

بازخوانی نوشته‌های محوشده یک نسخه خطی با استفاده از تصویربرداری اشعه ایکس

فرانک بحرالعلوم*

چکیده

اولین موفقیت بخش انرژی مرکز شتاب‌دهنده خطی استانفورد، بازخوانی نوشته‌های محوشده یک نسخه خطی از ارشمیدس بود که احتمالاً در نیمه قرن دهم در قسطنطنیه توسط لئوی هندسه‌دان نسخه‌برداری شده است اما بعدها با پیروزی صلیبیون با حمایت پاپ اینوسنت سوم، نسخه مذکور محو و به جای آن دعای مذهبی نوشته شد. مقاله می‌کوشد چگونگی بازخوانی نسخه اصلی مرسوم به ارشمیدس را ارایه داده و اهمیت فن‌آوری نوین را در خدمت علم و تاریخ نمایان سازد. در این راستا به آنچه بر سر نسخه خطی آمده پرداخته و در نهایت به نجات آن توسط موزه هنر والترز در بالتیمور که منجر به تحقیقات و مطالعات شبانه‌روزی به مدت هشت سال شد و به کشف هفت گفتار از ارشمیدس از جمله اندازه‌گیری دایره، خطوط مارپیچ، درباره اجسام شناور و روش قضایای مکانیکی انجامید، می‌پردازد. در پایان مقاله شرح مفصلی از چگونگی استفاده از اشعه ایکس برای تصویربرداری از متن محو شده ارایه خواهد شد.

کلیدواژه: ارشمیدس، قسطنطنیه، لئو، جنگ صلیبی، موزه هنر والترز، اشعه ایکس، سینکروترون.

دانشمندان بخش انرژی مرکز شتاب‌دهنده خطی استانفورد در ماه مارس سال ۲۰۰۶ م برای نخستین بار توانستند در یک کتاب دعای قرون وسطی، متنی به زبان

یونانی از ارشمیدس، ریاضیدان بزرگ دوران باستان را که در حدود قرن دوازدهم میلادی نوشته شده و بعدها محو شده بود، آشکار کنند.

کارشناسان نسخ خطی معتقدند که این نسخه خطی، موسوم به نسخه ارشمیدس، به احتمال قوی در نیمه قرن دهم در قسطنطنیه نسخه برداری شده است. قسطنطنیه تنها مکانی بود که ریاضیات کهن چنین منظم مطالعه و نسخه برداری می شد. سنت نسخه برداری و محافظت از متون قدیمی از دوران باستان تا قرون وسطی به طور پیوسته در این شهر تداوم داشته است.

قسطنطنیه در قرون نهم و دهم میلادی در اوج شکوفایی بود. در سال ۸۵۰ م «بارداس» از مقامات امپراتوری بیزانس مدرسه‌ای در کاخ سلطنتی تأسیس کرد و مدیریت آن را به یکی از ریاضیدانان برجسته آن زمان به نام لئوی هندسه‌دان (Leo the Géométr) سپرد.

لئو که در خدمت تئوفیلوس، امپراتوری بیزانس (ح: ۸۴۲-۸۲۹ م) منشأ خدمات بسیاری شده بود، سالها در کلیسای چهل شهید قسطنطنیه به تدریس ریاضیات برای عموم مشغول بود. درباره جزئیات مدرسه لئو اطلاعات چندانی در دست نیست ولی می توان حدس زد که مرکزی مهم برای تحصیل علم و دانش بوده است. به نظر می رسد در نتیجه اقدامات لئوی هندسه‌دان در این دوره، آثار ارشمیدس نسخه برداری شده باشد. از این دوره نسخه‌های دیگری نیز باقیمانده که حاوی نوشته‌هایی در مدح لئوی هندسه‌دان است.

در آن دوران قسطنطنیه شهری ثروتمند بود که کاخ امپراتوری و صومعه‌های آن مراکزی فرهنگی و در اوج شکوفایی بودند. نسخه خطی مورد بحث در چنین فضایی پدید آمده بود. اما این شکوفایی ناگهان در سال ۱۲۰۴ م به پایان رسید. در این سال چهارمین جنگ صلیبی که توسط پاپ اینوسنت سوم تقدیس شده بود آغاز گردید و لشکرکشی به سوی سرزمین مقدس آغاز شد. سپاهیان صلیبی کمی قبل از رسیدن به هدف متوقف شدند تا قسطنطنیه را غارت کنند؛ شهری را که ثروتمندترین شهر اروپا بود و برای مدت بیش از ۷۰۰ سال، محلی مطمئن برای کتابت و حفظ متون قدیمی شده بود. سال بعد از غارت قسطنطنیه، سالی نبود که به ریاضیات پیشرفته ارشمیدس یا متون ادبی قدیمی نیازی باشد. احتمالاً تحت تأثیر این واقعه، متن نسخه خطی ارشمیدس محو یا شسته شده و با تلفیق با اوراق چند نسخه دیگر، بر روی آنها متون دعایی مذهبی نوشته شد.

در سال ۲۰۰۲ میلادی، پروفیسور جان لودن (John Lowden) از انستیتوی courtauld با استفاده از تصویربرداری در زیر نور فرابنفش توانست توضیحاتی را در پشت برگه اوّل نسخه آشکار کند که تاریخ ۱۳ آپریل ۱۲۲۹ را داشت. این نسخه از همان زمان تا وقتی که پاپادوپولوس کراموس (Papadopoulos-Kerameus) در قرن نوزدهم آن را فهرست کرد، به عنوان یک کتاب دعا حفظ شد. کراموس در سال ۱۸۹۹ فهرستی از نسخ خطّی متعلق به کلیسای اسقفی یونان در اورشلیم را که در صومعه متوچيون (Metochion) در قسطنطنیه نگهداری می‌شد، تهیه کرد. نسخه ارشمیدس به شماره ۳۵۵ در این فهرست ثبت شده است. یکی از جزئیاتی که کراموس ثبت کرده ولی اکنون مفقود شده، نوشته‌ای در نسخه بوده که در آن ذکر شده بود که نسخه متعلق به صومعه سنت سباس (St.Sabas) بوده است.

این صومعه در سال ۴۸۳ م توسط سنت سباس تأسیس شد و یکی از مراکز مهم اورشلیم در آن زمان بود. صومعه در شرق بتلهايم در کرانه باختری واقع شده است. جامعه مرسبا، مرکزی سازماندهی شده برای تألیف کتب داشت که برخی از آنها دارای نقوش و تذهیب بودند. تا قرن ۱۹ میلادی در کتابخانه این صومعه بیش از هزار نسخه خطّی نگهداری می‌شد. بنای صومعه بیشتر مانند یک قلعه به نظر می‌رسد تا محلی برای عبادت که البته به دلیل نیاز به دفاع از جامعه مقیم در صومعه در طی قرن‌ها بوده که آن را به شکل قلعه‌ای دفاعی ساخته‌اند.

معلوم نیست که این نسخه چگونه به سنت سباس رفته ولی از فهرست کراموس معلوم است که در قرن ۱۶ م در آنجا نگهداری می‌شده است و در حدود سال ۱۸۴۰ م جایجا شده و در این زمان در صومعه متوچيون بوده است. محقق انجیلی کنستانتین تیشندورف (Constantine Tischendorf) در اوایل دهه ۴۰ قرن نوزدهم از متوچيون بازدید کرده و در سفرنامه‌ای که در سال ۱۸۶۴ به نام سفرهایی به شرق منتشر کرد، از آن ذکر می‌کند که در میان آورد. وی می‌نویسد که از این صومعه بازدید کرده ولی چیز جالبی به جز یک نسخه خطّی که حاوی چند صفحه ریاضی بوده، پیدا نکرده است. معلوم است که تیشندورف این کتاب را بسیار جالب یافته است و حتی در سال ۱۸۷۹ م یک برگ از نسخه ارشمیدس از دارایی او به کتابخانه کمبریج فروخته شده که این برگ هنوز هم در آنجا نگهداری می‌شود.

البته نه تیشندورف و نه کراموس هیچیک نمی‌دانست که نسخه شامل آثاری از

ارشمیدس است. کراموس چند خطی از نوشته‌های زیرین را که قابل خواندن بود رمزگشایی کرد. این امر توجه لودویگ هیبرگ (Ludwig Heiberg) را که کارشناس جهانی آثار ارشمیدس بود جلب کرد. هیبرگ که مجذوب این متن زیرین شده بود در سال ۱۹۰۶ به متوجهیون رفت و کشف کرد که این کتاب شامل یک منبع منحصر به فرد به زبان یونانی است. هیبرگ از نسخه عکسبرداری کرد و از آن برای مجموعه کامل آثار ارشمیدس که بین سالهای ۱۹۱۰ و ۱۹۱۵ به چاپ رساند، استفاده کرد. معلوم نیست پس از آخرین مطالعات هیبرگ چه بر سر آن آمده است ولی نسخه در سال ۱۹۹۸ در حراجی کریستی در نیویورک از سوی یک مجموعه‌دار خصوصی فرانسوی به فروش گذاشته شد. روز قبل از حراج، دولت یونان و کلیسای یونان شکایتی را علیه حراجی کریستی و برای توقیف آن ارائه کردند. آنان ادعا می‌کردند که کتاب دزدیده شده است. اما شکایت آنان رد شد و کتاب فروخته شد. تحقیقات معلوم کرد که نسخه از ۱۹۶۰ در تملک مجموعه‌دار فرانسوی و از ۱۹۲۰ در اختیار خانواده مجموعه‌دار قرار داشته است.

نسخه از زمان هیبرگ به بعد صدمات زیادی دیده بود. برخی از اوراق مفقود شده بود که مهمترین آنها سه برگ شامل متن ارشمیدس است. این اوراق در سال ۱۹۰۸ که هیبرگ آنها را رونویسی و عکسبرداری کرده، وجود داشته است. تصویر یکی از آنها هنوز هم موجود است.

نسخه خطی ارشمیدس به دلیل رشد کپک و قارچ بر روی آن نیز صدمه دیده است. نسخ خطی قرون وسطی معمولاً با دوام و محکم بوده‌اند. آنها معمولاً از جنس چرم مرغوب بودند. در نسخه ارشمیدسی که هیبرگ عکاسی کرد اثرات کپک و قارچ دیده نمی‌شود، ولی امروزه برخی از اوراق، مورد هجوم کپک و قارچ قرار گرفته است. این شاید یکی از دلایلی باشد که قسمت‌های کاملی از متن امروزه مفقود شده است.

در ابتدای کتاب دعا چهار، تصویر انجیلی طلاکاری شده (احتمالاً برای بالا بردن ارزش کتاب)، به آن افزوده شده است. جان لودن (John Lowden) نشان داده که این تصاویر بعد از سال ۱۹۲۹ و از روی کتابی که در آن سال چاپ شده، کپی برداری شده‌اند.

نسخه خطی ارشمیدس در حراجی کریستی توسط یک مجموعه‌دار آمریکایی ناشناس به قیمت دو میلیون دلار خریداری شد. روز پس از حراجی، ویلیام نوتل،

جمع‌دار بخش نسخ خطی موزه هنر والترز (Walters art museum) در بالتیمور با دلال کتاب تماس گرفت تا از مالک نسخه ارشمیدس درخواست کند، کتاب را برای حفاظت و مرمت و بررسی در اختیار موزه قرار دهد. خوشبختانه این مجموعه‌دار با این امر موافقت کرد و نسخه خطی را به موزه سپرد.

از هشت سال پیش تاکنون در قالب یک طرح تحقیقاتی، مطالعات زیادی بر روی این نسخه خطی انجام شده است. این پوست نوشته شامل ۱۷۴ برگ است که برای تهیه آن، کاتبان از اوراق چندین کتاب استفاده کرده‌اند. اولین و مهمترین آنها، شامل هفت گفتار از ارشمیدس از جمله اندازه‌گیری دایره، خطوط مارییچ، درباره اجسام شناور و روش قضایای مکانیکی است. از «درباره اجسام شناور» هیچ نسخه دیگری به زبان یونانی (زبانی که ارشمیدس به آن می‌نوشت) به دست نیامده و از «روش قضایای مکانیک» نیز اصلاً هیچ نسخه دیگری وجود ندارد. نسخه ارشمیدس احتمالاً به دلیل بزرگ بودن ابعاد اوراقش برای نوشتن کتاب دعا مورد استفاده قرار گرفته است. کتاب دیگری که اوراق آن برای نوشتن کتاب دعا (که امروزه نسخه ارشمیدس نامیده می‌شود) مورد استفاده قرار گرفته، شامل آثاری از Attic Orator Hyperides نویسنده و متفکر یونانی قرن چهارم قبل از میلاد است. پیش از کشف این نسخه، هیپریدیس فقط از طریق قطعاتی از یک پاپیروس و ذکر آثار او توسط دیگر نویسندگان شناخته شده بود. در کتاب دعا، ۱۰ صفحه از متن هیپریدیس وجود دارد.

شش برگ دیگر از نسخه، از یک متن فلسفی است که هنوز به طور کامل شناسایی نشده است. چهاربرگ از یک عبادت نامه و ۱۲ صفحه دیگر از کتاب‌هایی است که هنوز باید بررسی شوند.

اوراق این نسخ برای نوشتن کتاب دعا مورد استفاده قرار گرفته است. نوشته‌های اصلی این اوراق همه محو و پاک شده است. به این عمل Palimpsest می‌گویند. واژه Palimpsest از واژه یونانی palimpsestos می‌آید که به معنی کاغذ یا نسخه‌ای است که پس از محو کردن نوشته‌های اولیه، دوباره بر روی آن می‌نویسند.

نسخه‌های خطی قرون وسطی از پوست ساخته شده که این قابلیت را دارد که می‌توان به وسیله یک چاقو، متن نوشته شده بر روی آن را تراشید و متن جدیدی بر روی آن نوشت. نسخ خطی قرون وسطی مانند یک روزنامه ساخته شده است، یعنی هر برگ رویی به یک برگ پشتی متصل است. برای تهیه نسخه ارشمیدس، برگها را باز

کرده، از وسط بریده‌اند و با قرار دادن آنها بر روی هم و دوختن از وسط، کتاب تازه‌ای تهیه کرده‌اند.

هنگامی که نسخه خطی ارشمیدس را باز می‌کنید، یک متن ریاضی یا خطابه‌ای به زبان یونانی در آن دیده نمی‌شود بلکه فقط یک کتاب دعاست که به زحمت در برخی صفحات، تصویر محوی از یک زاویه یا یک دایره در آن آشکار می‌شود.

برای مستندسازی و آشکار کردن خطوط پنهان، یک دوره کامل تصاویر دیجیتالی از این نسخه تهیه شد. برای خواندن خطوط محو شده به نوعی تصویربرداری پیشرفته نیاز بود. بسیاری از دانشمندان و کارشناسان تصویربرداری، پیشنهاد تهیه تصویر با استفاده از روشهای مختلف از جمله عکسبرداری در زیر میکروسکوپ کانفوکال، تصویربرداری تشدید مغناطیسی و تصویربرداری با طیفهای مختلف پرتوهای الکترومغناطیسی (multispectral) را دادند. بدین منظور ۵ برگ از نسخه در نظر گرفته شد و با استفاده از این روشها تصاویری تهیه شد.

بهترین تصاویر با استفاده از تصویربرداری چند طیفی (multispectral) که نوعی تصویربرداری دیجیتالی است تهیه شد. در این روش چندین تصویر از یک محدوده به وسیله پرتوهای نوری با طول موجهای مختلف تهیه می‌شود که بر روی هم قرار گرفته و با استفاده از نرم افزارهای مناسب پردازش می‌شود. با تهیه چنین تصویری از نسخه ارشمیدس، نوشته‌های کتاب دعا و نوشته‌های اثر ارشمیدس در زیر و روی هم آشکار شد. البته دانشمندان از این تصاویر راضی نبودند؛ زیرا این تصاویر با اینکه به دقت تهیه شده و هیچگونه لرزش و خطایی در ابزارها وجود نداشت، محو بودند. دلیل محو بودن تصاویر این است که برای تهیه آنها با پرتوهای نوری با طول موجهای مختلف، از فیلترهای متفاوتی در جلوی دوربین استفاده شده بود که متأسفانه این امر، ابعاد تصاویر را تغییر داده بود و هنگامیکه یک تصویر با تصویر دیگری ترکیب می‌شد، همپوشانی آنها کامل نبود. چنین مشکلی در هنگام تهیه تصویر از جزئیات به وجود می‌آید. حد تفکیک تصاویر نیز حدود ۳۰۰ dpi بود که به نظر محققین کافی نبوده است؛ زیرا در هنگام بزرگ کردن تصاویر برای خواندن و بررسی دقیق‌تر آنها، وضوح تصویر کاهش می‌یافت. امکان تصویربرداری بهتر با این روش نیز وجود نداشت.

سال گذشته مسئولان موزه و مجری طرح بررسی نسخه ارشمیدس، از روش تصویربرداری اشعه ایکس برای آشکارسازی بهتر نوشته‌های محو شده استفاده کردند.

بدین منظور از دستگاه تولید پرتوهای ایکس شتاب‌دهنده سینکروترون دانشگاه استنفورد استفاده شد. در این آزمایشگاه تاکنون با استفاده از پرتوهای تولیدشده از سینکروترون تصاویر بسیاری از مواد گوناگون از جمله پروتئین‌ها و آرایش اتمها در آلاینده‌های شیمیایی و موادی از این نوع تهیه شده است. اکنون از این پرتوها برای گشودن رازهای پنهان یک پوست‌نوشته هزار ساله، بدون آسیب رساندن به این نسخه ارزشمند استفاده شده است.

پرتوهای سینکروترون هنگامی ایجاد می‌شود که الکترونیایی که با سرعت نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کنند در مسیری منحنی شتاب گیرند. این پرتوها ابزاری بسیار قدرتمند هستند که می‌توان از آنها برای آشکارسازی غلظت‌های بسیار کم فلزات و دیگر عناصر استفاده کرد. دانشمندان از تصویربرداری اشعه ایکس تولید شده با دستگاه سینکروترون برای آشکارسازی ذرات رنگدانه‌های آهن باقیمانده در اوراق پوستی نسخه خطی ارشمیدس، که مرکب نوشته‌های اصلی آن در قرن سیزدهم میلادی توسط یک راهب تراشیده و محو شده است، استفاده کردند. چندین صفحه از این نسخه با نقاشی‌های طلاکاری شده و لکه‌های متعدد پوشیده شده است به گونه‌ای که فقط پرتوهای ایکس از آنها رد می‌شود. پرتو ایکس تولید شده از سینکروترون از اوراق می‌گذرد و باعث می‌شود تا ذرات آهن نورافشانی کنند.

یک قاب مخصوص، برگی از نسخه خطی را در جلوی پرتو نگه داشته و آن را به آرامی در جلوی پرتو حرکت می‌دهد، درست مانند اینکه کتاب به وسیله یک چشم خوانده می‌شود. پرتو سینکروترون که به نازکی یک مو است فقط به مدت چند میلی ثانیه به پوست برخورد می‌کند تا از آسیب به الیاف نسخه جلوگیری شود.

پرتو ایکس دارای انرژی است. جذب این انرژی توسط برخی مواد می‌تواند باعث درخشش آنها شود. یک اتم آهن دارای ۲۶ الکترون است که در مدارهای معینی دور هسته اتم می‌چرخند. اشعه ایکس اگر دارای انرژی $7/1$ کیلو الکترون ولت باشد، می‌تواند یک الکترون از نزدیکترین لایه به هسته اتم را از جای خود کنده و از اتم به بیرون پرتاب کند. اما بلافاصله از مدارهای دیگر، الکترونیایی که دارای انرژی بالاتر هستند جای این الکترون را پر می‌کنند و با جایگزینی این الکترونها اشعه ایکس فلورسانس تولید می‌شود که به وسیله یک دستگاه مخصوص می‌توان آن را آشکار ساخت. به این ترتیب دستگاه آشکارساز، نقطه به نقطه ذرات آهن را ردیابی و آشکار

کرد. محققین، تصویر تولید شده را در کامپیوتر و با استفاده از نرم افزارهای مخصوص پردازش کردند و توانستند حروف یونانی باستان را شناسایی کنند. با کمک اطلاعات به دست آمده، پروفیسور رویل نتز (Reviel Netz) استاد فلسفه کلاسیک، متن «درباره اجسام شناور» را برای نخستین بار به زبان اصلی یعنی یونانی رمزگشایی نمود. همین تصاویر هویت راهبی را که متن ارشمیدس را از روی پوست پاک کرده، آشکار ساخت. نام او یوهانس میروناس (Johannes Myronas) بود که در تاریخ ۱۴ آوریل ۱۲۲۹ میلادی تحریر این نسخه را در اورشلیم به پایان رساند. ویلیام نوئل از موزه هنر والترز امیدوار است که با کمک این روش تصویربرداری باز هم اطلاعات بیشتری از نسخه به دست آورند.

در طی یازده روز، از ۲۸ جولای تا ۷ آگوست ۲۰۰۶، تیمی از کارشناسان اشعه ایکس، دانشمندان، مرمتگران نسخ خطی و محققین ریاضیات باستان در استانفورد گرد هم آمدند تا در هنگام اسکن کردن نسخه خطی با استفاده از پرتوهای ایکس، به دقت نسخه را بررسی کنند. آنان به ویژه به بررسی صفحاتی پرداختند که در قرن بیستم برای بالا بردن ارزش نسخه، نقاشی‌های طلاکاری در آنها جعل شده است. آنان همچنین بررسی دقیق‌تر و خواندن متن ناخوانای «روش قضایای مکانیکی» را در برنامه کاری خود دارند.

اطلاعات بیشتر در سایتهای:

<http://www.exploratorium.edu/archimedes>

<http://www.archimedespalimpsest.org> <http://www-ssrl.slac.stanford.edu/>

<http://newsphotos.stanford.edu/>

<http://today.slac.stanford.edu/feature/archimedes.asp>

<http://newsservice.stanford.edu/news/2005/may25/archimedes-052505.html>

<http://www.stanfordalumni.org/news/magazine/2007/sep/oct/features/archimedes.html>

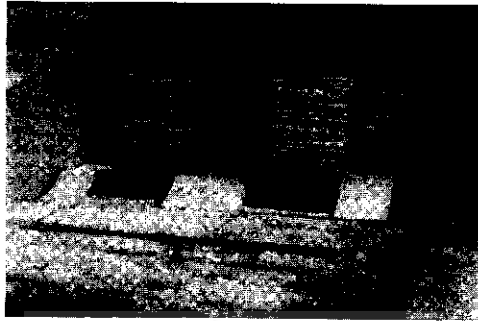
<http://archimedes.hawaii.edu/International.htm>



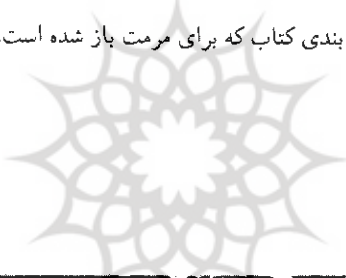
۱. سمت چپ: متن فعلی نسخه
سمت راست: متن اصلی که محو شده بود.



۲. سمت چپ: متن فعلی نسخه
سمت راست: متن اصلی که یک شکل هندسی به خوبی در آن دیده می شود.



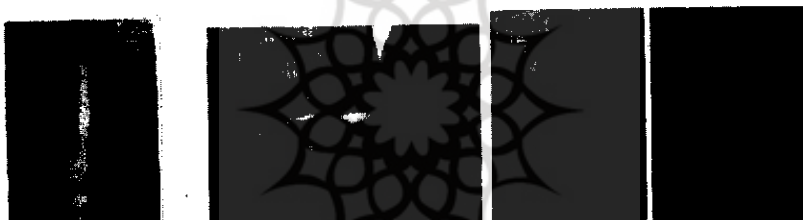
۳. شیرازه بندی کتاب که برای مرمت باز شده است.



۴. به وضوح می توان دو نوع چسب را که برای چسباندن و مرمت اوراق استفاده شده مشاهده کرد. در قسمت پایین که تیره تر است نوع چسب سنتی برای استحکام بخشی استفاده شده که برداشتن آن نسبتاً راحت است. در قسمت بالا که سفیدتر است از پلی وینیل استات برای استحکام بخشی استفاده شده است. این ماده پس از جنگ دوم جهانی مرسوم شد و برداشتن آن نسبتاً مشکل است.



۵. مرمتگر انستیتو کانادایی حفاظت در حال مرمت یکی از اوراق صدمه دیده نسخه خطی

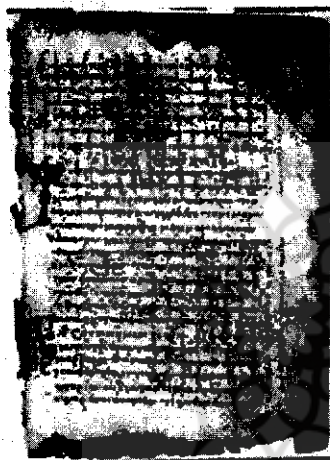


۶. از چپ به راست: یک برگ آسیب دیده، در حین مرمت، پس از مرمت، در زیر نور فرابنفش. با بررسی در زیر نور فرابنفش معلوم شد که متن ارشمیدس به صورت عمودی در زیر متن فعلی نسخه قرار دارد.



۷. از چپ به راست: چگونگی استفاده از اوراق نسخه ارشمیدس برای تهیه کتاب دعا

۸. صومعه سنت سباس
در کرانه باختری اورشلیم



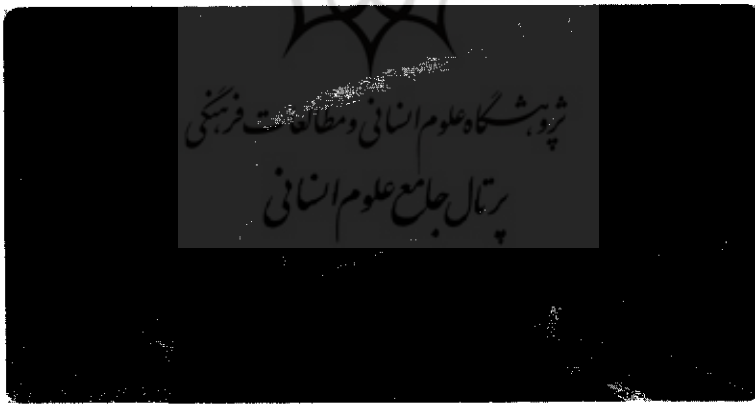
۹. تصاویری که هیرگ در اوایل قرن
بیستم از نسخه تهیه کرد.



۱۰. نقاشی های طلاکاری که در اوایل قرن بیستم به کتاب افزوده شده است.

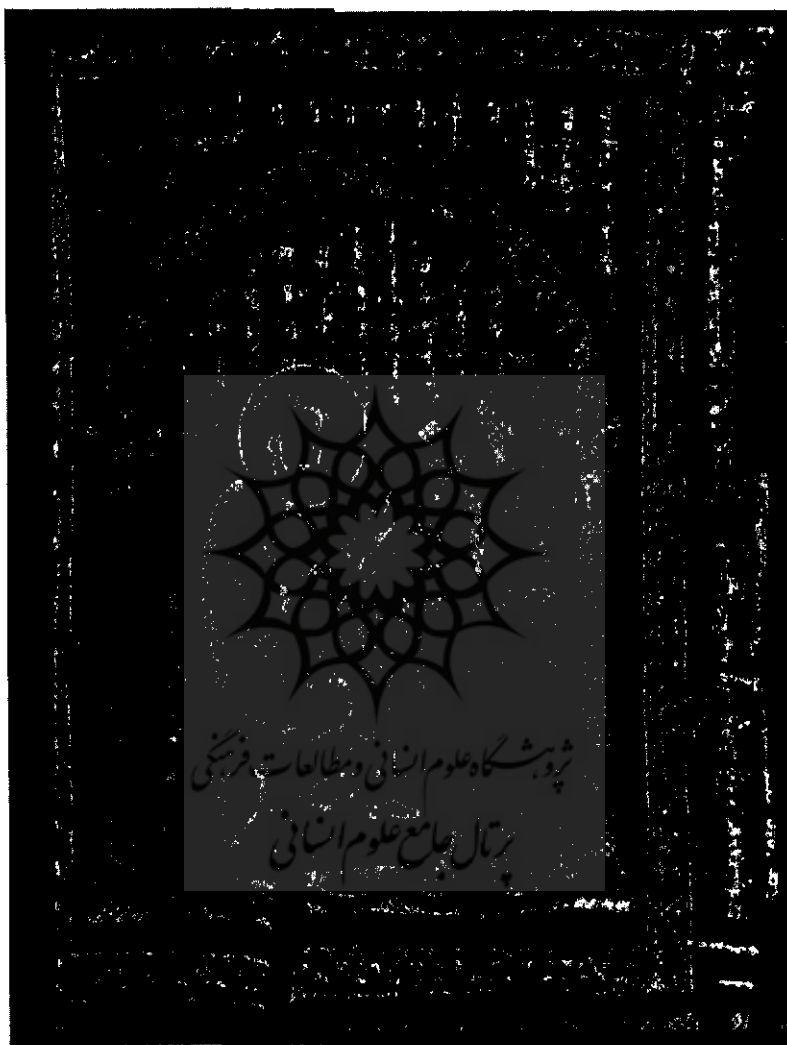


۱۱. تصویری از غارت قسطنطنیه



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 فصلنامه علمی علوم انسانی

۱۲. یک برگ از نسخه خطی که با استفاده از پرتوهای ایکس تولید شده از سینکروترون استنفورد از آن تصویربرداری می شود.



۱۳. تصویر اشعه ایکس از یکی از نقاشی‌های افزوده شده به نسخه. در زیر نقاشی خطوط نوشته ارشمیدس به وضوح معلوم است.



پروہش گاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی
پرتال جامع علوم انسانی