱۳۸۰).

بررسی‌های انجام شده کاربرد گونه‌هایی چون شاه گز (محمدی۱۳۸۶، ۵۴-۵۲)، صنوبر (قجر ۱۳۹۲، ۵۵-۵۱ ; رسالت ۱۳۹۱، ۶۰ ; دلدار ۱۳۹۲، ۴۱-۳۸ ; رشوند ۱۳۹۱، ۲۷-۲۶) چنار (Mohammadi Achachluei et al. 2012) و گردو و راش (ملکی گلدوز و حسین خانی ۱۳۹۲) را در آثار تاریخی ایران نشان داده است. مطالعات خاصی در مورد گاه‌نگاری این گونه‌ها در ایران مشاهده نشده است. البته لازم به ذکر است که چوب صنوبر برای بررسی‌های گاه‌شناختی مناسب نیست. در واقع یکی از مشکلاتی که در زمینه مطالعات گاه‌شناسی درختی در آثار تاریخی وجود دارد، کاربرد گسترده چوب‌هایی مانند صنوبر در بناهای تاریخی است، زیرا چوب‌های بخش روزنه‌ای برای بررسی‌های گاه‌شناسی مناسب است در حالی که صنوبر گونه‌ای پراکنده آوند است. به نظر می‌رسد بررسی سایر گونه‌ها و استانداردسازی نتایج در راستای این بررسی‌ها در آثار تاریخی کاملاً ضروری باشد.

الگوی رشد در دوایر سالیانه شکل گرفته در درختان یک منطقه می‌تواند جهت شناخت منشأ چوب به‌کار رفته در آثار تاریخی مورد استفاده قرار گیرد. از آنجایی که الگوی رشد در درختان یک منطقه، شاخصه آنها محسوب می‌شود، پس با داشتن الگوی رشد در نمونه‌های مجهول و مقایسه آنها با گاه‌نگاری‌های تهیه شده در مناطق مختلف، می‌توان منشأ تهیه چوب را شناسایی نمود که در زمینه دستیابی به اطلاعات مربوط به تجارت چوب در گذشته را میسر سازد (Klaassen-Sass 2002). علاوه بر آن، مطالعه برهمکنش میان انسان و محیط در طول زمان با استفاده از اطلاعات حاصل از حلقه‌های درخت، تکمیل کننده بررسی‌های مربوط به توسعه فرهنگ‌ها و تغییرات آنها در طول زمان است .(Baillie 2002) البته دستیابی به این اطلاعات نیازمند وجود گاه‌نگاری‌های مربوط به مناطق مختلف است. در این زمینه وجود گاه‌شناسی‌های شناور می‌تواند به‌خوبی مورد استفاده قرار گیرد. گاه‌شناسی شناور به یک مجموعه حلقه رویشی با سن ناشناخته گفته می‌شود که تاریخ‌گذاری تطبیقی در آنها بر مبنای تاریخ تقویمی مشخصی صورت نگرفته است (کنل و شواین گروبر ۱۳۸۱، ۱۰۳). تهیه گاه‌شناسی‌های شناور در مناطق مختلف هرچند به تاریخ‌گذاری قطعی تقویمی منجر نشود، ولی می‌تواند در شناخت منشأ چوب بسیار سودمند باشد. در واقع بدون گاه‌شناسی مرجع نمی‌توان نسبت به تاریخ‌گذاری

(تقویمی) نمونه‌های مجهول اقدام کرد و تهیه گاه‌شناسی‌های شناور را تا دستیابی به گاه‌شناسی مرجع بایست ادامه داد. در مجموع، مهم‌ترین کاربردهای گاه‌شناسی درختی را می‌توان در شکل ۵ مشاهده کرد.

شکل ۵. مهم‌ترین کاربردهای گاه‌شناسی درختی در مطالعه آثار تاریخی چوبی

۶- نتیجه‌گیری

گاه شناسی درختی دانش تاریخ‌گذاری حلقه‌های رویشی درخت است که با بررسی و تحلیل اطلاعات موجود در حلقه‌های رویشی جذب، در راستای پاسخگویی به سوالات تاریخی و زیست محیطی اقدام می‌کند. این دانش زیرشاخه‌های گوناگونی دارد که با توجه به‌کاربرد آن در علوم مختلف تعریف می‌شوند. گاه‌شناسی درختی کاربردهای مختلفی در علوم گوناگون دارد. شرایط اقلیمی و تغییرات آن در شکل‌گیری دوایر رویشی چوب موثرند، در نتیجه ارزیابی حلقه‌های رویشی از یک طرف ویژگی‌های اقلیمی و تغییرات آن را آشکار می‌سازد و از طرف دیگر جهت تاریخ‌گذاری چوب به‌کار می‌رود. البته عملکرد دقیق نیازمند تاریخ‌گذاری عرضی نمونه‌های متعدد در محدوده‌های وسیع است تا از بروز خطاهای ناشی از ناهنجاری‌های رشد جلوگیری شود. همچنین وجود گاه‌شناسی مرجع برای نام‌گذاری نمونه‌های مرجع الزامی است. دستیابی به گاه‌شناسی مرجع نیز نیازمند تهیه گاه‌شناسی‌های شناور متعدد است تا بتوان با گسترش توالی زمانی گاه‌نگاری‌های حاصل نمونه‌های مربوط به‌دوره‌های مختلف تاریخی را سالیابی نمود. البته گاه‌شناسی‌های

شناور را هرچند نمی‌توان جهت سالیابی به کار برد اما می‌توان از آنها جهت منشأیابی چوب‌های مورد استفاده در ساخت آثار به خوبی استفاده کرد.

پی‌نوشت‌ها

1 . Dendrochronology
2 . Hard Pine
3 . Douglas fir
4 . Larch
5 . Juniper
6 . Birch
7 . Poplar
8 . Alder
9 . Crossdating
10 . False ring
11 . Missing ring
12 . Master chronology

منابع :

اختصاصی محمدرضا . اصغر مصلح آرانی.(۱۳۸۹). تأثیر جهت و تابش آفتاب در آنومالی دوایر سالیانه و آفتاب سوختگی تنه درختان مناطق خشک مطالعه موردی: دشت یزد. گونه نارون. دومین همایش بین المللی تغییرات اقلیمی و گاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌ها خزری. ساری: پژوهشکده اکوسیستم-های خزری.

پارساپژوه. داود.(۱۳۷۳). تکنولوژی چوب. تهران: دانشگاه تهران.

پالاردی استیون. جی.(۱۳۹۰). فیزیولوژی گیاهان چوبی. ترجمه فرهاد جباری. تهران: آییژ .

پور طهماسی کامبیز.(۱۳۸۰). بررسی تغییرات کمی و کیفی حلقههای رویش درختان ارس در سه رویشگاه ایران. پایان نامه دکتری. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

پورسرتیپ لادن. کامبیز پورطهماسی. آخیم براونینگ. دیتر اکشتاین.(۱۳۹۲). تحلیل شبکه گاهشناسی درختان بلوط با اقلیم جنگل‌های هیرکانی. مجله صنایع چوب و کاغذ ایران. ۴ (۲). ۹۵-۱۰۶.

دلدار. محمدمعین(۱۳۹۲). مطالعه فنی. آسیب شناسی و مرمت یک میز خاتم متعلق به موزه قاجار تبریز. پایان‌نامه کارشناسی مرمت آثار تاریخی. دانشکده هنرهای کاربردی دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

رسالت. علی.(۱۳۹۱). مطالعه و حفاظت شمشیرهای برنزی با بقایای دسته چوبی مکشوفه از مشکین‌شهر. پایان‌نامه کارشناسی مرمت آثار تاریخی. دانشکده هنرهای کاربردی دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

رشوند. شادی.(۱۳۹۱). حفظ و مرمت یک قطعه نقاشی بر روی چوب با تأکید بر ساختار تکیه گاه چوبی. پایان نامه کارشناسی مرمت آثار تاریخی. دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان.

شوستروم. ارو.(۱۳۷۱). مبانی و کاربردهای شیمی چوب. ترجمه سید احمد میر شکرایی. تهران : مرکز نشر دانشگاهی.

صفاری محسن . ابراهیم ایوبی. رضا بخشی. مجید کیائی.(۱۳۹۰). بررسی اثر متغییرهای اقلیمی بر حلقه‌های رویشی چوب گونه بلوط (Quercus castaneaefolia) (مطالعه موردی طرح تلیم رود تنکابن). فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی. ۶ (۲). ۱۱۳-۱۰۵.

صفدری وحیدرضا.(۱۳۸۷) . بررسی همبستگی بین پهنی دوایر رویش گونه کاج الدار با بارندگی و دما. دومین همایش بین المللی تغییرات اقلیمی و گاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌ها خزری. ساری: پژوهشکده اکوسیستم‌های خزری.

صفدری وحیدرضا. پارسا پژوه داود. حمصی امیر. برونینگ اکیم.(۱۳۸۵). مطالعه گاه‌شناسی به‌منظور بررسی تأثیرات آلودگی هوای تهران بر رویش شعاعی درخت زبان گنجشک. مجله منابع طبیعی ایران. ۵۹ (۱). ۲۱۳-۲۲۳.

صفدری. وحید رضا. داوود پارسا پژوه. امیر هومن حمصی.(۱۳۸۴). مطالعه اقلیم نگاری درختی گونه کاج الدار(Pinus eldarica) در سه منطقه تهران. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۱ (۲). ۲۱۷ - ۲۳۱.

عابدینی. رئوفه ۱۳۸۷. استفاده از دانش گاه‌شناسی درختی در ارزیابی اثر دخالت انسان بر روی رویش درختان بلوط. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

عابدینی رئوفه. کامبیز پورطهماسی. هدایت غضنفری و علینقی کریمی.(۱۳۸۹). تأثیر شاخه‌بری‌های شدید در قالب گلازنی بر رویش شعاعی درختان ویول (Quercus libani Oliv) در جنگل‌های اطراف بانه. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۸ (۴). ۵۵۶-۵۶۸.

عزیزی قاسم. محسن ارسلانی. عزت‌الله ارسلانی. رضا صفایی رادو.(۱۳۹۱). بازسازی دمای بیشینه بهار- تابستان در یال غربی زاگرس میانی با استفاده از یک گاه‌شناسی منطقه‌ای (۲۰۱۰-۱۷۵۰). جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۴. ۵۱-۶۴.

قجر. بهروز. (۱۳۹۲). مطالعه و حفاظت سرنیزه مفرغی به همراه بخشی از دسته چوبی مکشوفه از منطقه مشکین شهر در موزه آذربایجان تبریز. پایان‌نامه کارشناسی مرمت آثار تاریخی. دانشکده هنرهای کاربردی دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

کنل. میشل. ف. هانس شواین گروبر.(۱۳۸۱). فرهنگ چهار زبانه گاه‌شناسی درختی (انگلیسی. آلمانی. فرانسه و فارسی). ترجمه داود پارساپژوه. مهدی فائزی پور. حمیدرضا تقی یاری. تهران: دانشگاه تهران.

محمدی. محسن.(۱۳۸۶). حفاظت ومرمت پنج عدد از شانه های چوبی مکشوفه از شهرسوخته سیستان. پایان نامه کارشناسی مرمت آثار تاریخی. دانشکده هنر دانشگاه زابل.

ملکی گلندوز مصطفی. حسین حسین‌خانی.(۱۳۹۲). شناسایی و تشخیص چوب‌های منبر تاریخی مشکول. شمسه. ۵ (۲۰-۱۹). ۱۲-۱.

هادلی بروس. (۱۳۸۸). شناسایی چوب نتایج دقیق با استفاده از ابزارهای ساده. ترجمه محمدحسن اختراع. کامبیز پورطهماسی و علی نقی کریمی. تهران: آییژ
یونگر. ا. شنیویند. ا. پ. یونگر. و.(۱۳۸۹). تخریب آثار هنری چوبی. ترجمه اصغر طارمیان و علی نقی کریمی. تهران: دانشگاه تهران

Baillie M.G.L. (2002), Future of dendrochronology with respect to archaeology, Dendrochronologia, 69-85. (2-1). 20.

Cook E. R., Johnson A. H., Blasing, T. J. (1987), Forest decline: modeling the effect of climate in tree rings, Tree Physiology, 3, 27-40.

Cook E., K. Briffa, S. Shiyatov, and V. Mazepa (1992).Tree-Ring Standardization and Growth-Trend Estimation. In: E. R. Cook and L. A. Kairiukstis (EDS). Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 104-122.

Cufar K. (2007), Dendrochronology and past human activity – a review of advances since 2000, Tree Ring Research, 63 (1), 47–60.

Fletcher J.M. (1975), Relation of abnormal earlywood in oaks to dendrochronology and climatology, Nature, 254, 506–507.

Fletcher J.M. (1986), Dating of art-historical artefacts, Nature, 320, 466.

Friedrich M., Remmele S., Kromer B., Hofmann J., Spurk M., Felix K.K., Orcel C., Kuppers M. (2004), The 12.460 year Hohenheim oak and pine treering chronology from Central Europe – a unique annual record for radiocarbon calibration and palaeoenvironment reconstruction, Radiocarbon, 46 (3), 1111–1122.

Fritts H. C. (1976), Tree Ring and Climate, London: Academic Press.

Haneca K., Boeren I., Van Acker J., Beeckman H. (2006). Dendrochronology in suboptimal conditions: tree rings from medieval oak from Flanders (Belgium) as dating tools and archives of past forest management, Vegetation History and Archaeobotany, 15 (2), 137–144.

Haneca Kristof, Katarina Cufar, Hans Beeckman (2009), Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe, Journal of Archaeological Science, 36, 1–11.

Heginbotham Arlen, Didier Pousset (2006), The Practical Application of Dendrochronology to Furniture: The Case of the J. Paul Getty Museum's Renaissance Burgundian Cabinet, Postprint of WAG session of the AIC Annual Meeting, http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/wag/2006/06index.html (accessed 5 May, 2012)

Klein P., Wazny T. (1991), Dendrochronological analysis of paintings of

Gdansk painters of the 15th to 17th century, Dendrochronologia, 9, 181–191.

Kuniholm Peter Ian (2002), Archaeological dendrochronology, Dendrochronoloaia, 20 (1 -2), 63-68.

Kuniholm Peter Ian (2002), Archaeological dendrochronology, Dendrochronoloaia, 20 (1 -2), 63-68.

Laanelaid A., Nurske A. (2006), Dating of a 17th century painting by tree rings of Baltic oak, Baltic Forestry, 12 (1), 117–121.

Mohammadi Achachluei Mohsen, Gholamreza Vatankhah, Aliakbar Enayati (2012), Evaluation of white rot deterioration in historic wood cellular structure by scanning electron microscopy and FTIR analysis, In: Nigel Meeks, Caroline Cartwright, Andrew Meek, Aude Mongiatti (EDS), Historical Technology, Materials and Conservation: SEM and Microanalysis, London : Archetype Publications, 182-184.

Pan C., Tajchman S.J., Kochenderfer J.N. (1997), Dendroclimatological analysis of major forest species of the central Appalachians, Forest Ecology and Management, 98(1), 77–88.

Pearson Charlotte L., Carol B. Griggs, Peter I. Kuniholm, Peter W. Brewer, Tomasz Wa_zny, Canady LeAnn (2012), Dendroarchaeology of the mid-first millennium AD in Constantinople, Journal of Archaeological Science, 39, 3402-3414.

Petrequin P. (1996), Management of architectural woods and variations in population density in the fourth and third millenia B.C. (Lakes Chalin and Clairvaux, Jura, France), Journal of Anthropological Archaeology, 15, 1–9.

Petrequin P., Arbogast R.M., Bourquin-Mignot C., Lavier C., Viellet A., (1998) Demographic growth, environmental changes and technical adaptations: responses of an agricultural community from the 32nd to the 30th centuries BC.,World Archaeology, 30 (2), 181–192.

Pilcher J.R. (1992).Sample Preparation, Cross-dating, and Measurement. In: E. R. Cook and L. A. Kairiukstis (EDS). Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 40-50.

Sass-Klaassen Ute (2002), Dendroarchaeology: successes in the past and challenges for the future, Dendrochronologia, 20 (1-2), 87-93.

Schweingruber F.H., L. Kairiukstis, and S. Shiyatov (1992).Sample Selection. In: E. R. Cook and L. A. Kairiukstis (EDS). Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences. Dordrecht: Springer, 23-34.

Schweingruber Fritz Hans(1993),Trees and wood in dendrochronology: morphological, anatomical, and tree-ring analytical characteristics of trees fre-

quently used in dendrochronology, Berlin: Springer-Verlag.

Schweingruber, Fritz Hans (1989).Tree rings: basics and applications of dendrochronology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Website of Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research: WSL, http://www.wsl.ch/school/kids/waldoekosysteme/baeume_und_klima/index_DE# (accessed, 12 October 2012).

Wimmer R. (2002), Wood anatomical features in tree rings as indicators of environmental change, Dendrochronologia, 20 (1–2), 21-36.

[صفحه سفید]