

Датиране на икони чрез анализ на изображения на дървени елементи заснети с цифров фотоапарат

Момчил Панайотов ^{a*}, Велислава Шишкова ^b, Александър Вътов ^c

^a Лесотехнически Университет, бул. Климент Охридски 10, София 1797; panayotov.m@ltu.bg

^b Лесотехнически Университет, бул. Климент Охридски 10, София 1797; ivellv@gmail.com

^c Национален исторически музей, гр. София, ул. Витошко лале 16, София 1618; avatov@gmail.com

Dating icons by analysis of images of wooden parts obtained with high-resolution digital camera

Momchil Panayotov ^{a*}, Velislava Shishkova ^b, Alexander Vatov ^c

^a University of Forestry, 10 bld. Kliment Ohridski, 1797 Sofia; panayotov.m@ltu.bg

^b University of Forestry, 10 bld. Kliment Ohridski, 1797 Sofia; ivellv@gmail.com

^c The National Museum of History, 16 Vitoshko lale Str., 1618 Sofia; avatov@gmail.com

*corresponding author

ABSTRACT

The precise dating of wooden elements from historical sites is possible with dendrochronological methods. Usually tree-ring cores are extracted with increment borers and then analyzed. A specific problem might be the lack of possibility to obtain such cores. This is the case with highly valued objects, as for example icons, paintings and musical instruments. We tested an approach with making high-resolution digital photographs of the back sides of icons in the church "St. Troitsa" in Bansko, Bulgaria. We later combined the images in one single image per icon board and measured the tree-ring widths with the software CooRecorder. The procedure was successful and up to the moment we were able to measure and cross-date 24 series from 7 icons. We consider that fifteen of them were from wood of Norway spruce (*Picea abies*) or Fir (*Abies alba*) and the other nine were from Macedonian pine (*Pinus peuce*). The first years of the dated tree-ring series from icons were between 1658 and 1734, while the last between 1783 and 1816. The used boards were from trees that were cut 30 to 50 years before the icon painting. We found that the boards used in 4 icons were probably from one spruce tree. Our work demonstrates that measurement and precise dating of the sequences of tree rings is possible with the approach of making high-resolution digital images.

KEYWORDS

tree-ring dating, dendrochronology, icons, high-resolution images, Bulgaria

Въведение

В зоните с ясно изразен неблагоприятен сезон за развитие на растителността дървесните растения образуват по един годишен пръстен през дадена календарна година. Анатомичният строеж на пръстена отразява до голяма степен наличните ресурси през времето на образуване на пръстена и натрупаните през предходни периоди запаси (Frits 1976). Тъй като те зависят в голяма степен от климатичните условия, които варират силно между годините, годишните пръстени са своеобразен „архив“



Обр. 1. Процес на заснемане на гърба на икона по време на реставрационни работи по нея (снимка М. Панайотов)

Fig. 1. Taking pictures of the back of an icon during restoration works (photo by M. Panayotov)

климатичен за минали периоди. Това се използва изключително много в редица изследвания за климата на отминали периоди, историята и развитието на екосистеми и др. (Schweingruber 1996; Hughes 2002). Същевременно варирането на широчините на годишните пръстени, което е специфично за даден регион, период и дървесен вид, позволява да се датират успешно елементи изработени от дървесина. Това е в основата на широкото използване на дендрохронологични методи за прецизно датиране на археологически находки, части от сгради и други обекти, включително и музикални

инструменти, които съдържат елементи от дърво (Kuniholm et al. 1996; Therrell 2000; Topham et al. 2000; Towner 2002;). В такива случаи измерените проби от дървесните образци се сравняват с налични за даден регион и вид хронологии (т.нар. референтни хронологии) от широчини на годишни пръстени и по този начин се осъществява процедурата на кръстосано датиране (Stokes, Smiley 1968), при която се установява календарната година на формиране на всеки годишен пръстен. В случаите, когато не са налични референтни хронологии, датирането може да се извърши само между пробите от даден обект и тогава е известно времеовото положение на всяка от тези проби спрямо другите. Това е известно, като „плаващо датиране“. Сравнително точно датиране във времевата скала на такива проби е възможно чрез радио-въглероден анализ на C14, което позиционира вече датираните помежду си проби в относително тесен времеви прозорец (Baillie 1995).

Специфичен проблем, с който понякога се сблъскват изследователите на исторически обекти е невъзможността да се вземе образец от дървен елемент, за да не се наруши неговата цялост и съответно историческа стойност. Пример са икони, картини и други предмети, за които е недопустимо взимане на проба със стандартните за дендрохронологичните изследвания свредели. Същевременно те често са сред най-запазените произведения на изкуството и исторически паметници в даден район и точното им датиране и дендрохронологичен анализ могат да допринесат не само за обогатяване на историческото познание, но и за значително удължаване на наличните дендрохронологии, което се явява в помощ на редица други научни дисциплини (Westphal et al. 2010). Възможен подход в такива случаи е пренасянето на предмета до лаборатория, в която има оборудване за измерване на годишни пръстени. Това, за съжаление, не винаги е желателно или осъществимо. Едно от възможните решения, което е слабо използвано, е прецизно фотографиране на видимите годишни пръстени и последващо измерване на техните широчини по полученото изображение (напр. Muhr et al. 2007; Klein et al. 2014; Helama et al. 2016). Често затруднението е в това, че пръстените са много тесни и за обхващане на цялата поредица е необходимо да се направят множество снимки. В такива случаи разлики в обхвата и фокусното разстояние на отделните снимки може да създадат несъразмерност между изображенията и съответно да предизвикат грешка при измерването на широчините на годишните пръстени.

Целта на настоящото проучване е измерване и датиране на дървесина, използвана за направа на икони, чрез прилагане на метода на фотографско заснемане на изучаваните обекти.

Данни и методи

За обект на изследването избрахме няколко икони от иконостаса на църквата „Света Троица“ в гр. Банско, България, които бяха достъпни за заснемане по време на реставрационни дейности (обр. 1). Храмът е построен през 1835 г. и осветен през 1837 г. (Василев 1965). Датите са отбелязани върху каменни надписи над трите входа на храма. Сградата представлява трикорабна псевдобазилика с правоъгълен план с размери 22/44 m и височина 15 m. Пространството на наоса е разделено от два реда колони. Интериорът на храма е богато украсен. Иконостасът се състои от няколко реда икони (царски, целувални и апостолски) и впечатляваща дърворезбена украса с позлата над тях. Според изкуствоведите пластичните и цветни декорации на иконо-



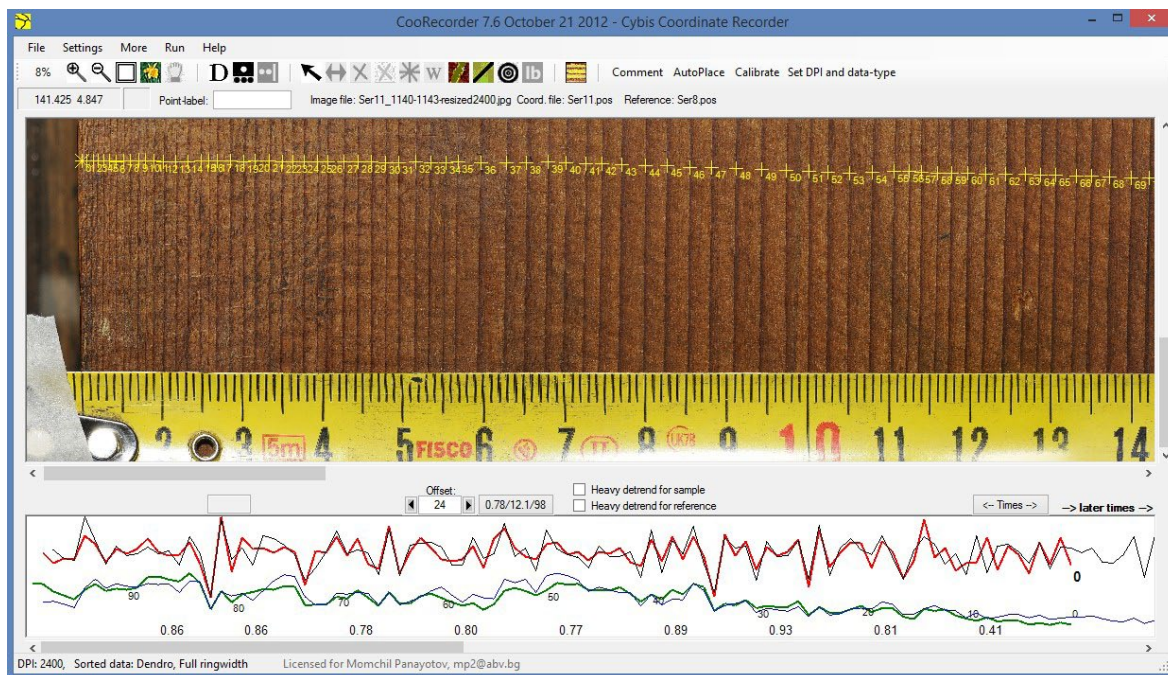
Обр. 2. Процес на заснемане на гръб на икона на иконостас и визуализация на фотографската инсталация (снимка М. Панайотов)
Fig. 2. Photo-camera setup and taking photos of an icon situated in the iconostasis (photo by M. Panayotov)

стаса са изработени от Велян Огненов (Гергова 2018). Изработването на иконостаса е дело на следните майстори: Димитър Молеров (иконите от царския ред и някои икони от апостолския ред), Симеон Молеров (по-голямата част от иконите в апостолския ред), Тома Вишанов (някои малки празнични икони), Георги С. Молеров (целувални икони на иконостаса) и др. (Василев 1965; Гергова 1997).

За заснемане подбрахме икони, чиито необмазани гръбни части бяха с ясно видими годишни пръстени. По време на реставрацията на иконостаса бяха фотографирани иконите „Свети Димитър“ (1841 г.); „Свети Теодор“ (1839 г.); „Свети Георги“ (1839 г.); „Възкресение Лазарево“ (1839 г.); „Свети Илия“ (неизвестна година); „Свети Евангелист Матей“ (неизвестна година); „Свети Апостол Яков“ (неизвестна година); „Свети Стефан“ (вероятно 1894 г.). В допълнение снимахме и добре видими участъци от годишни пръстени в конструктивни елементи на иконостаса. Датировката на иконите е на база на изписани върху тях години и по събрани данни от А. Василев (1965).

Заснемането на избраните участъци беше извършено с цифров фотоапарат Nikon D300 и обектив Micro – NIKKOR 55mm f2.8. За осветление беше използвана електронна светкавица Nikon SB 800. От резултатите получени при пробните заснемания се установи, че най-добри резултати се получават при настройки на блендата f/8 и скорост на затвора 1/320 sec., която е синхронна за модела фотоапарат. За удоб-

Датиране на икони чрез анализ на изображения на дървените елементи заснети с цифров ...



Обр. 3. Пример за измерване в софтуерен пакет CooRecorder на широчини на годишни пръстени по съставно изображение от снимки от гръбна част на икона (Ser11, икона „Св. Георги“) и крос-датиране спрямо друга измерена серия (Ser8, икона „Св. Димитър“). Горната част на работния прозорец показва съставното изображение и отметките на границите на годишните пръстени с пореден номер. Долната част на работния прозорец показва редиците от измерени широчини на годишни пръстени на съответната проба (черен цвят) и референтната проба (червен цвят) и числените стойности на корелационните коефициенти между двете редици по участъци

Fig. 3. Example for measurement of tree-ring widths on an image (series Ser11) of the back side of the icon “St. George” with the software CooRecorder. The crossdating is against the series Ser8 from the icon “St. Dimitar”. The upper part of the window shows the image and the rings borders. The lower part of the window shows the series of measured tree-ring widths (black colour), the reference series and the correlation coefficients between both series

ство фотоапаратът беше монтиран на статив с шина от макро мех Nikon PB6. Целта на този монтаж беше да се осигури максимално точното преместване на фокалната равнина спрямо заснеманите участъци (обр. 2). Този метод позволява заснемане на поредица от кадри, които вследствие се съединяват с подходящ софтуер. Получените след съединяването кадри са от порядъка на 12000 до 15000 пиксела по дългата страна, които дават достатъчно информация за използването им при следващите обработки. Преди заснемане върху дъските беше прикрепяна мерителна линия с точност 1 mm, която впоследствие служеше за подпомагане при сглобяване на изображенията в едно общо и за проверка за еднаквост в мащабите на отделните снимки.

Получените изображения бяха съединени с помощта на софтуерния продукт Photoshop CS 6 (Adobe Inc.) за получаване на общо изображение на последователността от годишни пръстени. Използвана е функция за автоматично сглобяване, при която отделните съставни изображения не се деформират (Reposition). След това изображенията бяха трансформирани до резолюция от 2400 dpi при спазване на мащаба. По тези изображения, чрез специализираната програма CooRecorder 7.6 (Cybis Elektronik & Data AB) бяха измерени широчините на годишните пръстени с точност до 0.001 cm (обр. 3). Получените серии от широчини на годишните пръстени бяха

Име на серия/ Series	Икона/Елемент Icon/Wooden element	Дъска/ Board	Посока на заснемане /Direction of images	Вероятен дървесен вид /Probable species
Ser1	Дяконска порта, долно платно	лява	LR	PIPE
Ser2	Дяконска порта, долно платно	лява	RL	PIPE
Ser3	Дяконска порта, дъска между горно и долно крило		TB	PIPE
Ser4	Св. Стефан	дясна	LR	PIPE
Ser5	Южно от дяконска порта, първо долно платно	лява	RL	PIPE
Ser6	Южно от дяконска порта, първо долно платно	лява	LR	PIPE
Ser7	Южно от дяконска порта, първо долно платно	лява	LR	PIPE
Ser8	Св. Димитър	лява	LR	PCAB/ABAL
Ser9	Св. Димитър	дясна	LR	PCAB/ABAL
Ser10	Св. Теодор	лява	LR	PCAB/ABAL
Ser11	Св. Георги	лява	LR	PCAB/ABAL
Ser12	Св. Георги	дясна	LR	PCAB/ABAL
Ser13	Св. Богородица	лява	RL	PCAB/ABAL
Ser14	Долно платно под икона „Св. Богородица“	лява	RL	
Ser15	Св. Възкресение Христово	лява	LR	PIPE
Ser16	Св. Възкресение Христово	лява	RL	PIPE
Ser17	Св. Възкресение Христово	дясна	LR	PCAB/ABAL
Ser18	Св. Илия	дясна	LR	PIPE
Ser19	Св. Илия	лява	LR	PCAB/ABAL
Ser20	Св. Илия	лява	RL	PCAB/ABAL
Ser21	Св. Евангелист Матей	лява	LR	PIPE
Ser22	Св. Евангелист Матей	лява	RL	PIPE
Ser23	Св. Евангелист Матей	дясна	RL	PCAB/ABAL
Ser24	Св. Апостол Яков	лява	LR	PCAB/ABAL
Ser25	Св. Апостол Яков	лява	RL	PCAB/ABAL
Ser26	Св. Апостол Яков	дясна	LR	PCAB/ABAL

Таблица 1. Заснети серии от снимки.

Забележка – посоката на гледане е от гръбната страна. Използвани съкращения: LR – посока на заснемане от ляво надясно; RL – посока на заснемане от дясно наляво; TB – посока на заснемане от горе надолу; PIPE – бяла мура (*Pinus peuce Griseb.*); PCAB/ABAL – обикновен смърч (*Picea abies Karst*) или обикновена ела (*Abies alba Mill*)

Table 1. Series of images

Note: The direction of looking and taking the photos is from the back side of the icons; Used abbreviations: LR – image direction from left to right; RL – image direction from right to left; TB – image direction from bottom to top; PIPE – Macedonian pine (*Pinus peuce Griseb.*); PCAB/ABAL – Norway spruce (*Picea abies Karst*) or Fir (*Abies alba Mill*)

крос-датирани помежду си и спрямо референтни хронологии от обикновен смърч (*Picea abies Karst*) от резерват Парангалица (Panayotov et al. 2011) и бяла мура (*Pinus peuce Griseb.*) от Бъндеришката долна (Panayotov et al. 2010) чрез помощта на софтуерния продукт CDendro 7.6. (Cybis Elektronik & Data AB). Водещи критерии за датирането бяха относителният период на изографисване на иконите и статистическото сходство между съответните измерени редици от широчини на годишни пръстени и

Датиране на икони чрез анализ на изображения на дървените елементи заснети с цифров ...

референтните хронологии. За изследване на статистическото сходство бяха използвани няколко различни теста. Водещи бяха корелационен коефициент на Питърсън (CorrC) и специфичния за програмата TTest коефициент изчислен по формулата:

$$TTest = c * \sqrt{(n-2)/(1 - c^2)},$$

където:

c е корелационен коефициент по Питърсън,

n е брой припокриващи се години от двете сравнявани серии,

sqr е съкращение за квадратен корен,

Като допълнителен коефициент е изчислен т.нар. показател Gleichläufigkeit, който изразява сходство между темповете на нарастване и спадане на широчините на годишните пръстени в отделни периоди на две серии (Schweingruber 1988). Всички изчисления са направени в софтуерния пакет CDendro, като повече подробности за методите на изчисляване на посочените коефициенти може да се намерят в съпътстващата програмата документация. Освен общото между целите дължини на сериите е изчислен корелационен коефициент и за сходство на блокове от сериите с дължина по 50 години.

Резултати

Заснемане на иконите и измерване на получените серии

Направени са общо 176 изображения. От тях са сглобени 25 изображения на дъски, на които впоследствие са измерени широчините на годишните пръстени (табл. 1). Част от изображенията са от различни посоки на една и съща дъска, поради което при следващи обработки е използвана само една от подобни серии.

Датиране на измерени серии

Към момента на подготовка на доклада са датирани 24 серии, като 15 от тях вероятно са от дървесина от обикновен смърч (*Picea abies*) или обикновена ела (*Abies alba*), а другите 9 от бяла мура (*Pinus peuce*). Те са от 7 различни икони. От тези серии 10 са дублиращи се по двойки от 5 дъски – Ser1 и Ser2, Ser15 и Ser16, Ser19 и Ser20, Ser21 и Ser22, Ser 24 и Ser25, като Ser1 и Ser2 не са от икони (табл. 1). По тази причина 6 от припокриващите се серии не са разгледани в следващия текст. Елиминирана е и серия Ser17 поради дължина от 40 години и реално съществуващ риск от грешно датиране. Пробите от смърч/ела се характеризираха с по-широки и ясно видими годишни пръстени, характерни за вторичната дървесина на тези видове. При тях липса на пръстени в измерените серии се установи само 2 пъти. Пробите от бяла мура се характеризираха с наличието на изключително тесни пръстени и при тях датирането бе по-трудно и ненадежно.

Датираните серии от обикновен смърч са с начални години между 1667 г. и 1734 г. и крайни години между 1783 г. и 1810 г. (табл. 2, обр. 4). Повечето от сериите (9 от 13) показват изключително високо сходство, което е необичайно за серии от обикновен смърч или обикновена ела (корелационни коефициенти $CorrC > 0.7$, $TTest > 9$, табл. 2) и по тази причина считаме, че те са от дъски, изработени от едно и също дърво. Това са серии с номера 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 19 и 20 от иконите „Св. Димитър“, „Св. Теодор“, „Св. Георги“, „Св. Богородица“, и „Св. Илия“, които са изографисани между 1839 г. и 1849 г. (табл. 3).

Серия/ Series	Първа година/ First Year	Последна година/ Last Year	Брой години/ Number of years	CorrC	TTest	Корелационен коефициент CorrC по блокове спрямо останалите серии/ Correlation of tree-ring series segments against other series							GLK
						1660- 1669	1680- 1719	1700- 1739	1720- 1759	1740- 1779	1760- 1799	1780- 1819	
Ser8	1685	1807	123	0.85	17.4		0.88	0.92	0.89	0.78	0.68	0.63	0.8
Ser9	1691	1801	111	0.87	18.1		0.91	0.92	0.64	0.62	0.76	0.75	0.86
Ser10	1703	1788	86	0.73	9.8			0.64	0.75	0.7	0.77		0.8
Ser11	1684	1783	100	0.81	13.8		0.9	0.88	0.85	0.79	0.77		0.76
Ser12	1727	1810	84	0.73	9.7				0.69	0.84	0.79	0.72	0.83
Ser13	1692	1807	116	0.83	15.5		0.86	0.87	0.82	0.77	0.65	0.61	0.75
Ser14	1698	1801	104	0.85	16.3		0.77	0.77	0.83	0.84	0.77	0.77	0.81
Ser19	1667	1793	127	0.78	13.4	0.74	0.86	0.8	0.86	0.9	0.81		0.79
Ser20	1674	1795	122	0.75	12.4	0.77	0.9	0.91	0.74	0.73	0.87		0.83
Ser23	1734	1801	68	0.46	4				0.27	0.23	0.38	0.35	0.66
Ser24	1712	1795	84	0.41	4			0.32	0.43	0.42	0.45		0.6
Ser25	1717	1799	83	0.36	3.4			0.43	0.42	0.4	0.27		0.65
Ser26	1717	1797	81	0.55	5.9			0.43	0.53	0.37	0.41		0.68

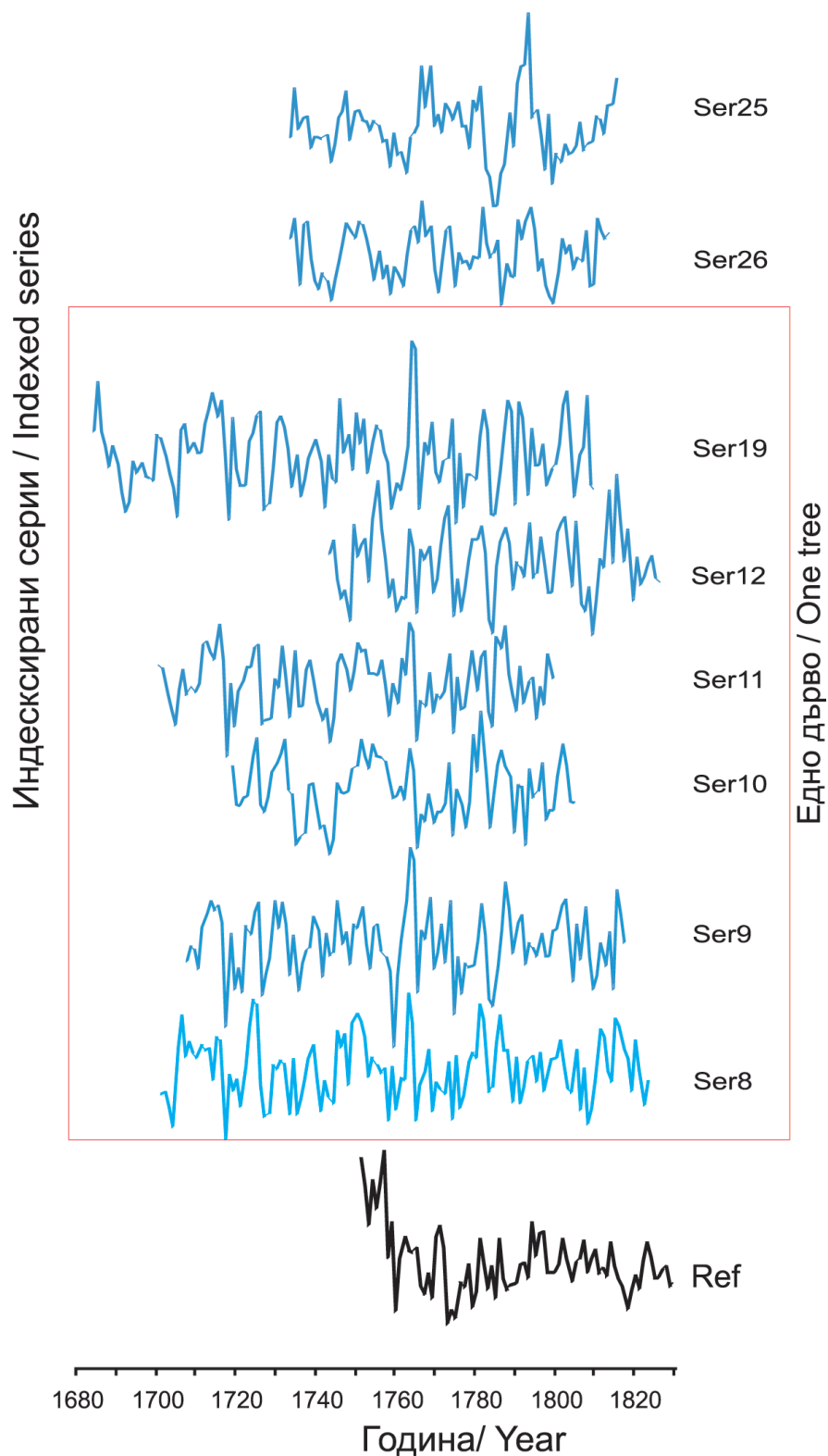
Таблица 2. Общи данни за дължината на измерените серии от обикновен смърч и корелационните коефициенти между тях. Съкращения: CorrC – Корелационен коефициент на Пийърсън спрямо останалите серии; TTest – TTest коефициент спрямо останалите серии; GLK – Gleichläufigkeit коефициент

Table 2. Data for measured series from *Picea abies* and the correlation coefficients between the series. Abbreviations: CorrC – Correlation against other series; TTest – TTest against other series; GLK – Gleichläufigkeit coefficient

Така датиранияте помежду си серии са сравнени с регионална хронология от множество живи дървета от обикновен смърч от резерват Парангалица над гр. Благоевград (въздушно отстояние от смърчовите гори над гр. Банско около 32 km) и с хронология от бяла мура от Бъндеришката долина над Банско и по този начин е извършено абсолютното датироване, посочено чрез началните и крайни календарни години в табл. 2 и табл. 3. Абсолютното датироване се базира на първоначално датироване между пробите като първа стъпка, а след това на датироване на серии с висока корелация с останалите проби спрямо регионална хронология като втора стъпка. Корелационните коефициенти между измерените серии и регионалната хронология от обикновен смърч са най-високи за серии 8 (0.39), 9 (0.42), 12 (0.39), 13 (0.55), 19 (0.39), които от своя страна се датират много добре с останалите проби (табл. 2). Корелационните коефициенти спрямо хронологията от бяла мура са най-високи за серии 1(0.37), 22 (0.32), 7 (0.26), 21 (0.24), като от тях от икони са серии 21 и 22.

Датиранияте серии от бяла мура са от иконите „Св. Илия“ (Ser18, датирана на обхващаща период 1702–1838 г.), „Св. Евангелист Матей“ (Ser22, обхващаща период 1658–1792 г. и дублираща я серия от същата дъска Ser21 (1658–1815).

Датиранияте конструктивни елементи от бяла мура (Ser1, Ser2, Ser3, Ser5, Ser7) показват корелационни коефициенти вариращи между 0.22 и 0.37 с хронологията от



Обр. 4. Измерени серии от обикновен смърч от дъски от икони в църква Св. Троица. С правоъгълник са оградени серии, които вероятно са от дъски от едно дърво. Използвани съкращения: Ref – Референтна хронология от обикновен смърч (*Picea abies* Karst) от Парангалица
 Fig. 4. Measured series of tree-ring widths from Norway spruce (*Picea abies* Karst) from icons in the church St. Troitsa in Bansko. The rectangle unites series which are probably from boards of the same tree. Used abbreviations: Ref – Reference chronology from *Picea abies* from Parangalitsa reserve

Икона/ Icon	Година на изографисване на иконата/ Year of writing of the icon	Номер на серия от заснети и измерени годишни пръстени/ Tree-ring series number	Година на първи годишен пръстен/ First year of tree-ring sequence	Година на последен годишен пръстен/ Last year	Общ брой годишни пръстени/ Total number of tree rings
Св. Димитър	1841	Ser8	1685	1807	122
		Ser9	1691	1801	110
Св. Теодор	1839	Ser10	1703	1788	85
Св. Георги	1839	Ser11	1684	1783	99
		Ser12	1727	1810	83
Св.Богородица	незаписана	Ser13	1691	1807	116
		Ser14	1697	1801	104
Възкресение Лазарово	1849	Ser15	1668	1815	147
		Ser16	1665	1816	151
Св. Илия	1838	Ser19	1667	1793	126
		Ser20	1674	1795	121
Св. Евангелист Матей	незаписана	Ser21	1658	1815	157
		Ser22	1658	1792	134
		Ser23	1734	1801	67
Св. Апостол Яков	незаписана	Ser24	1712	1795	83
		Ser25	1717	1799	82
		Ser26	1717	1797	80

Таблица 3. Дължина на сериите от годишни пръстени от съответни икони и начални и крайни години по текущо абсолютно датиране

Table 3. Length of the measured tree-ring series from the icons and the first and last years, according to the current absolute dating

бяла мура. При тях много добре се датират по-ранните години, които са по-широки, по-добре видими и с по-малка вероятност за не достатъчно добро измерване. При сегменти в тези по-ранни години корелациите с референтната хронология от бяла мура достигат до 0.50. Най-стари годишни пръстени са налични при Ser3 (1582 г.), която е от конструктивна дъска в дяконската порта.

Дискусия

1. Заснемане на иконите, сглобяване на сериите от снимки и датиране на измерените редици

Тестваният от нас метод за заснемане на открити гръбни части на икони и конструктивни елементи е успешно приложим. При спазване на условията за заснемане с еднакво фокусно разстояние между отделните снимки от дадена серия и наличие на референтна мерна линия, последващото събиране на снимките в общо изображение е сравнително лесна операция. Използването на специализиран софтуер за съединяване на снимки, който дава възможност да се дефинират ключови точки за процеса на събиране на съседни снимки безусловно би улеснил тази операция и в този смисъл е препоръчително. Бихме искали да обърнем внимание, че прецизното съединяване на снимките е от ключово значение за успешно последващо датиране на пробите.

Грешки в тази фаза може да предизвикат загубата на годишни пръстени от изображението или повторение на такива. Ако това се случи с един до два пръстена в даден участък, последващото откриване на грешката е сравнително лесно при процедурата на крос-датирне. Ако обаче подобни грешки са налични на няколко места в серията, датирането на измерената редица от широчини на годишни пръстени може да е невъзможно или неправилно.

Датирането на измерените серии от снимки беше сравнително безпроблемно при сериите от снимки от дъски от обикновен смърч или обикновена ела. Те се характеризират със сравнително широки годишни пръстени, което улеснява измерването на пръстените по съставеното изображение. Обратно, изключително тесните пръстени при бялата мура често бяха трудно различими на изображенията. По тази причина при измерването им е възможно да се пропусне един или няколко пръстена, което затруднява последващото датиране на измерените редици от широчини на годишни пръстени.

В случая с измерените серии процедурата на датиране беше най-лесна при първоначално избиране на добре измерена и достатъчно дълга серия за основна такава, с която са сравнявани останалите измерени редици. След като наличните серии бяха датирани помежду си, те бяха датирани и спрямо общата референтна хронология. По този начин чрез абсолютното датиране на една или няколко серии бяха надеждно датирани и останалите.

Проблеми при датирането може да възникнат в няколко случая. Първият възможен проблем е при прекалено къси серии (до 30–40 години). При сравняване на такива серии с основната серия или с референтната хронология може да се получат добри датирания на няколко места. По тази причина за абсолютно датиране на пробата е необходимо да е налична и допълнителна информация, например от въглеродно датиране на сегмент от нея. Предвид високата цена на въглеродното датиране и вероятността от няколко датировки и при него, подобен подход е оправдан само при много ценни обекти, за които няма възможност да се получи друга датировка. В такива случаи пак трябва да се използва така наречения подход *wiggle matching* (Galimberti et al. 2004).

Втори възможен проблем при датирането е от наличие на локално липсващи в сериите от снимки пръстени. Както вече бе коментирано, ако те са се получили поради грешка при сглобяването на снимките в общо изображение, откриването може да е трудно. Въпреки това при процедурата на крос-датиране такива пръстени се откриват благодарение на разминаване на добре датиращи се сегменти с една или повече години съответстващи на броя липсващи пръстени.

Трети възможен проблем е да се разчита само на най-високото статистическо сходство, установено от софтуерния продукт. Естеството на изчисляване на корелационни коефициенти е такова, че е възможно висок корелационен коефициент да не отразява най-правилно датиране, а да е резултат на случайно сходство. По тази причина водеща трябва да е общата информация за приблизителен период на произход на материала и визуалното сходство в темпа на растеж на отделните дървета, което е в основата на класическия метод на крос-датиране (Stokes, Smiley 1968) и заедно с тях използването на статистическите показатели.

2. Абсолютно датиране на използваните за направата на иконите дъски

Датираните до момента проби показват, че последните налични години на повечето дъски се датират на около 29 до 56 години преди изработване на иконите. Раз-

ликата в годините вероятно се дължи на няколко причини. На първо място дъските са обработвани при което на някои от тях са отнети част от годишните пръстени. Това може да предизвика разлика между реалните налични последни годишни пръстени на дадена дъска спрямо годината на отсичане на дървото от определен брой години, зависещи от това колко материал е отнет. Такава ситуация е видна включително от серии от измервания от една и съща дъска, но от различните ѝ страни. В такива случаи центърът съвпада, но в крайните години може да има разлика между наличието на пръстени. Пример за това са серии 21 и 22, които са от една дъска, но две различни посоки на заснемане и измерване и има разлика 17 години в крайните пръстени. Интересно е, че вероятно за 5 от иконите („Св. Димитър“, „Св. Теодор“, „Св. Георги“, „Св. Богородица“ и „Св. Илия“) са използвани дъски от едно и също дърво. Това е обяснимо като се има предвид, че зографът (вероятно Димитър Молеров) е проявил внимание към качеството на материала. По тази причина, ако дъските от дадено дърво са били с добро качество е обяснимо те да са използвани за няколко различни икони. Още повече, че в случая е имало необходимост от изографисване на голям брой икони за кратък период от време, за да бъде завършена украсата на иконостаса и извършено дългоочакваното от населението на гр. Банско освещаване на храма. Същевременно трябва да се отчете и факта, че при наличие на подходящи по-стари дъски, майсторите са използвали и тях. Това е обяснима практика като се има предвид, че добре изсушения дървен материал е с по-малка вероятност за деформации при обработка и употреба и включително и в днешно време много майстори го предпочитат пред изсушения в сушилни инсталации пресен материал.

Първите години на датираните дъски показват вероятна възраст на дърветата от които са добити от над 100 години (средно 109 годишни пръстена, минимум 67 пръстена, максимум 157 пръстена). Това е очаквано, предвид обичайните размери на дървета от съответните видове. За достигане на достатъчни размери за направа на качествени дъски иглолистните видове в естествени гори се нуждаят от над 80–100 години растеж. Трябва да се има предвид, че тъй като е работено с дъски, при които може да липсват както външни участъци от годишните пръстени на дървото, така и вътрешни участъци, реалният брой годишни пръстени в дъските е по-малък от реалната възраст на дървото, от което са добити.

Заклучение

На база на получените резултати считаме, че датирането на дървени елементи от исторически обекти е възможно чрез дендрохронологичен анализ на измерени по изображения с висока резолюция годишни пръстени. Обект на настоящото изследване са гръбните части на икони от църквата „Св. Троица“ в гр. Банско, които бяха заснети с цифров фотоапарат при висока резолюция с фиксирано фокусно разстояние. За измерване на годишните пръстени по изображенията използвахме специализирания софтуер CDendro 7.6. Процедурата беше успешна и към момента са измерени и датирани 24 серии от 7 икони, като 15 от тях вероятно са от обикновен смърч (*Picea abies*) или обикновена ела (*Abies alba*), а другите 9 от бяла мура (*Pinus peuce*). Датираниите серии показват, че за изработване на иконите са използвани дъски, които са от дървета добити между 30-50 години преди изработване на иконите. При пет различни икони установихме, че вероятно дъските са изработени от едно дърво. Това проучване показва, че дендрохронологичният метод е успешно приложим при наличие на от-

Датиране на икони чрез анализ на изображения на дървените елементи заснети с цифров ...

крити дървени части с ясно видими годишни пръстени, които могат да бъдат заснети и директно върху проучвания обект, без необходимост от неговото преместване.

Благодарности

Бихме искали да изкажем благодарности на реставраторите Любен Колев, Николай Чолаков и Мартин Добрев, които ни съдействаха за осигуряване на достъп и заснемане на иконите. Работата е подпомогната от българо-швейцарски проект IZEBZO_143109 и проект INFRAMAT (ПМС 354/29.06.2017 и договор с МОН Д01-155/28.08.2018).

Цитирана литература

- Василиев, А. 1965. *Български възрожденски майстори*. София: Наука и изкуство
- Гергова, И. 1997. Принос към проучването на творчеството на банския майстор Димитър Молеров. *Македонски преглед* 4, 93-99.
- Гергова, И. 2018. Майстор Велян Огненов. Патримониум. МК 16, 385-396.
- Baillie, M. G. 1995. *A Slice through Time: Dendrochronology and Precision Dating*. London: B.T. Batsford Ltd.
- Galimberti, M., Ramsey, C. B., Wanning, S.W. 2004. Wiggle-match dating of Tree-ring sequences. *Radiocarbon* 46.2, 917-924.
- Helama, S., Läänelaid, A., Santala, M., Tanhuanpää, A. 2016. Dendrochronological dating of wooden artifacts by measuring the tree rings using magnifying glass and photography-assisted method: an example of a Dutch panel painting. *Archaeological and Anthropological Sciences* 8.1, 161-167.
- Hughes, M.K. 2002. Dendrochronology in climatology – the state of the art. *Dendrochronologia* 20.1–2, 95-116; doi:10.1078/1125-7865-00011.
- Klein, A., Nemestothy, S., Kadnar, J., Grabner, M. 2014. Dating furniture and coopered vessels without waney edge – Reconstructing historical wood-working in Austria with the help of dendrochronology. *Dendrochronologia* 32.1, 90-96
- Kuniholm, P.I., Kromer, B., Manning, S.W., Newton, M., Latini, C.E., Bruce, M.J. 1996. Anatolian tree rings and the absolute chronology of the eastern Mediterranean, 2220±718 BC. *Nature* 381, 780-783.
- Myhr, K., Thun, T., Hytteborn, H. 2007. Dendrochronological Dating of Wooden Artefacts using Photography. *Norwegian Archaeological Review* 40.2, 179-186.
- Panayotov, M., Bebi, P., Trouet, V., and Yurukov, S. 2010. Climate signal in tree-ring chronologies of *Pinus peuce* and *Pinus heldreichii* from the Pirin Mountains in Bulgaria. *Trees – Structure and Function* 24, 479-490; doi: 10.1007/s00468-010-0416-y.
- Panayotov, M., Dimitrov, D. and Yurukov, S. 2011. Extreme climate conditions in Bulgaria – evidence from *Picea abies* tree rings. *Sylva Balcanica* 12.1, 37-46.
- Schweingruber, F.H. 1988. *Tree Rings, Basics and Applications of Dendrochronology*. Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers.
- Schweingruber, F.H. 1996. *Tree Rings and Environment: Dendroecology*. Bern: Paul Haupt Verlag.

- Stokes, M., Smiley, T. 1968. *An Introduction to Tree-ring Dating*. Chicago: University of Chicago.
- Therrell, M. D. 2000. The historic and paleoclimatic significance of log buildings in south-central Texas. *Historical Archaeology* 34.2, 25-37.
- Topham, J. and McCormick, D. 2000. FOCUS: A dendrochronological investigation of stringed instruments of the Cremonese school (1666-1757) including "The Messiah" violin attributed to Antonio Stradivari. *Journal of Archaeological Science* 27, 183-192.
- Towner, R. H. 2002 Archeological dendrochronology in the southwestern United States. *Evolutionary Anthropology* 11.2, 1168-84.
- Westphal, T., Tegel, W., Heußner, K-U., Lera, P., Ritterchofer, F. 2010. Erste dendrochronologische Datierungen historischer Hölzer in Albanien. *Archäologischer Anzeiger* 2, 75-95.

Dating icons by analysis of images of wooden parts obtained with high-resolution digital camera

Momchil Panayotov, Velislava Shishkova, Alexander Vatov

(summary)

The precise dating of wooden elements from historical sites is possible with dendrochronological methods. Usually tree-ring cores are extracted with increment borers and then analyzed. However, sometimes it is not possible to obtain such cores. Usually these are highly valuable objects, as for example icons, paintings and musical instruments. We tested an approach of making high-resolution digital photographs of the back sides of icons in the church "St. Troitsa" in Bansko, Bulgaria. It was built in 1835 and consecrated in 1837. The interior was richly painted. The Iconostasis and its large icons are very impressive. They were painted by the famous masters Toma Vashinov, Dimitar Molerov, Simeon Molerov and Georgi Molerov.

We took images from the back sides of the icons and other wooden elements from the Iconostasis. We used digital camera Nikon D300 fitted with Micro – NIKKOR 55mm f2.8 Lens (fig. 1). The proper light conditions were insured by using Nikon SB 800 speedlight. The camera was attached to the rail of Nikon PB6 bellows that insured constant focus. The obtained high-resolution images were then stitched with Photoshop CS 6 (Adobe Inc.) using the Reposition function. The whole images of the tree-ring series were then resized to have resolution of 2400 dpi and then the tree-ring width series were measured and dated with the softwares Coorecorder 7.6 and CDendro (Cybis Elektronik & Data AB) (fig. 3). The relative dating between the series was done based on statistical parameters (Pearson correlation test (CorrC), TTest and Gleichläufigkeit) calculated by CDendro and also by visual comparison of the patterns of narrow and wide tree rings. Finally, an attempt was made for absolute dating of the series against reference tree-ring width chronologies from Norway spruce (*Picea abies* Karst) from Parangalitsa reserve (Panayotov et al. 2011) and Macedonian pine (*Pinus peuce* Griseb.) from Bunderitsa valley above Bansko (Panayotov et al. 2010).

Using this approach we made a total of 176 photographs from which we composed 25 images of tree-ring series from icons and construction elements. So far we have dated 24 series, of which 15 are most probably from Norway spruce or Fir and 9 from Macedonian pine. They are from 7 different icons. Out of these series 10 are in pairs from 5 icons, but using different sides and directions of the tree rings. These are series Ser15 and Ser16; Ser19 and Ser20; Ser21 and Ser22; Ser 24 and Ser25 (Table 1). We have eliminated from the dating procedure the tree-ring series Ser17 since it contained 40 tree rings, and thus, the risk to obtain false dating was higher. The tree rings of Spruce/Fir were quite clearly visible and there was lower risk of not being able to measure some tree ring. During the cross-dating procedure we found only two missing rings in these series. The Macedonian pine tree rings were very narrow and the measurement proved to be difficult. However, we could successfully date the measured series except one.

The dated spruce/fir series had starting years between 1667 and 1734 and end years between 1783 and 1810 (table 4, fig. 4). Six out of nine series had very high correlations between them ($\text{CorrC} > 0.7$, $\text{TTest} > 9$), which is most probably due to using planks from the same tree. These are series Ser8, Ser9, Ser10, Ser11, Ser12, Ser13, Ser14, Ser19 and Ser20 from the icons "St. Dimitar", "St. Theodor", "St. George", "St. Mary" and "St. Iliya" painted between 1839 and 1849 (Table 3). These series dated very well against the reference chronology from live Norway spruce trees from Parangalitsa reserve. The highest correlation coefficients between the series and the chronology were for series Ser8 (0.39), Ser9 (0.42), Ser12 (0.39), Ser13 (0.55), Ser19 (0.39) which also date very well against the rest of the spruce series. The correlation coefficients against measured series and the local Macedonian pine chronology were highest for series Ser1(0.37), Ser22 (0.32), Ser7 (0.26) and Ser21 (0.24), of which Ser21 and Ser22 are from the icon "St. Evangelist Mathew".

The dated tree-ring series from construction elements (Ser1, Ser2, Ser3, Ser5, Ser7) had correlation coefficients between them ranging from 0.22 to 0.37 and were from Macedonian pine. In these series we could measure very well the inner parts with wider rings, while the external parts were with very narrow and less clearly visible rings. The dating was possible in the cases when the internal parts had enough well-measured tree rings. In such cases we received correlation coefficients up to 0.5 of the inner part segments. The oldest of these series was Ser3 starting in 1582.

Our dating shows that most of the used planks had last rings dated about 30 to 50 years before the painting of the icons or the construction of the Iconostasis. This makes sense since the masters usually used very well dried boards and removed parts of the sapwood. It is interesting that the planks of four icons probably came from the same tree. This is probably due to the high quality of the planks and the fact that the icons had to be painted in relatively short period. The masters used coniferous material, which is highly abundant in the Pirin Mountains above Bansko.

Our work shows that by making high-resolution images with proper camera equipment it is possible to obtain and measure tree-ring series of icons and other valuable objects, for which the usual approach of taking cores is not acceptable or moving the objects to laboratories for measurement on measuring tables is not allowed.