

The Pictorial Tradition of Engineering Structures in Islamic Civilization and Art

Maryam Kamyar*

Zohreh Asadi**

Abstract

In the first centuries of Islamic civilization in Iran, inventions were made in the field of engineering structures that recorded technological information with written and visual details. In the book "Al-Jama'i Bin Al-Ilam wa Al-Amal Al-Nafi fi Sanaa' Al-Hayl" written by "Jezri" (٢٨٩), several devices with modern mechanisms (technology) have been introduced. This book is a comprehensive theoretical and practical book and the devices presented in this book were different in terms of appearance and performance. Today, its pictorial instructions include a part of the pictorial tradition of Iran. The necessity and application of such research is familiarity with the past scientific and artistic background of Islamic art and civilization of Iran, and knowledge of the tradition of scientific illustration shows the use of art and how it was used in the early years of Islam in Iran. This research is a basic descriptive research with cross-sectional comparative method. In this study, an attempt has been made to evaluate the beginning of the tradition of scientific illustration and transfer of knowledge through images, with the description and presentation of devices, and to identify and explain the characteristics of Iranian painting art in the scientific illustrations of the Book of Jezree. It is concluded that paintings, in addition to their artistic value, are valuable images that have succeeded in presenting and recognizing the mechanical devices of their era by observing the traditional features of Iranian art.

Keywords: pictorial tradition of engineering structures, Islamic art and civilization, Iranian school, Al-Jazari.

* Assistant Professor of Interdisciplinary studies, Institute for Humanities and Cultural Studies (Corresponding Author), M.kamyar@ihcs.ac.i

** Master's degree, Art Research, Faculty of Art, Shiraz University asadizohreh@gmail.com

Date received: 01/06/2024, Date of acceptance: 22/08/2024



سنت تصویری سازه‌های مهندسی در تمدن و هنر اسلامی

مریم کامیار*

زهره اسدی**

چکیده

سده‌های نخست تمدن اسلامی در ایران، اختراعاتی در عرصه‌ی سازه‌های مهندسی انجام شده که با جزئیات نوشتاری و تصویری، اطلاعات تکنولوژی را ثبت کرده‌اند. در کتاب «الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعه الحیل» نوشته‌ی «جزری» (۶۰۰ ق)، چندین دستگاه با سازوکار (تکنولوژی) روز معرفی شده است. این کتاب، یک کتاب جامع نظری و عملی می‌باشد و دستگاه‌های ارائه شده در این کتاب از لحاظ ظاهر و کارایی متفاوت بودند. امروزه دستورالعمل‌های تصویری آن، بخشی از سنت تصویری ایران را شامل می‌شود. ضرورت و کاربرد چنین تحقیقاتی، آشنایی با پیشینه‌ی علمی و هنری گذشته‌ی هنر و تمدن اسلامی ایران است و شناخت سنت تصویرسازی علمی، استفاده از هنر و چگونگی آن را در سال‌های اولیه اسلامی در ایران نشان می‌دهد. این پژوهش یک تحقیق توصیفی بنیادی، به‌روش تطبیقی عرضی است. در این مطالعه تلاش شده است آغاز سنت مصورسازی علمی و انتقال دانش توسط تصویر، با شرح و ارائه‌ی دستگاه‌ها، ارزیابی شود و شاخصه‌های هنر نقاشی ایران در تصاویر علمی کتاب جزری شناسایی و تبیین شود. نتیجه گرفته می‌شود که نگاره‌ها، علاوه بر ارزش هنری، تصاویر ارزشمندی هستند که با رعایت شاخصه‌های سنتی هنر ایران در ارائه و شناخت وسایل مکانیکی عصر خود موفق بوده‌اند.

کلیدواژه‌ها: سنت تصویری سازه‌های مهندسی، هنر و تمدن اسلامی، مکتب ایران، الجزری، هندسه ایرانی.

* استادیار، مطالعات میان‌رشته‌ای، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، پژوهش هنر (نویسنده مسئول)،

M.kamyar@ihcs.ac.ir

** کارشناسی ارشد، پژوهش هنر، دانشکده هنر، دانشگاه شیراز، asadizohreh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۱



۱. مقدمه

دانشمندان و مهندسان دوره‌ی اولیه‌ی تمدن اسلامی ایران سهم قابل توجهی در پیشرفت‌های مهندسی داشته‌اند. بسیاری از دستاوردهای آن‌ها در عرصه‌های مختلف ناشناخته مانده است. اسنادی که باقی مانده و در دسترس است محدود و باارزش است. احیای تاریخ فناوری تمدن اسلامی منجر به معرفی کتاب‌های "الحیل بنی موسی" قرن ۳ ه.ق، "الحیل جزری" قرن ۶ ه.ق و کتاب "الطرق السنیة فی آلات الروحانیة از محمد بن معروف تقی‌الدین راصد" متعلق به قرن ۱۰ ه.ق شد. این دانشمندان توجه خود را صرف کاربردهای عملی کتاب خود کرده و سعی نموده‌اند با استفاده از تصویر سازه‌های مهندسی، در کنار متن فنی، مفاهیم پیچیده‌ی مهندسی را بازگو نمایند. در این میان کتاب الحیل جزری نمونه‌ی موفق و کاملی از این روش ارائه داده است.

"بدیع‌الزمان ابوالعز بن اسماعیل بن رزاز جزری" مهندس مکانیک قرن ۶ ه.ق، ساکن شهر آمد در شمال بین‌النهرین بود. وی کتاب خود به نام "الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعه الحیل" (Al-Jami Bain Al-Elm va Al-Amal Al-Al-Nafi Fi Sannnt Al-Hiyal) را در سال ۶۰۲ ه.ق به فرمان حاکم وقت "دیاربکر" از سلسله‌ی اَرْتُقِیان، به زبان عربی تألیف کرده. این کتاب در فارسی با عنوان "مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی" ترجمه شده است. محتوای این کتاب؛ "اسباب الحیل" یا همان ابزارهای مکانیکی است و «از علوم کاربردی رایج در دوره‌ی اسلامی {است} که با طراحی، ساخت، کارکرد و کاربرد ابزارها و دستگاه‌های مکانیکی سروکار داشت» (دانشنامه‌ی جهان اسلام، ۱۳۸۹: ج ۱۴/۵۴۳). جزری به‌عنوان پدر علم مهندسی رباتیک جهان شناخته می‌شود و به او لقب "رئیس مهندسان" را داده بودند.

وی در کتاب خود ۵۰ دستگاه را در ۶ فصل معرفی می‌کند. برای هر دستگاه تصویری رسم نموده و آن را با کمک حروف علامتگذاری کرده و به‌طور مفصل در مورد دستگاه شرح و بسط داده است. نحوه‌ی بازنمایی اختراعات مکانیکی با کمک تصویرگری با جزئیات و دقت فراوان صورت پذیرفته است و تصویرگری کاملاً وابسته و در خدمت متن می‌باشد. با وجود نسخه‌های متعدد این کتاب - که نشان از اهمیت آن دارد - نکته‌ی قابل توجه این است که در تمام نسخ، سعی بر امانتداری کامل متن و تصویر بر اساس اصول اولیه‌ی نگارش کتاب شده و تصویرسازی هر نسخه، شاخصه‌های مکتب هنری دوره‌ی خود را به نمایش می‌گذارد. «جزری با نوشتن این کتاب، سنت قدیم تصویرسازی کتاب‌های علمی را جاودانه ساخت» (عکاشه، ۱۳۸۰: ۳۱۴). او در مقدمه کتاب تصریح کرده تنها با آزمون می‌توان در مورد راستی و درستی

یک دستگاه قضاوت کرد و علم باید قابل مشاهده و تجربه باشد. بنابراین با توضیحات کامل در کنار تصاویر و با ارائه جزئیات، یک نقشه‌ی راه عملی برای مخاطب گذاشته است. شیوه‌ی تصویرسازی سازه‌های مکانیکی در این کتاب، در نوع کتاب‌های فنی مهندسی بی‌تکرار می‌باشد. از اولین کتاب‌های علم الحیل، کتاب متعلق به "احمد بنوموسی" را می‌توان نام برد که حاوی تصاویری با طراحی ساده، خطی، بدون رنگ و تزئین، و فاقد عمق‌نمایی است. بنوموسی در کتاب فنی خود، هیچ‌گونه اشاره‌ای به بحث ساخت و زیبایی‌شناسی دستگاه‌های خود نکرده و حتی در مورد ساخت و عملکرد دستگاه، توضیحات مختصری ارائه داده و با یک رسامی بسیار ساده و جزئی‌مطلب خود را به پایان رسانده است. هیچ‌کدام از تصاویر کتاب الحیل بنوموسی، مستقلاً صفحه‌ای را به خود اختصاص نداده‌اند و به‌طور مجزا از متن و به‌عنوان یک اثر هنری، فاقد ارزش می‌باشند. همین اشاره‌ی کوتاه به یکی از اولین کتاب‌های مهندسی، گویای تفاوتی فاحش با اثر جزری می‌باشد. باید گفت جزری طراح مهندسی است که هنر را به حیطه‌ی مهندسی و فنی وارد کرده و سازه‌ای فنی اما زیبا با عملکردی فنی جهت ارائه به دربار خلق کرده است. بنابراین بدیهی است که کتاب مهندسی جزری، یک پیشینه‌ی غنی فنی - زیبایی‌شناسی از تمدن اسلامی به حساب می‌آید.

سلیم الحسنی^۱ (Salim T. S. Al-Hassani) در مقاله‌های متعدد به معرفی جزری پرداخته است و خاطرنشان شده که سازه‌های مهندسی جزری و رساله‌ی فنی وی، در دسته‌ای از فناوری‌ها قرار می‌گیرند که علاوه بر ایجاد شگفتی و لذت زیبایی‌شناختی، کارکردی سودمند دارد. با این تعاریف و مطالعه‌ی دستگاه‌های جزری می‌توان یک سازه‌ی مهندسی تزئینی زیبا را مشاهده کرد که نشان از عملکرد و تصویر زیبای آن است.

۲. پیشینه تحقیق و چارچوب نظری

در بخش پیشینه تحقیق دو دیدگاه متفاوت از این موضوع دیده می‌شود. تحلیل‌های محتوایی (کارکرد مکانیکی) و تحلیل‌های هنری.

جدول ۱-۱. پیشینه تحقیق (کتاب‌های فنی)

کتاب‌های فنی	
م ۱۸۹۱	"Notice sur deux manuscrits arabes" کتابی است که "کاراده و" (Carra de Vaux) در پژوهش‌های علمی تمدن اسلامی، درباره مکانیک در اسلام تألیف کرده است. وی پیش از دیگران نظر پژوهشگران را به کتاب الجزری جلب کرده، و در مورد وی و دستگاه‌های مکانیکی کتاب الحیل توضیح داده است.
م ۱۹۱۵	از اولین تألیفات در مورد جزری و آثارش، در بحث تکنولوژی اسلامی، باید از "ایلهارد ویدمان" (Eilhard Wiedemann) و "فریتز هاورز" (Fritz) یاد کرد. انواع شش‌گانه دستگاه‌های الجزری در هفت مقاله به زبان آلمانی منتشر کردند. آن‌ها در همه موارد، مقید به ترجمه کامل نبوده و در متن دخل و تصرف کرده و با توجه به برداشت خود از اختراعات مکانیکی الجزری، آن را شرح داده‌اند. در بیشتر موارد شکل‌های اصلی دوباره دقیق رسم شده‌اند و توضیحات فنی و کلمات نامعمول به آلمانی ترجمه و شرح داده شده است.
م ۱۹۳۱	با توجه به اهمیت الجزری و کتاب الحیل وی، "جورج سارتن" در مقدمه کتاب خود با عنوان "مقدمه بر تاریخ علم" درباره خود الجزری صحبت کرده است.
م ۱۹۷۴	اولین ترجمه کتاب الجزری به زبان انگلیسی توسط "دونالد هیل" در یک جلد، انجام گرفته است که در مقدمه آن شرحی در مورد الجزری و تکنولوژی اسلامی آورده و یادداشت‌ها و شکل‌هایی به متن افزوده و محتویات کتاب را با تکیه بر نسخه خطی آکسفورد تشریح و تحلیل کرده است.
م ۱۹۷۷	"ماجد عبدالله شمس" کتاب "مقدمه لعلم المیکانیک فی الحضاره العربیه" را که کتابی است درباره علم مکانیک در تمدن عربی تألیف کرد و نوع اول از انواع دستگاه‌های شش‌گانه الجزری را که مربوط به ساعت‌هاست، به روش تصویربرداری افست از نسخه خطی توپگاپی، احمد سوم ۳۴۷۲ تهیه کرد و در آن جای داد.
م ۱۹۹۲	کتاب "تاریخ مصور تکنولوژی" نوشته "هیل و یوسف‌الحسن" کتابی است که ظهور و پیشرفت علم و تکنولوژی را در دوره تمدن اسلامی بررسی می‌کند. در این کتاب چندین دستگاه مکانیکی جزری شرح داده شده و با هم‌نمایان خود در دوره‌های بعدی مقایسه شده است. ۱
ش ۱۳۸۰	کتاب "مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی"، ترجمه و تحشیه "محمد جواد ناطق" و دیگران، با سه مقدمه ناطق (Nategh)، هیل (Donald Hill) و یوسف‌الحسن (Y. al-Hassan) توسط مرکز نشر دانشگاهی تهران منتشر شد. این کتاب که متن کامل کتاب "الجامع بین العلم والعمل النافع فی صناعه الحیل" جزری را به‌همراه دارد، تنها ۱۴ نگاره از ۵۰ نگاره کتاب جزری را در انتهای کتاب به‌صورت تمام رنگی در یک صفحه کامل و مجزا آورده و در بین متن از تصاویر خطی شده ۲ الی ۳ نسخه متفاوت استفاده کرده است.

سنت تصویری سازه‌های مهندسی در تمدن و هنر اسلامی (مریم کامیار و زهره اسدی) ۱۶۳

جدول ۱-۲. پیشینه تحقیق (مقالات فنی)

مقالات فنی	
۱۳۷۴ ش	"نقدی بر ترجمه فارسی کتاب الحیل بدیع الزمان جزری" مقاله‌ای است که "حسن طارمی راد" در نقد ترجمه کتاب جزری توسط ناطق و همکارانش تألیف کرده است.
۱۳۸۱ ش	"علی معصومی" در مقاله "سندی کهن در تاریخ فناوری تمدن اسلامی" به شرح کتاب جزری و اهمیت آن در تاریخ فناوری و تکنولوژی اسلامی می‌پردازد.
۱۳۸۶ ش	"استادانه‌ترین اثر در علم الحیل" مقاله‌ای است که "غلامحسین دانشی" در باب کتاب حیل جزری نگاشته و ضمن معرفی علم الحیل، جزری و دستگاه‌هایش، آن را یکی از بهترین آثار در حیطه علم الحیل معرفی می‌کند.

جدول ۱-۳. پیشینه تحقیق (کتاب‌های هنری)

کتاب‌های هنری	
۱۹۲۱ م	"ثروت عکاشه" در کتاب "نگارگری اسلامی" در چندین قسمت، از کتاب حیل جزری نام برده و در فصل "همگرایی فرهنگ‌ها در نگارگری عربی" توضیح مختصری در باب خود جزری و تصاویر آن ارائه می‌دهد.
۱۹۲۴ م	از لحاظ بررسی‌های هنری، تنها کار مهمی که درباره نگاره‌های کتاب الجزری صورت گرفته است مطالب نوشته شده "کوماراسوامی" (Coomaraswamy) درباره تصاویر جدا شده از نسخه خطی ایاصوفیه ۳۶۰۶ است که از دیدگاه تاریخ هنر مورد بررسی قرار گرفته است. این کتاب برای مطالعه و بررسی، در دسترس نمی‌باشد.
۱۳۷۵ ش	در کتاب "تاریخ نگارگری در ایران" نوشته "سیدعبدالمجید شریف‌زاده" بعد از بررسی نگارگری پیش از اسلام، به مکاتب مختلف هنری می‌پردازد و در بخش "مکتب بغداد" از کتاب جزری به‌عنوان نمونه تصویری این مکتب یاد می‌کند.
۱۳۸۴ ش	"تاریخ نقاشی ایران: از آغاز تا عصر حاضر" نوشته "مرتضی گودرزی" کتاب جزری را از آثار مکتوب مکتب بغداد ذکر می‌کند.
۱۳۹۲ ش	کتاب "الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعه الحیل: نسخه برگردان بر اساس نسخه خطی کتابخانه برلین و به انضمام نسخه پاریس شماره ۲۴۷۷"، به صورت عکس رنگی، به کوشش "یوسف بیگ‌باباپور" و با مقدمه "حسین تولایی خوانساری" از "مجموعه تاریخ علم، فرهنگ و تمدن دوره اسلامی" منتشر شده است. بنا به نوشته باباپور در مقدمه این کتاب با توجه به لزوم تحقیق در تصویرشناسی مکانیک دوره اسلامی، لازم است اکثر نسخ کهن این گونه آثار منتشر شود، تا یک سلسله آثار مصور در بررسی‌های مقایسه‌ای و تصویرشناسی در دست باشد.

۳. معرفی نگاره‌های کتاب الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعه الحیل

۱.۳ دستگاه‌های انتقال آب جزری

با وجود وسعت منطقه‌ی جغرافیایی جهان اسلام، انتظار می‌رود تاریخ مهندسی در میراث اسلامی، به ویژه آنچه که مربوط به کشاورزی است، بسیار غنی باشد. با این حال، علی‌رغم تلاش‌های دقیقی که در این زمینه صرف شده است، اطلاعات بسیار محدودی در دسترس می‌باشد. تحقیقات فراوانی در محدوده‌ی مهندسی صورت پذیرفته است لیکن در حوزه‌ی فناوری اسلامی فضای مطالعاتی گسترده و ناشناخته‌ی بسیاری وجود دارد. بی‌شک شناخت و پیشرفت در زمینه‌های مختلف با کمک دانش و میراث ماندگار گذشتگان، باعث حفظ هویت علمی، فرهنگی و هنری شده و استقلال و فردیت یک تمدن را به‌دنبال خواهد داشت.

با توجه به وضعیت جغرافیایی اکثر کشورهای اسلامی که در مناطقی خشک، بیابانی و کم‌آب هستند، تأمین و فراهم ساختن آب از منابع مختلف برای آبیاری، آشامیدن و دیگر مصارف صنعتی و خانگی همواره یکی از مسائل حیاتی بوده است. (یوسف‌حسن، ۱۳۷۵:

۵۳)

یافتن راه‌هایی برای تأمین آب از منابع مختلف:

منجر به توسعه‌ی دستگاه‌های مختلف بالا بردن آب شد. متعاقباً، این سؤال که از کدام دستگاه بالابر آب می‌توان استفاده کرد، تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند ماهیت منبع آب، ارتفاع بالابر، نوع مصالح ساختمانی موجود و مقدار آب مورد نیاز قرار می‌گیرد.

با توجه به اهمیت موارد ذکر شده، جزری در کتاب خود در فصل یا نوع پنجم، به معرفی پنج پمپ یا دستگاه که آب را از آبگیر، چاه کم عمق و رود جاری بالا می‌آورند، و در اصطلاح دستگاه‌های مخصوص بالا کشیدن آب یا انتقال آب هستند می‌پردازد. این دستگاه‌ها مورد توجه و بررسی این پژوهش می‌باشند. پنج نگاره متعلق به نسخه‌ی خطی توپگاپی احمد سوم - ۳۴۷۲، از فصل پنجم کتاب الحیل، از مجموع نگاره‌های آن انتخاب شده است. این نسخه کامل‌ترین نسخه‌ی موجود و هم‌چنین نزدیک‌ترین نسخه به زمان تألیف است و بنا بر شواهدی اولین نسخه بعد از نسخه‌ی اصلی می‌باشد که هم‌اکنون در کتابخانه‌ی قصر توپگاپی استانبول نگهداری می‌شود (ناطق، ۱۳۸۰: ۴۵۴). داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته، تصاویر و اطلاعات، مورد تحلیل قرار گرفت. پنج نگاره‌ی ابزار بالا کشیدن آب کتاب الحیل بر اساس روش کتاب "تجزیه و تحلیل آثار هنرهای تجسمی" نوشته‌ی "چارلز جنسن" (Charles R. Jansen) و بر

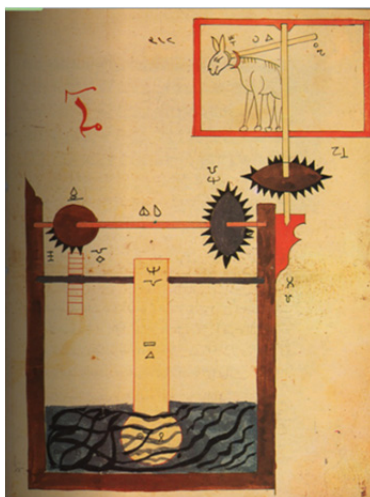
سنت تصویری سازه‌های مهندسی در تمدن و هنر اسلامی (مریم کامیار و زهره اسدی) ۱۶۵

اساس قسمت‌هایی از نموداری که وی طراحی کرده است مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. جنسن اثر هنری را از جنبه‌های مختلفی بررسی کرده است.

۱.۱.۳ دستگاه اول از نوع پنجم

توصیف و عملکرد دستگاه: روی یک آبگیر، دو پایه با دو محور افقی که بر روی آن‌ها نصب شده است گنجانده‌اند. چرخ‌های دو حلقه و ملاقه‌ی چوبی دارد و وقتی ملاقه‌ی پر از آب از آبگیر بالا بیاید، آب از انتهای ملاقه به درون یک مجرای آبیاری جاری می‌شود.

وقتی حیوان بازو را می‌چرخاند، بازو چرخ متصل به خودش و در نتیجه‌ی آن چرخ‌های دیگر به چرخش در می‌آید و کفه‌ی ملاقه‌ی پر آب، بالاتر از سطح افق قرار گرفته و آب از انتهای آن جاری می‌شود. تا حیوان می‌چرخد این روند نیز ادامه دارد.



تصویر ۱. نگاره دستگاه اول،

<http://ebuliz.com/ebuliz22.swf>

۲.۱.۳ دستگاه دوم از نوع پنجم

و آن دستگاهی است که با استفاده از چهار پایی که آن را می‌چرخاند، آب را از یک آبگیر یا چاه بالا می‌آورد. (تصویر ۲)

توصیف و عملکرد دستگاه: بر روی یک آبگیر کم‌ارتفاع سه پایه نصب شده است. بر روی آن‌ها چرخ‌هایی به شکل پلکان نردبان و چرخ‌های دیگری دیده می‌شود. در انتهای آن ملاقه‌ای

گذاشته‌اند. بین دندان‌های چرخ‌ها یک بازو وصل شده که این بازو به حیوانی متصل است که می‌چرخد و چرخ‌ها را یکی از پس از دیگری می‌چرخاند. این چرخش‌ها سبب می‌شود یکی از ملاقه‌ها به سبب وزنش در آب بیفتد و با چرخش دندان‌ها، ملاقه‌ی دیگری بلند شود و آب را به مجرای مورد نظر بریزد. این ترتیب تا هنگامی که حیوان می‌چرخد ادامه می‌یابد.



تصویر ۲. نگاره دستگاه دوم،

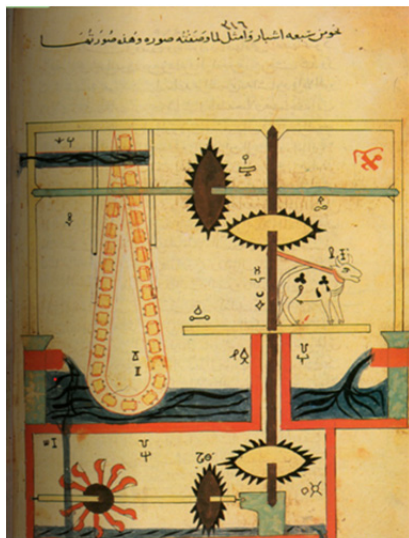
<http://ebuliz.com/ebuliz22.swf>

۳.۱.۳ دستگاه سوم از نوع پنجم

و آن آبیگری است که (ستونی توخالی در وسطش) است و قرصی روی آن ستون قرار دارد و روی قرص مجسمه‌ی گاوی است که [به‌نظر می‌رسد] چرخ‌های را می‌چرخاند و چرخ (آب را از آبیگر) حدود ده و جب بالا می‌آورد و به دو فصل تقسیم می‌شود (تصویر ۳).

توصیف و عملکرد دستگاه: آبیگری که وسط آن ستونی مسی نصب شده است. یک قرص مسی بر بالایش وجود دارد که روی آن یک گاو چوبی می‌چرخد و بازویی متصل به یک محور عمودی را می‌چرخاند. در بالای محور چرخ دندان‌داری است که یک چرخ دیگر را که شامل دو ریسمان با تعدادی کوزه است را می‌چرخاند. دو ریسمان بر پشت چرخ کشیده می‌شود و در آب فرو می‌رود. کوزه‌های پرآب به درون مجرای مخصوصی که تعبیه شده تخلیه می‌شوند و از آن‌جا به مکان مورد نظر جریان می‌یابند.

سنت تصویری سازه‌های مهندسی در تمدن و هنر اسلامی (مریم کامیار و زهره اسدی) ۱۶۷



تصویر ۳. نگاره دستگاه سوم،

<http://ebuliz.com/ebuliz22.swf>

۴.۱.۳ دستگاه چهارم از نوع پنجم

و آن دستگاهی است که آب را از چاه بالا می‌آورد. (تصویر ۴)

توصیف و عملکرد دستگاه: یک چاه که راه‌آبی از بالای آن تا سطح آب کشیده شده است. ابتدای این راه‌آب یا شیار، چرخ دنده‌ای که بر روی یک محور افقی است قرار دارد. یک بازوی عمودی وجود دارد و ملاقه‌ای چوبی که طولش از سطح آب تا ابتدای شکاف می‌رسد. دو چرخ دندانه‌دار وجود دارد که در انتهای بالایی محور یکی از آنها، بازویی را به گردن حیوان متصل کرده است و حیوان بازو را می‌چرخاند. وقتی حیوان بازو را می‌چرخاند، چرخ‌ها یکی پس از دیگری چرخیده و ملاقه در آب فرو می‌رود و بعد از نیم دور کفه‌ی ملاقه از سطح افق بالاتر می‌رود و آب از طریق انتهای آن جاری می‌شود و به سمت مسیر تعیین شده حرکت می‌کند.



تصویر ۴. نگاره دستگاه چهارم،

<http://ebuliz.com/ebuliz22.swf>

۵.۱.۳ دستگاه پنجم از نوع پنجم

و آن دستگاهی است که آب را با استفاده از یک چرخ حدود بیست ذرع از آب روان بالا می‌آورد و به سه فصل تقسیم می‌شود. (تصویر ۵)

توصیف و عملکرد دستگاه: ساختار دستگاه یک صندوق است از چوب توت و بالای آن صفحه‌ای بر انتهای یک محور است. زیر صفحه حلقه‌ای است که محور در آن می‌چرخد. یک بازو و چرخ‌دنده‌هایی که روی محور افقی قرار دارند. چرخ بزرگ می‌چرخد و چرخ کوچکتر را که بر محور آن چرخ‌دنده‌ها و بازویی است را می‌چرخاند. با روند مکانیکی از چرخش و حرکت این چرخ‌دنده‌ها، بازو به راست و چپ می‌گردد تا دور میله کامل شود. آب به درون استوانه وارد می‌شود و با دفع آب به درون لوله‌های تعبیه شده بالا می‌رود.

سنت تصویری سازه‌های مهندسی در تمدن و هنر اسلامی (مریم کامیار و زهره اسدی) ۱۶۹

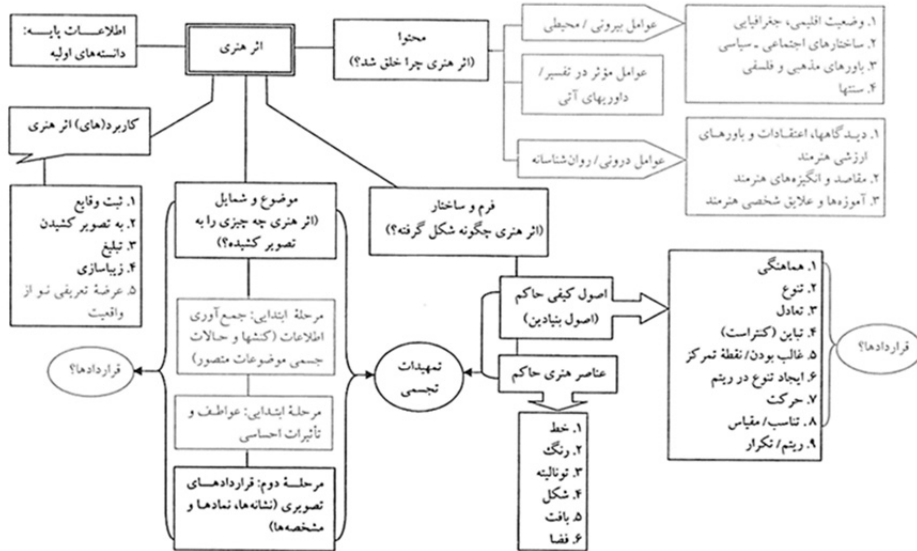


تصویر ۵. نگاره دستگاه پنجم،

<http://ebuliz.com/ebuliz22.swf>

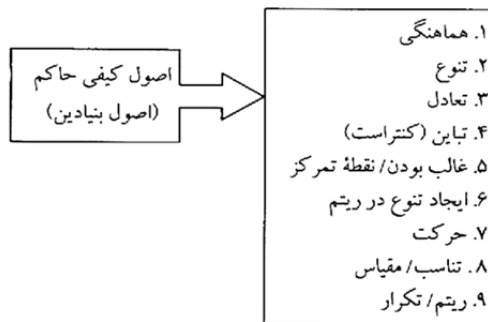
۴. بررسی نگاره‌های نوع پنجم کتاب الحیل

با توجه به نگاره‌های مورد بحث و هم‌چنین جدول جنسن (تصویر ۶)، بخشی از "عناصر هنری حاکم" و "اصول کیفی حاکم" انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت که شامل خط، رنگ، فضا، کتاب‌آرایی، هماهنگی، تنوع و تعادل می‌باشد. (تصویر ۷)



تصویر ۶. نمودار تجزیه و تحلیل چارلز جنسن

(جنسن، ۱۳۸۴: ۱۰)



تصویر ۷. قسمتی از نمودار چارلز جنسن - اصول کیفی حاکم

(جنسن، ۱۳۸۴: ۱۰)

۱.۴ تحلیل عناصر تصویری نگاره‌های دستگاه‌های اول تا پنجم نوع پنجم کتاب جزری

جزری یک صفحه‌ی کامل از کتاب، با ساختاری عمودی را به تصاویر این دستگاه‌ها اختصاص داده است. زاویه‌ی تصاویر دیدی از روبرو به بیننده می‌دهد. نگاره‌ها کاملاً مرتبط با متن هستند و یک واقعیت علمی را ترسیم می‌کنند. در واقع نگاره‌ها به هدف کاربردی خود که تشریح

عملکرد یک سازه‌ی مکانیکی است، دست یافته‌اند. رنگ‌گذاری نگاره‌ها به شیوه‌ی جسمی است و از رنگ‌گذاری تخت استفاده کرده‌اند. رنگ کاغذ رنگ زمینه‌ی نگاره‌ها می‌باشد و برای زمینه‌ی نگاره‌ها رنگ متفاوتی در نظر گرفته نشده است. تصاویر از یک تعادل متقارن برخوردار است و فضای داخلی را به نمایش می‌گذارد.

ساختار نگاره‌ها متشکل از عناصر حیوانی، طبیعی و فنی می‌باشند. تنها در دستگاه پنجم به جای استفاده از عنصر حیوانی، آب را به وسیله‌ی یک چرخ بالا آورده‌اند. عنصر حیوانی به کار رفته، حیوانی چهار پا (الغ و گاو) اما فاقد رنگ است. از رنگ پس‌زمینه با دورگیری مشکی و قهوه‌ای برای نمایش حیوانات استفاده شده و در تصویرسازی پوست گاو از روش لکه‌گذاری‌های رنگی استفاده شده است. در ارائه‌ی حیوان در دستگاه اول و دوم، تصویرگر برای ایجاد پرسپکتیو و بعدنمایی بخشی از بدن حیوان را در پشت یک اهرم پنهان کرده است تا چرخیدن حیوان حول یک محور را نمایش دهد. همین‌طور در نمایش پاهای عقب حیوان سم‌ها را کوچکتر ترسیم کرده تا بر این ژرف‌نمایی (پرسپکتیو) و چرخش، تاکید دوباره‌ای داشته باشد. طراحی خطوط بدن حیوانات نرم، منحنی و بدون جزئیات ترسیم شده است.

آب عنصر طبیعی این نگاره‌ها می‌باشد که به صورت خطوط مواجی روی زمینه دیده می‌شود. عناصر فنی شامل قطعات دستگاه‌ها نظیر آبگیر، چرخ دنده‌ها، ملاقه‌ی چوبی، لوله‌ها، بازوها است.

جزری با نگاه و شرح و بسطی موشکافانه، سازه‌ها را از نظر ابعاد، اندازه، اوزان و جنسیت مصالح و مواد، مورد بررسی دقیق قرار داده و نحوه‌ی قرارگیری و الویت‌های قطعات و کارکرد هر کدام را با دقت بازگو کرده است. در تشریح دستگاه از حروف الفبا بر روی تصویر بهره برده، به صورتی که افراد فاقد تخصص در رشته‌ی مکانیک هم توانایی خوانش متن و تصویر را داشته و امکان ساخت یک نمونه و الگوی دستی را فراهم آورده است.

جزری به زیبایی قطعات و سازه‌ها اهمیت بسیاری داده و بارها در دستگاه‌های مختلف تاکید می‌کند که دستگاه زیبایی را طراحی کرده و به زیبایی به تصویر کشیده است. در دستگاه سوم از فصل پنجم، جزری زیبایی دستگاه را به عنوان یک مزیت معرفی کرده است و با صراحت و روشنی کامل اعلام می‌کند که در این وسیله دو مزیت وجود دارد. خاصیت یا مزیت اول همان کارکردی است که برای دستگاه در نظر گرفته شده که آب را از آبیگری به سطحی بالاتر هدایت کند و مزیت دوم این دستگاه این است که

این [دستگاه] وسیله‌ای زیبا متشکل از چرخ‌های مسی است که به طرز فاخری ساخته شده است و شکل‌هایی زیبا، طرحی قشنگ و ریسمان‌های ظریفی از حریر دارد. کوزه‌ها زیباست و با رنگ‌های مختلف رنگ‌آمیزی شده است و همین‌طور چرخ‌های گاو و قرص (ناطق، ۱۳۸۰: ۴۵۹ و ۴۶۰).

هم‌چنین عنوان می‌کند که آبگیر قشنگ و مربع شکل ساخته می‌شود و صفحه‌ی کف آن از جنس مس و دیواره‌هایش از سنگ مرمر رخام است. حیوان چهارپا را گاوی زیبا از چوب توخالی معرفی می‌کند که تا حد ممکن سبک ساخته شده است. جزئی بعد از شرح کامل دستگاه اضافه می‌کند:

چرخ‌ها و محورها و کوزه‌ها و مجاری آب و همه‌ی آنچه از مس و غیر آن ساخته شده است با مواد رنگی که با روغن بذر کتان خالص مخلوط می‌شود و با سنگ‌های آسیاب دستی «صلا یا» کوبیده و نرم می‌شود رنگ‌آمیزی می‌شود و بنابراین آب مگر در زمانی طولانی در آن‌ها تاثیر ندارد و تغییرشان نمی‌دهد (همان: ۴۶۴).

بنابراین می‌توان تاکید و دقت جزئی را در ساخت یک سازه‌ی فنی زیبا دید.

۵. اصول کیفی حاکم (اصول بنیادین)

هماهنگی: در نگاه کلی به تمام پنج نگاره‌ی سازه‌های انتقال آب در این کتاب می‌توان گفت که تمامی آن‌ها از یک شیوه، یک فرم و یک قانون ترسیمی تبعیت می‌کنند. گرچه اختلافاتی در جزئیات وجود دارد ولی تمام این نگاره‌ها با هم هماهنگ هستند و چه از لحاظ هنری و چه از لحاظ کاربردی رو به یک سمت در حرکتند.

تنوع: در عین هماهنگی تمام تصاویر با هم، یک تنوع تصویری در کل مجموعه دیده می‌شود که باعث جذابیت بصری شده است.

تعادل: دست‌یابی به تعادل از راه‌های متفاوتی امکان‌پذیر است. «تقارن ساده‌ترین و دستیاب‌ترین نوع تعادل است؛ و جذابیتی خودزا دارد که یقیناً ناشی از تقارن طبیعی در دو جانب بدن انسان است» (فلدمن، ۱۳۸۸: ۲۷۴ و ۲۷۵). درک چنین تعادلی بسیار آسان خواهد بود، چه به صورت قرینه و یا غیرقرینه.

تقارن: یکی از اصول و موازین آثار هنری ایران، وجود تقارن است که به یک اثر، ارزش هنری می‌دهد. همان‌گونه که در معماری، نقاشی، ظروف و دیگر هنرها، قرینه‌سازی دیده

سنت تصویری سازه‌های مهندسی در تمدن و هنر اسلامی (مریم کامیار و زهره اسدی) ۱۷۳

می‌شود، در سازه‌های فنی مهندسی جزری نیز از این شیوه استفاده شده است. این قرینگی نه تنها در کل اثر بلکه در جزئیات دستگاه‌ها نیز وجود دارد.^۲

جدول ۱. عملکرد عناصر هنری حاکم در نگاره‌های انتقال آب کتاب الحیل جزری

اجزا مورد بررسی در تصویر	عنصر حیوانی: الاغ و گاو	عنصر طبیعی: آب	عنصر فنی: سازه‌ی مکانیکی شامل آبگیر و قطعات
خط	خطوط منحنی و نرم برای نمایش فرم بدن و خطوط کناره‌نما	به صورت چند خط موج	خطوط منحنی و راست جهت نمایش سازه و خطوط کناره‌نما
رنگ	تخت، جسمی، لکه‌گذاری، رنگ بدن از رنگ پس‌زمینه‌ی کاغذ، دورگیری مشکی یا قهوه‌ای	تخت، جسمی، خطوط موج با رنگ آبی تیره یا سیاه بر روی زمینه‌ای به رنگ آبی تیره یا آبی روشن	تخت، جسمی، دورگیری مشکی و رنگی
ژرف‌نمایی	ژرف‌نمایی ساده و ابتدایی با پنهان کردن بدن پشت قطعات و یا کوتاه کردن طول بدن و نوع نمایش سم در پاها	-	ژرف‌نمایی ساده و ابتدایی

نگارندگان

جدول ۲. کتاب‌آرایی نگاره‌های انتقال آب کتاب الحیل جزری

عمودی	ساختار تصاویر
عمودی	جایگیری در صفحه
نک نگاره در یک صفحه	قرارگیری متن و تصویر
از روبرو	زاویه‌ی دید
متقارن	تعادل در صفحه

نگارش: نگارندگان

۶. نتیجه‌گیری

بررسی فرم و ساختار در تصاویر کتاب جزری شده است، شامل اصول کیفی حاکم و عناصر هنری حاکم است. نتایج موضوع و شمایل یا این موضوع که نگاره چه چیزی را به تصویر می‌کشد؛ نیز مورد مطالعه قرار گرفته است.

شرح اطلاعات پایه و بررسی فرم و ساختار تصاویر، نشان می‌دهد که تصویر نگاری و اصول کیفی هنری تصاویر سازه‌های مهندسی در تمدن و هنر اسلامی دارای نظام خاصی است که از نظام هنری ایران تبعیت می‌کند. نگاره‌ها، علاوه بر ارزش هنری، تصاویر ارزشمندی هستند که در ارائه و شناخت وسایل مکانیکی عصر خود موفق بوده‌اند.

در سازه‌هایی که جزری طراحی کرده، وجود نوعی نزدیکی، هماهنگی و حتی آمیختگی هنر و فن دیده می‌شود. وی به قوانین طرح، اندازه، هماهنگی عناصر و معیارهای زیبایی‌شناسی آشنا بوده و آن‌ها را در دستگاه‌های مکانیکی پیاده کرده است. در برخی از این نگاره‌های صنعتی، تصاویری وجود دارد که آمیختگی هنر و فن در آن، چنان است که در بررسی اولیه تنها وجه هنری تصویر دیده می‌شود. در این نگاره‌ها گفتن این نکته که این یک دستگاه مکانیکی می‌باشد و برای استفاده در موردی خاص، کمی مشکل به نظر می‌رسد. هم‌چنین نگاره‌ها به لحاظ محتوایی، یعنی میزان موفقیت نگاره جهت کمک به درک چیدمان دستگاه و عملکرد آن نیز، مورد مطالعه قرار گرفته است و وجود تصاویر در توضیح متن مورد توجه است. از وجهی دیگر زبان کتاب توانسته است تعلق به زمان و مکان را بشکند و از مرز فرهنگ جوامع مختلف بگذرد و تا امروز به عنوان یک اثر فنی مهندسی با تصویرسازی علمی خود را معرفی کند و مورد استفاده قرار گیرد.

پی‌نوشت‌ها

۱. استاد مهندسی مکانیک و استاد افتخاری دانشکده ۶۵ علوم انسانی دانشگاه منچستر، رئیس بنیاد علم، فناوری و تمدن (FSTC).
۲. همانندی دقیق شکل‌ها و پیکربندی‌ها در دوسوی یک خط یا یک سطح جداکننده، و یا در طرفین یک مرکز یا محور. غالباً، تقارن در محور عمودی بارزتر از تقارن در محور افقی است (پاکباز، ۱۳۷۸: ۱۶۵).

کتاب‌نامه

- احمدی، بابک (۱۳۹۱). *حقیقت و زیبایی: درس‌های فلسفه‌ی هنر*، چاپ بیست و دوم، تهران: نشر مرکز. پاکباز، روئین (۱۳۸۹). *دائرة المعارف هنر*. چاپ نهم، تهران: فرهنگ معاصر.
- حداد عادل، غلامعلی (۱۳۸۵). *دانشنامه جهان اسلام*، جلد دهم، تهران: بنیاد دایره المعارف اسلامی.
- حداد عادل، غلامعلی (۱۳۸۹). *دانشنامه جهان اسلام*، جلد چهاردهم، تهران: بنیاد دایره المعارف اسلامی.
- جنسن، چارلز (۱۳۸۴). *تجزیه و تحلیل آثار هنرهای تجسمی*. مترجم: بتی آواکیان. چاپ اول، تهران: سمت.
- عکاشه، ثروت (۱۳۸۰). *نگارگری اسلامی*، مترجم: غلامرضا تهامی، چاپ اول، تهران: سوره مهر.
- فلدمن، ادموند بورک (۱۳۸۸). *تنوع تجارب تجسمی*، مترجم: پرویز مرزبان، چاپ دوم، تهران: سروش.
- ناطق، محمدجواد و نفیسی، حمیدرضا و رفعت‌جاه، سعید (۱۳۸۰). *مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی*، محمدجواد ناطق، چاپ اول، تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- یوسف حسن، احمد و هیل، دانالد (۱۳۷۵). *تاریخ مصور تکنولوژی*، مترجم: ناصر موفقیان، چاپ اول، تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.

Al-Hassani, Salim (1402/9/14). «Al-Jazari's Third Water-Raising Device: Analysis of its Mathematical and Mechanical Principles», Muslim Heritage, Science, 2008, <https://muslimheritage.com/al-jazaris-third-water-raising-device-analysis-of-its-mathematical-and-mechanical-principles/>

The book of knowledge of ingenious mechanical devices- Ebuliz (۱۳۹۴/۲/۲۰) :

<http://ebuliz.com/ebuliz22.swf>