مقاله:
علمی‌ترویجی

10.22052/HSI.2025.256622.1250

بازشناسی فرایند علمی و هنری طراحی محصول در ابداعات جزری با تأکید بر دستگاه «قفل ترکیبی»

محمد خراسانی‌زاده*
مهشید مهرگان‌فر**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵

چکیده

بدیع‌الزمان جزری در اکثر پژوهش‌ها در قامت یک مهندس مکانیک معرفی شده، اما این امر باعث شده توانمندی این طراح و اندیشمند مسلمان در وجه طراحی هنری محصول نادیده انگاشته شود؛ حال‌آنکه بسیاری از ابداعات او، منطبق با فرایند علمی و هنری طراحی محصول، طراحی و ساخته شده‌اند. لذا در این پژوهش، به‌صورت کیفی و با روش توصیفی‌تحلیلی، به تطبیق فرایند طراحی محصول در دستگاه «قفل ترکیبی» از آثار جزری پرداخته شده است. قفل ترکیبی جزری، دستگاه سوم از نوع ششم در کتاب اوست. این محصول، یک قفل رمزدار است که با استفاده از هم‌خوانی دوازده حرف، امنیت درب یک صندوق را تأمین و آن را قفل می‌کند. این قفل که بر روی صندوقچه‌های مخصوصی نصب می‌شد، می‌توانست امن‌ترین مخازن برای حفاظت از اسناد و گنجینه‌ها را تکمیل نماید. سؤال این پژوهش بدین‌ترتیب است که فرایند علمی و هنری طراحی محصول، چگونه در ابداع دستگاه قفل ترکیبی جزری قابل ارزیابی است؟ طبق نتایج این مقاله، با بررسی فرایند طراحی محصول در دستگاه ابداعی جزری و تدقیق و تحلیل دستگاه قفل ترکیبی، حضور یک تفکر طراحانهٔ غنی در ذهن مبدع دستگاه بسیار واضح می‌نماید. فرایند طراحی محصول در تکامل‌یافته‌ترین شکل خود که منوط به حضور هر دو وجه متمم مکانیزمی و هویتی (مهندسی مکانیک و طراحی صنعتی) در طراحی است، حضور دارد. جزری نه‌تنها در اصول مهندسی و طراحیِ کارآمدترین مکانیزم برای پاسخ‌گویی به یک نیاز، توانمند بوده، بلکه توأمان به ویژگی‌های خلاقانه و هنری، ارگونومیک، فرهنگی و معناشناسانه در هویت دستگاه‌های ابداعی خود پرداخته و محصولات خود را به مناسب‌ترین شکل ممکن به نمایش گذاشته است.

کلیدواژه‌ها:
قفل ترکیبی، جزری، علم‌الحیل، فرایند طراحی محصول، طراحی صنعتی، مهندسی مکانیک.

* استادیار گروه هنر اسلامی، دانشکده هنر، دانشگاه شاهد، تهران، ایران (نویسنده مسئول)/ Khorasanizadeh@Shahed.ac.ir
** کارشناس‌ارشد طراحی صنعتی، گروه طراحی صنعتی دانشکده هنرهای کاربردی دانشگاه هنر، تهران، ایران/ M.mehreganfar.1317@gmail.com

۱. مقدمه

دوران طلایی اسلام یا دوران شکوفایی و ترقی دانش اسلامی، دوره‌ای در تاریخ اسلام است که به‌طور سنتی، از سدهٔ هشتم تا سیزدهم میلادی (سدهٔ دوم تا هفتم هجری) به طول انجامیده است (Saliba, 1994 : 110). در این دوران شکوفایی، مسلمانان به پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه‌های متعددی از دانش و فناوری دست پیدا کردند که یکی از این شاخه‌ها، علم‌الحیل است. «پیشرفت‌های مسلمانان در ساخت و طراحی دستگاه‌ها و ابزارها، بسیار چشمگیر و الهام‌بخش و زمینه‌ساز پیشرفت‌های علمی جهان در قرن‌های آتی شد، چنان‌که بدیع‌الزمان جزری به‌عنوان پدر علم رباتیک و صاحب نبوغی بی‌مانند شناخته شده است» (پیسی، ۱۳۷۶: ۸۲).

بدیع‌الزمان ابوالعز اسماعیل بن رزاز جزری دانشمند علم‌الحیل در قرن ششم هجری/دوازدهم میلادی است که در منطقهٔ دیاربکر (منطقه‌ای در ترکیهٔ امروزی) می‌زیست و در کتاب خود به نام الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعت الحیل، ۵۰ طرح ابداعی و تکمیلی خود درخصوص دستگاه‌های خودکار را به رشتهٔ تحریر و تصویر درآورده است. این کتاب و دستگاه‌های تشریح‌شده در آن، به‌قدری ساختارمند و خلاقانه‌اند که ده‌ها نسخه از آن در طول قرن‌ها، نسخه‌برداری شده و اکنون در موزه‌های سراسر دنیا نگهداری می‌شود که حداقل ۲۴ مورد آن‌ها تاکنون رسماً معرفی شده است. در دهه‌های اخیر با تأسیس موزهٔ جزری در استانبول و بازسازی طرح‌ها و ابداعات وی در این موزه و سایر موزه‌های علوم اسلامی دنیا، گام‌های بلندی درزمینهٔ شناساندن این اندیشمند خلاق به عموم جهانیان برداشته شده است.

آنچه جزری به آن ملقب است، پدر علم رباتیک و پیشتاز مهندسی مکانیک در دوران طلایی اسلام است؛ اما با این تفسیر از ابداعات جزری، بخش بزرگی از اندیشه و فرایند خلاقه در طراحی‌های او نادیده انگاشته می‌شود. طراحی برای پاسخ به یک نیاز ماهیت پیدا می‌کند و این ماهیت در فرایندی که مکانیزم پاسخ و هویت پاسخ هر دو حضور دارند، به کامل‌ترین شکل ممکن انجام می‌پذیرد. بررسی فرایند طراحی از هر دو مسیر مهندسی مکانیک و طراحی صنعتی در محصولات جزری، چشم‌اندازهای نوی در مورد این مبدع مسلمان مطرح می‌کند. در این پژوهش، ضمن پرداختن به فرایند طراحی محصول و مطابقت آن با روش جزری، یکی از دستگاه‌های ابداعی جزری با عنوان «قفل ترکیبی» مورد بازشناسی و تحلیل جامع قرار می‌گیرد.

پرسش اصلی پژوهش این است که فرایند علمی و هنری طراحی محصول، چگونه در ابداع دستگاه قفل ترکیبی جزری قابل ارزیابی است؟ هدف کلی این پژوهش، بررسی فرایند طراحی محصول در ابداعات جزری است که به‌طور موردی بر دستگاه سوم از نوع ششم در کتاب او، یعنی قفل ترکیبی متمرکز شده است.

اهمیت این پژوهش از حیث شناسایی تمام و کمال فرایند طراحی در محصولات جزری، بسیار پررنگ می‌نماید. ازآنجاکه تا دهه‌های قبل، ابداعات این اندیشمند اسلامی در هاله‌ای از غربت و ناشناختگی بود و پژوهش‌های اخیر نیز بیشتر بر شناساندن مهارت جزری در ایجاد ساختارهای نظام‌مند مکانیکی متمرکز بوده‌اند و خِرد و هنر این طراح فرهیخته در فن ابداع و طراحی نادیده انگاشته شده است، به‌عنوان یک رسالت حرفه‌ای، بر عهدهٔ طراحان است که در جهت شناساندن این زاویه‌های شگفت و پنهان جزری بکوشند.

۲. پیشینهٔ تحقیق

در این بخش، ابتدا تعدادی از پژوهش‌هایی که به بررسی جزری و ابداعاتش با رویکرد هنری پرداخته‌اند، معرفی شده‌اند؛ سپس به برخی از تحقیقات مرتبط با فرایند طراحی محصول اشاره شده است.

پایان‌نامهٔ سنت مصورسازی متون علمی تمدن اسلامی (قرن ۶ و ۷ق)؛ مطالعهٔ موردی: کتاب الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعت الحیل جزری، به‌همت زهره اسدی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی مصورسازی‌های کتاب جزری پرداخته است. همچنین دربارهٔ نسخه‌های خطی کتاب فی معرفت الحیل الهندسیه با نگاه هنرپژوهانه، پژوهش‌هایی از خراسانی‌زاده، یکی از نگارندگان، منتشر شده که علاوه‌بر رسالهٔ دکترای تخصصی وی با نام بدیع‌الزمان جزری؛ نقطه عطف فرایند علمی و هنری طراحی محصول در تمدن اسلامی (۱۴۰۰)، مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: «مطالعهٔ تطبیقی مصورسازی سه نسخهٔ خطی از کتاب الحیل بدیع‌الزمان جزری» (۱۳۹۸الف)، «مصوّرسازی‌های نسخه‌ای خطی از ترجمهٔ فارسی کتاب فی معرفت الحیل الهندسیه (نسخهٔ خطی شمارهٔ ۷۰۸ کتابخانهٔ دانشگاه شهید مطهری تهران)» (۱۳۹۸ب)، «چگونگی بازنمایی دستگاه "ساعت فیلی" در نسخه‌های خطی کتاب بدیع‌الزمان جزری» (۱۴۰۱الف) و «بازخوانی و تحلیل دیدگاه هنرپژوهانهٔ کوماراسوامی دربارهٔ

کتاب بدیع‌الزمان جزری» (۱۴۰۱ب) که در آن‌ها ضمن معرفی برخی از نسخه‌های خطی این کتاب، جنبه‌های هنری مصورسازی‌های آن و نیز مبحث طراحی محصول در آثار جزری مورد بحث قرار گرفته و از این حیث، قرابت موضوعی با این پژوهش دارند.

مقالات و منابعی در حوزهٔ فرایند طراحی نیز از زاویه‌ای دیگر پیشینهٔ این پژوهش محسوب می‌شوند. از این گروه می‌توان به دو کتاب روش‌های طراحی در مهندسی» (امیرافضلی، ۱۳۸۹) و طراحان چگونه می‌اندیشند؛ ابهام‌زدایی از فرایند طراحی (لاوسون، ۱۳۹۲) اشاره کرد. همچنین مقالات «جایگاه طراحی و تفکر خلاق در علم حیَل؛ بررسی الگوهای منطق در علم صناعات عملی (با تأکید بر منابع اندیشمندان خراسانی)» (تندی و امرایی، ۱۴۰۰) و «بررسی تحلیلی مدل‌های شاخص روند طراحی مهندسی و طراحی صنعتی» (یزدی‌پور، ۱۳۹۱) به بررسی فرایند طراحی از زاویهٔ دو تخصص متفاوت مهندسی مکانیک و طراحی صنعتی اختصاص دارند.

۳. روش تحقیق

روش این پژوهش توصیفی‌تحلیلی است و با رویکرد کیفی به تدقیق و بررسی فرایند طراحی محصول در طراحی دستگاه قفل ترکیبی جزری می‌پردازد. روش جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش، روش کتابخانه‌ای و مشاهده و ارزیابی مستقیم محصول است. جامعهٔ مورد مطالعه، دستگاه‌های طراحی‌شده توسط جزری است که به‌صورت نمونه، قفل ترکیبی (دستگاه سوم از نوع ششم) بررسی شده است.

در ادامه به بحث اصلی پژوهش پرداخته خواهد شد. ابتدا در بخش مفاهیم و تعاریف، به تبیین و تشریح علم‌الحیل پرداخته می‌شود و در ادامه، فرایند علمی و هنری طراحی محصول معرفی می‌گردد و قفل ترکیبی از این منظر، مورد بررسی واقع می‌شود.

۴. مفاهیم و تعاریف

۴-۱. عرصهٔ علمی و هنری حیَل و طراحی محصول

حیَل کلمه‌ای عربی است که جمع مکسر به شمار می‌آید و مفرد آن حیله یا حیلت به‌معنای «جودت نظر و قدرت و توانایی بر هرگونه تدبیر و تصرف» و «چاره‌گری» است و در فارسی به‌معنای «مکر، فریب و نیرنگ» است (عمید، ۱۳۶۰: ۴۳۳). علم حِیَل (منجانیقون) که به آن علم حیله‌ها یا علم چاره‌سازی نیز می‌گویند، از علوم کاربردی رایج در دورهٔ اسلامی است که با طراحی، ساخت، کارکرد و کاربرد ابزارها و دستگاه‌های گوناگون مکانیکی سروکار داشت (برنال، ۱۳۸۰، ج۱: ۵۷). در آرای دانشمندان مسلمان که در حوزهٔ حیَل قلم زده‌اند، دو مفهوم را می‌توان تشخیص داد: نخست «علم‌الحیل» و دوم «صناعت‌الحیل». هرچند در آثار حکمای قدیم بین این دو مفهوم، تفکیک دقیق صورت نگرفته و مورد پذیرش و استفاده عمومی واقع نشده است، درمجموع می‌توان علم‌الحیل را بیشتر ناظر به دانش تدابیر فنی و صنعتی دانست و صناعت‌الحیل را معطوف به صنعت و تکنیک فرض کرد. حیل هندسی فارابی، کمابیش مترادف صناعت‌الحیل و مشابه دانش و روش پدیدآوری صنایع، مصنوعات یا کالاهای ساخته‌شده در حوزه‌های خاص است. به عبارت دیگر، نتیجهٔ اِعمال علم‌الحیل، حیل هندسی است (رحیمی، ۱۳۹۰: ۹۰-۹۶).

از جهات بسیاری، علم‌الحیل یا حداقل «صناعت‌الحیل» را که جنبهٔ هنری بیشتری دارد، می‌توان به‌عنوان بخشی از پیشینهٔ طراحی محصول (طراحی صنعتی) در نظر گرفت که با بهره‌گیری از هنر و خلاقیت، نیازها را به‌خوبی شناسایی نموده و پاسخ‌های مناسبی را برای آن‌ها ارائه کرده است. البته در پیاده‌سازی این طرح‌ها از علم مکانیک و برخی رشته‌های مهندسی دیگر استفاده شده، همان‌طور که امروزه در اجرای بسیاری از طرح‌های طراحان صنعتی، تیم‌های فنی متشکل از متخصصان گوناگونی ازجمله مهندسان مکانیک و برق و صنایع و... حضور دارند. نکتهٔ قابل توجه، تفاوت واژهٔ «علم‌الحیل» که بیشتر بر حوزهٔ علمی و فنی و تخصصی تأکید دارد با واژهٔ «صناعت‌الحیل» است که به جنبه‌های هنری اشاره دارد؛ چراکه واژهٔ «صناعت» در تاریخ هنر، معادل مفهوم امروزی «هنر» است (خراسانی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۲۸). در نتیجه‌گیری یکی از مقالات مرتبط، چنین بیان شده که معیار موارد طبقه‌بندی‌شده در علم حیل (خاص)، وجود «الگوی تفکر خلاق» و «روش طراحی» در آن‌هاست. پس تخصص‌های مبتنی‌بر طراحی و تفکر خلاق، نه‌تنها در گروه علم حیل قرار می‌گیرند، بلکه در آن نقش محوری دارند.. این پژوهش، ارتباط هستهٔ صناعات حیل و رشتهٔ مکانیک را رد می‌کند، زیرا ازنظر روش‌شناختی، تفکر خلاق و مهارت‌های طراحانه در آن محوریت ندارند و درعوض رشته‌های مبتنی‌بر طراحی مصنوعات، به‌ویژه رشته‌های «طراحی معماری»، «طراحی مهندسی» و «طراحی صنعتی» بیشترین نزدیکی را با تعاریف جامع فارابی از علم حیل یا علوم تفکر خلاق دارند. این رشته‌ها در واقع امتداد تاریخی همان صناعات عملی هستند که در هر زمانی با فناوری‌های روز، به خلقِ ابزارهای مورد نیاز انسان‌ها مشغول بوده‌اند» (تندی و امرایی، ۱۴۰۰: ۹۸).

طراحی محصول برای پاسخ‌گویی به یک نیاز و مسئله، مطرح می‌شود و دارای دو فاز متفاوت و متمم است: یک بخش آن، طراحی فنی و مکانیزم که با دانش و فناوری طراحی مهندسی از رشتهٔ مهندسی مکانیک انجام می‌شود و بخش دیگر، طراحی فرم و تعامل محصول و کاربران که با خرد و هنر طراحی از رشتهٔ طراحی صنعتی حاصل می‌گردد. امروزه طراحی محصول پس از رشد و ارتقای مداوم، با ترکیب دو وجه طراحی مکانیزم و طراحی هنرمندانه، پیشرفت‌های بسیاری کرده است. اما نگاهی به طراحی‌های جزری، درک جدیدی از نقطهٔ عطف و گسترش این سبک تکامل‌یافته از طراحی محصول به دست می‌دهد. جزری در ۸۵۰ سال پیش، طراحی محصول را به شایسته‌ترین شکل ممکن با ترکیب دقیقی از هر دو وجه طراحی محصول یعنی مکانیزم و خلاقیت، در حداقل پنجاه دستگاه به انجام رساند.

۴-۲. فرایند علمی و هنری طراحی محصول

به‌طور کلی، طراحی محصول شامل یک سلسله مراحل مشخص است. این روند که به آن «فرایند طراحی» گفته می‌شود، مجموعه اقداماتی است که برای دستیابی به یک طرح مطلوب و مناسب انجام می‌گیرد. این پروسه در مهندسی با عنوان فرایند مهندسی طراحی شناخته می‌شود که یک فرایند تصمیم‌گیری (غالباً تکراری) است که در آن علوم پایه، ریاضیات و علوم مهندسی با هدف تبدیل بهینهٔ منابع برای دستیابی به یک هدف اعلام‌شده استفاده می‌شود. ازجمله عناصر اساسی فرایند طراحی می‌توان به تعیین اهداف و معیارها، ترکیب، تجزیه‌وتحلیل، ساخت، آزمایش و ارزیابی اشاره کرد (Ertas & Jones, 1996 : 34). فرایند طراحی در طراحی صنعتی در پی کشف یا شناسایی مشکل، نیاز به راه‌حل در قالب ایده یا طرح ایجاد می‌شود. این خود، زمینه‌ساز و نقطهٔ شروعی است برای یک فرایند طراحی. با توجه به نوع مشکل، انجام پروسهٔ طراحی در ظاهر می‌تواند به‌صورت یک جریان پیچیده و سیستماتیک گسترش یابد. بنابراین برای حل مشکل لازم است از مراحل مختلف عبور داده شود تا به نتیجه و راه‌حلی صحیح و منطقی برسد (حاجتی مدارائی، ۱۳۷۵: ۹). روند طراحی صنعتی عبارت است از فرایندی سیستماتیک که طی آن، مراحل مختلف طراحی از ابتدا تا انتها و طی برنامه‌های معین و زمان‌بندی‌شده، به ترتیب تقدم و تأخر انجام می‌گردند (حکیمی طهرانی، ۱۳۸۹: ۱۲۴).

آنچه از قیاس فرایندهای طراحی محصول در مهندسی مکانیک و طراحی صنعتی حاصل می‌شود، عموماً در حوزهٔ تخصص خلاصه می‌شود. هر دو دانش بر پاسخ‌گویی به یک نیاز با خلق یک پاسخ متمرکزند. اما جنس پاسخ یک مهندس مکانیک، طراحی و خلق یک مکانیزم و سیستم مکانیکی است تا شاخص اصلی که مکانیزم نهایی است، نسبت به میزان پاسخ‌گویی به حل مشکل اولیه آزموده شود. این درحالی است که جنس پاسخ یک طراح صنعتی، طراحی هویت برای محصولات صنعتی است. این مهم با هدف ایجاد و اعتلای هرچه بیشتر ارتباط مؤثر میان انسان با محصولات صنعتی انجام می‌شود. شاخص سنجش این هویت در فرم، زیبایی‌شناسی، ارگونومی، معنا و ارزش‌های انسانی، میزان ارتباط مؤثر با کاربر و سهم موفقیت در بازار تجاری است. در این پژوهش، تمرکز بر فرایند طراحی صنعتی در آثار جزری است؛ بنابراین در ادامه به جزئیات فرایند طراحی محصول (طراحی صنعتی) پرداخته می‌شود.

اندیشمندان و طراحان صنعت، مراحل نسبتاً متفاوتی را برای فرایند طراحی محصول ذکر کرده‌اند؛ مثلاً حاجتی مدارائی (۱۳۷۵) روندی را شامل پنج مرحله بیان می‌دارد: ۱. تفسیر مشکل (شناسایی مشکل)؛ ۲. تجزیه‌وتحلیل مشکل (انواع آنالیزها)؛ ۳. حل مشکل؛ انتخاب متدهای حل مشکل، تولید ایده و راه‌حل‌های مشکل؛ ۴. ارزشیابی راه‌حل‌های مشکل؛ مطالعهٔ راه‌حل‌ها و جریان انتخاب ایده؛ ۵. تحقق حل مشکل. حکیمی طهرانی (۱۳۸۹) نیز کمی جزئی‌تر، یک مسیر ۱۵مرحله‌ای را مد نظر قرار می‌دهد: ۱. تعریف صورت‌مسئله ازطرف سفارش‌دهنده؛ ۲. بازتعریف صورت‌مسئله توسط طراح؛ ۳. گردآوری اطلاعات اولیه در رابطه با وضعیت فعلی راه‌حل صورت‌مسئله؛ ۴. تدوین روش پژوهش و شیوه‌های گردآوری اطلاعات مورد نیاز برای طراحی؛ ۵. سنجش جوانب مختلف (انواع آنالیزها)؛ ۶. انجام مطالعات موردی و میدانی؛ ۷. تدوین چک‌لیست طراحی؛ ۸. ایده‌پردازی خلاق؛ ۹. ارزیابی ایده‌ها؛ ۱۰. انتخاب ایدهٔ برتر؛ ۱۱. توسعهٔ ایدهٔ برتر و طراحی اجزا و جزئیات آن؛ ۱۲. راندو؛ ۱۳. نمونه‌سازی سه‌بُعدی؛ ۱۴. تهیهٔ نقشه‌های صنعتی؛ ۱۵. بیان نحوه و مراحل استفاده از محصول.

به‌صورت عملیاتی، به‌عنوان نقاط اشتراک مراحل فرایند طراحی صنعتی در تعاریف گوناگون، مراحل طراحی به این ترتیب‌اند که ابتدا شناسایی و تفسیر مسئله یا نیاز صورت می‌گیرد، سپس نمونه‌ها و راه‌حل‌های موجود مطالعه می‌شود، در مرحلهٔ سوم، تجزیه‌وتحلیل مسئله شامل آنالیزهای افراد مرتبط، فرهنگی و اجتماعی، محیط استفاده، شیوهٔ تولید، کاربری و بهره‌برداری، مواد و مصالح، تعمیرات و نگهداری، ارگونومی،

زیبایی‌شناختی رقم می‌خورد. در ادامه به ایده‌پردازی خلاقانه و انتخاب بهترین راه‌حل پرداخته می‌شود و درنهایت، ارائهٔ هنرمندانه محصول نهایی (نمایش تصویری طرح نهایی و جزئیات قطعات، ساخت نمونهٔ اولیه، شرح و توضیحات) اتفاق می‌افتد (خراسانی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۳۴۵).

۵. بررسی فرایند طراحی محصول در دستگاه قفل ترکیبی جزری

قفل ترکیبی جزری، دستگاه سوم از نوع ششم در کتاب اوست. این محصول، یک قفل رمزدار است که با استفاده از هم‌خوانی دوازده حرف، امنیت درب یک صندوق را تأمین و آن را قفل می‌کند. این قفل که بر روی صندوقچه‌های مخصوصی نصب می‌شد، می‌توانست امن‌ترین مخازن برای حفاظت از اسناد و گنجینه‌ها را تکمیل نماید.

جزری سیستمی را طراحی کرده بود که شامل یک مرکز اصلی متصل به چهار قفل، و هر قفل متشکل از سه دیسک بود. این سیستم دارای میلیون‌ها حالت ممکن بود که رمزگشایی آن برای فردی که از رمز آگاه نبود، عملاً غیرممکن بود، بنابراین شاهکاری فوق‌العاده در طراحی تجهیزات امنیتی محسوب می‌شد.

در دورهٔ ارتقیان، استفاده از محفظه‌های رمزگذاری‌شده، هم برای رمزگذاری محتوای پیام و هم برای ذخیرهٔ اسناد محرمانه معمول بود. درحقیقت، وقتی شرایط سیاسی آن دوره در نظر گرفته می‌شود، کاملاً روشن می‌گردد که دولت‌ها برای حفظ پایداری ممالک و بقای خود، تمهیدات زیادی اندیشیده‌اند و موفقیت این مهم به روابط استراتژیک و پویا بستگی دارد. محرمانه نگه داشتن اطلاعات در این روابط بسیار مهم بوده است. می‌توان فرض کرد که توسعهٔ چنین روش رمزگذاری توسط جزری در کاخ ارتقیان، برای رفع این نیاز حیاتی دولت در آن دوران حساس سیاسی بوده است (URL4).

در ادامه، فرایند علمی و هنری طراحی محصول در دستگاه قفل ترکیبی جزری، با اتکا به متن کتاب او مورد واکاوی قرار می‌گیرد.

۵-۱. مرحله اول؛ شناسایی و تفسیر مسئله یا نیاز

در فرایند طراحی محصول، شناسایی و تفسیر مسئله، طبق موارد زیر بررسی می‌شود:

نیاز اصلی: نیاز به امنیت نگهداری اسناد، مکاتبات حساس و موارد بهادار

خواسته‌ها: عدم امکان دسترسی به محتوای مدارک، مبالغ یا گنجینه، امکان استفاده از رمز برای دسترسی افراد مطمئن

مقدار و اهمیت نیاز: با در نظر گرفتن این واقعیت که بسیاری از افراد نیاز دارند اشیای ارزشمند، پول، یا مدارک مهم خود را در مکانی امن نگهداری کنند، می‌توان گفت این نیاز یک نیاز فراگیر و جهانی است. امنیت و حفاظت از اموال و اطلاعات حیاتی برای همه افراد اهمیت دارد، از اشیای شخصی گرفته تا دارایی‌های حکومتی و اطلاعات حساس.

عوامل حذف نیاز: فقدان اسناد، مدارک یا اموال فیزیکی

عوامل توسعه و تغییر نیاز: ابداع روش‌های نوین برای حفاظت از اسناد و تعبیه مکان‌ها یا سازوکارهای امن برای نگهداری اشیای ارزشمند.

۵-۲. مرحلهٔ دوم؛ مطالعهٔ نمونه‌ها و راه‌حل‌های موجود

جزری در کتاب خود، در ابتدای معرفی همین دستگاه بیان می‌دارد که «متقدمان در این صنعت، قفل‌هایی ساخته‌اند که با حروف، باز و بسته می‌شود. از بین آن‌ها قفل‌هایی است که با چهار حرف روی چهار دایره، یا با دو حرف روی دو دایره، یا با شش حرف روی شش دایره باز و بسته می‌شوند» (جزری، ۱۳۸۰: ۴۹۶). او با مطالعهٔ دقیق قفل‌های رمزدار و اشاره به وجود آن‌ها در متن خود، نشان داده که به حفظ حقوق مالکیت علمی پایبند بوده است. این توجه نه‌تنها به‌معنای شناخت کامل او از این قفل‌ها و بررسی دقیق آن‌هاست، بلکه بیانگر آگاهی او از نقاط قوت و ضعف این طراحی‌ها بوده که درنهایت در ابداعات و طراحی‌های خودش به کار گرفته است.

۵-۲-۱. بررسی پیشینهٔ طراحی (قفل‌های طراحی‌شده توسط جزری)

جزری سه نوع قفل مختلف طراحی کرده است که هریک برای کارکردهای متفاوتی ساخته شده‌اند. این قفل‌ها با بهره‌گیری از مکانیزم‌های پیشرفته و نوآورانه، توانستند بالاترین سطح امنیت را در زمان خود فراهم کنند. با وجود تفاوت در کاربردها، طراحی این سه قفل کاملاً با یکدیگر مرتبط بوده و اصول یکپارچه‌ای در ساخت آن‌ها رعایت شده است که در ادامه معرفی شده‌اند.

۵-۲-۱-۱. نوع اول قفل‌های جزری: قفل کشویی برای درب

قفل کشویی طراحی‌شده توسط جزری، برای تأمین امنیت درهای بزرگ و قفل نمودن آن‌ها از پشت به کار می‌رفت و به‌نحوی طراحی شده بود که درب را از هر چهار طرف قفل می‌کرد. باز و بسته کردن این قفل تنها با استفاده از کلید از سمت جلو امکان‌پذیر بود. مکانیزم این قفل به‌گونه‌ای بود که چرخ‌دنده‌ای، که با کلید در توپی چرخانده می‌شد و هر چهار اسلاید را باز یا بسته می‌کرد. افزون بر این، جزری یک دستگاه جداگانه نیز طراحی کرده بود که مانع باز یا قفل شدن درب از داخل می‌شد، که این خود نشان‌دهندهٔ سطح بالای امنیت و نوآوری در طراحی اوست (تصویر ۱).

ازآنجاکه این قفل، اهرم را از چهار جهت گسترش می‌دهد، از باز شدن درب به‌زور جلوگیری می‌شود. این سیستم کشویی با یک چرخ‌دندهٔ منفرد کار می‌کند که توسط یک کلید چرخانده می‌شده است. حرکت چرخشی این چرخ با استفاده از چرخ‌دنده‌های افقی که در چهار جهت اطراف آن قرار گرفته‌اند، به حرکت خطی تبدیل می‌شود. به‌این‌ترتیب حرکت پیچ و مهره‌ها به بلبرینگ خود بر روی دیوار وارد شده و درب را قفل می‌کند (تصویر ۲).

تصویر ۱: نمای داخلی درب با قفل کشویی (URL4)

تصویر ۲: قفل کشویی درب (URL4)

۵-۲-۱-۲. نوع دوم قفل‌های جزری: قفل رمزنگاری

مکانیزم اصلی قفل رمزنگاری، این بار به‌شکلی پیشرفته‌تر تنها در یک رمزنگار پیاده‌سازی شده است. این سیستم شامل یک قفل ۳ حرفی است که از ۳ دیسک تشکیل شده و هر دیسک دارای ۱۶ حرف است. هر دیسک با دیسک دیگری ارتباط دارد و هریک از دیسک‌های داخلی دارای یک بریدگی برای قرار دادن پایهٔ قفل است. این ۳ دیسک هنگامی که طبق ترکیب رمز عبور مشخص‌شده تنظیم می‌شوند، قابل باز شدن هستند (تصویر ۳).

تصویر ۳: قفل رمزنگار (URL4)

۵-۲-۱-۳. نوع سوم قفل‌های جزری: قفل ترکیبی

پس از بررسی‌های تاریخی که به گفتهٔ جزری توسط متقدمان او صورت پذیرفته بود، همچنین مطالعهٔ نمونه‌های موجود در آن زمان که احتمالاً به بخشی از آن‌ها دسترسی داشته است، جزری به طراحی دو نوع قفل پرداخته و در سومین قدم، دستگاه قفل ترکیبی را طراحی نموده و به مرحلهٔ ساخت رسانده است.

این قفل بعدها در سایر مناطق جهان نیز مورد الگوبرداری قرار گرفت، به‌طوری‌که «نخستین قفل رمزدار در اروپا در سال ۱۲۳۵ش/ ۱۸۴۶م ساخته شد. جالب است که صفحات به‌کاررفته در این قفل، کاملاً به صفحات قفل مرکب جزری شباهت دارد. نمونهٔ بازسازی‌شدهٔ قفل جزری در دههٔ ۱۳۷۰ در وزارت صنایع، معادن و تجارت ساخته شده که هم‌اکنون در موزه به نمایش گذاشته شده است» (معتمدی، ۱۳۹۹: ۷).

۵-۳. تجزیه‌وتحلیل مسئله

در این بخش، از میان انواع تجزیه‌وتحلیل‌های ممکن در فرایند طراحی، موارد زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۵-۳-۱. آنالیز افراد مرتبط

افرادی که ممکن است با این دستگاه مرتبط باشند، عبارت‌اند از سفارش‌دهنده و سازندگان؛ به‌واسطهٔ جنبهٔ امنیتی، سفارش‌دهنده و کاربر، یک شخص واحد یا افرادی متعلق به یک مجموعهٔ واحد هستند که براساس نظر ایشان، رمزگذاری صورت پذیرفته و خودشان کاربر دستگاه نیز محسوب می‌شوند.

۵-۳-۲. آنالیز فرهنگی و اجتماعی

ایجاد امنیت برای دارایی‌ها و مدارک مهم، به‌ویژه در سطح حاکمیت یک جامعه یا شهر، یکی از مسائل حیاتی است که اهمیت آن فراتر از جنبه‌های حراستی و حفاظتی می‌رود. این موضوع با ایجاد حس اطمینان و آرامش روانی در افراد و نهادها همراه است. طراحی دستگاه‌ها و سیستم‌های امنیتی مانند آنچه جزری ابداع کرده، نمونه‌ای برجسته از نوآوری‌هایی است که می‌تواند به تحقق این اهداف کمک کند. این اختراعات نه‌تنها امنیت فیزیکی را تضمین می‌کنند، بلکه به اعتماد اجتماعی و توسعهٔ پایدار نیز یاری می‌رسانند.

نکتهٔ دیگری که وجود دارد، جنبه‌های نشانه‌شناسانه است که در ادامهٔ همین مرحله از فرایند طراحی، به آن توجه شده است. فرایند قفل و رمزگذاری با استفاده از چهار گروه دایرهٔ سه‌تایی و درمجموع دوازده دایره اتفاق می‌افتد. دایره به‌عنوان نمادی از کمال و هماهنگی در بسیاری از فرهنگ‌ها شناخته می‌شود و ترکیب آن با عدد دوازده، که در باورهای نجومی و مذهبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، احتمالاً نشان‌دهندهٔ تفکرات عمیق و اعتقادی جزری است. اشاره به دوازده برج و دوازده امام می‌تواند بیانگر ارتباط میان طراحی‌های مهندسی او و اعتقادات مذهبی و فرهنگی دوران خودش باشد.

۵-۳-۳. آنالیز محیط استفاده

با توجه به ارزش و حساسیت مواردی که در چنین صندوقچه‌هایی نگهداری می‌شوند، استفاده از آن‌ها در مکان‌های کاملاً تحت حفاظت داخلی و پنهان امری ضروری به نظر می‌رسد. این مکان‌ها غالباً در خزانه‌های مخصوص قصرهای حاکمان یا پستوهای امن در خانه‌های اشراف‌زادگان و افراد متمول قرار داشته‌اند؛ لذا احتمال تخریب‌گرایی عامدانه یا آسیب دیدن به‌واسطهٔ شرایط جوّی در این محصول بسیار پایین است.

۵-۳-۴. آنالیز شیوهٔ تولید

شیوهٔ تولید این دستگاه، در دو فصل از کتاب فی معرفت الحیل الهندسیه، با شرح کامل و همراه با جزئیات دقیق، به‌گونه‌ای ارائه شده است که درک مفاهیم و عملکرد آن برای مخاطب آسان‌تر گردد. برای انتقال بهتر این مفاهیم، علاوه‌بر تصویر اصلی دستگاه، ۱۳ تصویر جداگانه نیز برای نمایش قطعات و مکانیزم‌های مرتبط ارائه شده است. این تصاویر به‌خوبی اجزا و عملکرد پیچیدهٔ این دستگاه را به تصویر کشیده و بر کیفیت توضیحات افزوده‌اند.

۵-۳-۵. آنالیز کاربری و بهره‌برداری

فرایند استفاده، بهره‌برداری و رمزگشایی این قفل به‌طرز دقیقی طراحی شده که شامل مراحل زیر است:

۱. فردی که از رمز آگاه است، دیسک‌های دوازده‌گانه را به‌ترتیب در موقعیت‌های صحیح خود قرار می‌دهد.

۲. پس از اتمام تنظیم هر ۱۲ رمز، دیسک‌ها در موقعیت دقیق خود قرار می‌گیرند. در این حالت، بادامک‌ها می‌توانند به‌درستی وارد شیارهای مشخص شوند.

۳. فردی که رمز را می‌داند، اهرم بیرونی را می‌چرخاند.

۴. چرخ‌دندهٔ داخلی اهرم، سنجاق‌های صفحه را فشار می‌دهد.

۵. صفحهٔ شاسی حرکت کرده و باعث می‌شود بادامک‌ها در شیارها جای بگیرند.

۶. ضامن نهایی در موقعیت خود قرار می‌گیرد.

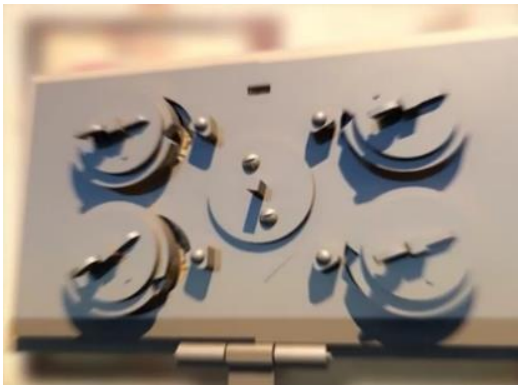
۷. قفل باز می‌شود.

۵-۳-۶. آنالیز مکانیزم و عملکرد فنی

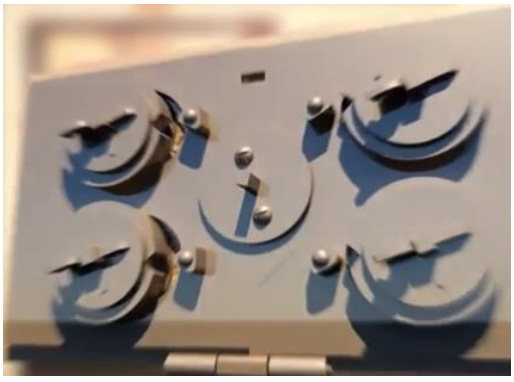
این صندوق که قابل قفل شدن با رمز عبور است، ظاهری شبیه به صندوقچهٔ جواهرات دارد (تصویر ۴). روی جلد این صندوق، چهار واحد کدگذاری مجزا قرار گرفته است که هر واحد از سه دیسک به‌هم‌پیوسته تشکیل شده است. هر دیسک شامل ۱۶ حرف از حروف الفباست که به‌طور خاص انتخاب شده‌اند. صاحب صندوق می‌تواند با انتخاب ۱۲ حرف دلخواه (یک حرف برای هر حلقه)، رمز عبور مورد نظر خود را تعیین کرده و این حروف را به‌ترتیب مشخص کند. براساس این رمز عبور، تنظیمات لازم بر روی دیسک‌های داخلی انجام می‌شود؛ سپس، اسناد یا جواهرات مورد نظر داخل صندوق قرار داده شده، درب آن بسته می‌شود و با چرخاندن دسته قفل می‌شود. در انتها، حلقه‌های موجود در واحدها به‌طور تصادفی چرخانده و مخلوط می‌شوند تا امنیت کامل فراهم گردد.

تصویر ۴: صندوقچه با قفل ترکیبی از دو نمای بیرونی و داخلی (URL4)

در سیستم قفل ترکیبی جزری، ۴ رمزنگار با دیسک‌های سه‌تایی تکرار شده‌اند. به‌منظور باز کردن قفل، ۳ دیسک در هر رمزنگار به موقعیت صحیح آورده شده و برش‌های بادام به‌طور هم‌زمان هماهنگ می‌شوند. به‌این‌ترتیب بادام قادر به ورود به این بریدگی‌ها خواهد بود. با حذف پایهٔ تنظیم، می‌توان موقعیت‌های رمزگذاری‌شدهٔ دیسک‌ها را از قبل تنظیم کرد. کاربر ابتدا دیسک داخلی، سپس دیسک میانی و در آخر دیسک خارجی را بر روی رابط جلویی با حرف صحیح قرار می‌دهد و این فرایند را در ۴ بخش جداگانه تکرار می‌کند. وقتی همهٔ دیسک‌ها در تمام قسمت‌ها در موقعیت صحیح قرار داشته باشند، بریدگی‌های بادام هم‌زمان می‌شوند. هنگامی که اهرم خارجی چرخانده می‌شود، چرخ‌دندهٔ داخلی اهرم، سنجاق‌های صفحه را هل می‌دهد و صفحهٔ قفل جداشده را هل می‌دهد و بادام‌ها به ناخن‌ها وارد می‌شوند و اجازه می‌دهند صفحه به حالت بسته تبدیل شود. هنگامی که صفحه به موقعیت بسته می‌رسد، دو قسمت جداگانه به‌طور کامل در زیر قلاب‌ها قرار می‌گیرد و قفل باز می‌شود (URL4).



مرحلهٔ اول



مرحلهٔ دوم

مرحلهٔ سوم

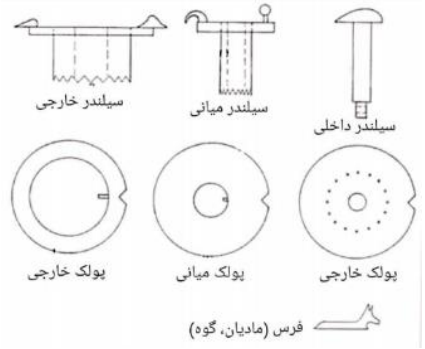
مرحلهٔ چهارم

تصویر ۵: مراحل فنی رمزگشایی قفل ترکیبی (نگارندگان)

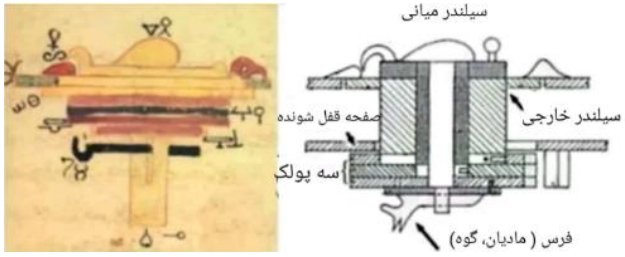
مراحل رمزگشایی شامل چهار مرحله است (تصویر ۵): در مرحلهٔ اول یک محرم به رمزگشایی شروع به قرار دادن دیسک‌های دوازده‌گانه در موقعیت صحیح خود می‌کند؛ در مرحلهٔ دوم کار وارد کردن هر ۱۲ رمز به پایان می‌رسد. دیسک‌ها در موقعیت‌های صحیح قرار می‌گیرند و بادامک‌ها امکان ورود به شیار را پیدا می‌کنند؛ در مرحلهٔ سوم شخص محرم به رمزگشایی اهرم بیرونی را می‌چرخاند. چرخ‌دندهٔ داخلی اهرم، سنجاق‌های صفحه را هل می‌دهد و صفحهٔ شاسی حرکت کرده باعث می‌شود بادامک‌ها در شیارها جای بگیرند؛ در مرحلهٔ چهارم ضامن نهایی در موقعیت خود قرار می‌گیرد و قفل باز می‌شود.

۵-۳-۷. آنالیز مواد و مصالح و اجزای تشکیل‌دهنده

عملکرد قفل ترکیبی از هماهنگی فنی رمزنگارها، اهرم مرکزی و صفحهٔ شاسی زیرین قفل نشئت می‌گیرد.



نمای بالای پولک‌ها و نمای جانبی سیلندرها



بازترسیم برش عمودی رمزنگار از تصویر نسخهٔ توپگاپی

تصویر ۶: جزئیات رمزنگار (URL3)

الف) رمزنگارها: هر رمزنگار از سه سیلندر و سه پولک تشکیل شده که نحوهٔ آرایش این شش جز در تصویر ۶ آمده است. قطعات و اجزای رمزنگارها عبارت‌اند از: پولک خارجی، پولک میانی، پولک داخلی، قطعهٔ بادامی‌شکل، سیلندر خارجی، سیلندر میانی، سیلندر داخلی، گوِه، میله، میخ ثابت، پولک چهاردندانه.

ب) اهرم مرکزی: این اهرم شامل یک گوشواره است.

پ) چفت: قطعات چفت را می‌توان به این صورت برشمرد: بدنهٔ چفت، لولا، قلاب‌ها.

ت) صفحهٔ شاسی زیرین: شامل یک با چهار سوراخ، بادامک‌ها، حلقه‌ها، قلاب‌ها.

در پایان رمزگشایی، با چرخش اهرم توسط کاربر، تغییر وضعیت در شاسی قفل اتفاق می‌افتد و درنهایت باعث گشوده شدن آن می‌شود.

۵-۳-۸. آنالیز تعمیرات و نگهداری

حفظ و محفوظ نگاه داشتن رمز عبور در حافظهٔ مالک دستگاه، مهم‌ترین عامل برای نگهداری و استفادهٔ صحیح از این قفل ترکیبی است. در صورت فراموشی رمز، هیچ راهی برای باز کردن قفل وجود ندارد،که این مسئله اهمیت امنیت و دقت در نگهداری رمز را دوچندان می‌کند. نکتهٔ قابل توجه دیگر این است که هر قفل ترکیبی، تنها یک بار امکان تنظیم رمز را دارد و این تنظیم فقط در زمان تولید دستگاه انجام می‌شود. این ویژگی بر منحصربه‌فرد بودن و سطح بالای امنیت این قفل‌ها تأکید دارد.

۵-۳-۹. آنالیز ارگونومی

با توجه به نقش مهم پولک‌های رمزنگار در تنظیم رمز صحیح و باز کردن صندوق، طراحی آن‌ها به‌گونه‌ای صورت گرفته که کاربر بتواند به‌آسانی آن‌ها را بچرخاند و تنظیم کند: «در برابر این بادامک، در لبهٔ این پولک، دستگیره‌ای برجسته برای گرفتن و چرخاندن در نظر گرفته شده است» (جزری، ۱۳۸۰: ۴۹۸).

طراحی پولک‌ها و اهرم‌ها در این قفل با دقت خاصی انجام شده است تا هم‌خوانی کامل را با متوسط اندازه‌های دست انسان داشته باشد. این توجه به ارگونومی و تناسب ابعاد، استفاده از محصول را برای کاربران بسیار آسان‌تر کرده و تجربهٔ بهتری ارائه می‌دهد.

۵-۳-۱۰. آنالیز زیبایی‌شناختی

جزری در شرح دستگاه پیچیدهٔ قفل ترکیبی، به جنبه‌های هنری و زیبایی‌شناسانه طراحی نیز توجه ویژه‌ای داشته است. برای نمونه، اشاره شده که «یک گوشواره که زیبا ساخته شده است، در انتهای میله‌ای مانند میلهٔ بادامک نصب می‌شود» (جزری، ۱۳۸۰: ۵۰۲) و حتی شکل این عنصر در کنار توضیحات رسم شده است. همچنین، برای طراحی یکی از زائده‌ها، از فرم سر پرنده و نوک آن بهره گرفته شده است. این جزئیات نشان‌دهندهٔ ترکیب دقیق مهندسی و هنر در آثار جزری است که طراحی‌های او را فراتر از کارکرد فنی به یک اثر هنری تبدیل کرده است.

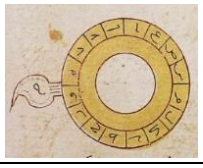
۵-۳-۱۱. آنالیز نشانه‌شناختی

نشانه، جنبهٔ وسیع و گسترده‌ای دارد که پس از دریافت، ذهن گیرندهٔ آن را تجزیه‌وتحلیل می‌کند و در ورای آن به ادراک مفهوم می‌رسد. درحقیقت می‌توان گفت که بازنمایی هر صفت یا وضعیتی به‌واسطهٔ یک نشانه، تلاشی است در جهت بیان مفاهیم و معانی مورد نظر. نشانه‌ها غالباً تک‌معنایی هستند، یا بنا به قرارداد یک معنای اصلی دارند اما در مواردی نشانه‌ها با توجه به شکل بیانی، مفاهیم دیگری را در ورای خود منتقل می‌کنند. با دیدن تصویر صلیب در درجهٔ نخست دین مسیحیت و تصویر کلیساها در ذهن مجسم می‌شود اما در لایهٔ پنهانی این نشانه و با توجه به فرهنگ و باورهای دینی، صلیب نمادی است از ایثار، فداکاری و ازخودگذشتگی، نشانه‌هایی از این قبیل در کنار مفاهیم ظاهری معناهای عمیق‌تری را نیز به دنبال دارند (اکو، ۱۳۸۴: ۲۰).

برای بررسی نشانه‌های طرح‌شده در قفل ترکیبی این دستگاه را ازنظر حروف و کدها، فرم و کثرت مورد تحلیل واقع می‌شود. محمدیوسف بن عثمان در صفحهٔ پایانی نسخه‌برداری خود چنین می‌گوید: «در این کتاب ۲۱ حرف از حروف الفبا به کار رفته است و علائم جاگزین آن‌ها ۲۱ حرف است. کسی که می‌داند پیچیدگی‌هایشان را حل می‌کند. این حروف با ۲۱ حرف دیگر نیز همراه است که به‌صورت پیچیده‌ای درآمده است و برای کسی که آن‌ها را نمی‌فهمد، به کار نمی‌آید» (جزری، ۱۳۸۰: ۵۱۷).

طبق گفتهٔ ابن‌عثمان، جزری به‌طور کلی از ۲۱ حرف از حروف الفبای ۲۹گانهٔ عربی در دستگاه‌های خود استفاده کرده است. تعداد حروف به کاربرده‌شده در قفل ترکیبی ۱۶ حرف است که در جدول ۱ در ۵ نسخه مورد تحلیل قرار گرفته است. نتیجهٔ این تدقیق آن است که هر پنج نسخه در ۱۲ مورد وجود حروف یکسانی را تأیید می‌کنند و چهار حرف در نسخه‌های متفاوت، متغیر است.

جدول ۱: بررسی حروف روی رمزنگار در پنج نسخهٔ متفاوت (نگارندگان)

				
ن۱. نسخهٔ بریتانیا	ن۲. نسخهٔ توپگاپی	ن۳. نسخهٔ ایاصوفیه	ن۴. نسخهٔ لیدن	ن۵. نسخهٔ برلین

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
ن۱	ا	ب	ج	د	ه	ع	س	ط	ی	ک	ل	م	ن	ص	ق	لا
ن۲	ا	ب	ج	د	ه	و	ز	ط	ی	ک	ل	م	س	ع	ص	لا
ن۳	ا	ب	ج	د	ه	و	ز	ح	ط	ی	ک	ل	م	س	ص	ع
ن۴	ا	ب	ج	د	ه	و	ز	ح	ط	ی	ک	ل	م	س	ع	لا
ن۵	ا	ب	ج	د	ه	ع	س	ط	ی	ک	ل	م	ن	ص	ق	لا

انتخاب ترکیب چیدمانی مربع برای دایره‌ها یکی دیگر از نشانه‌های موجود در طراحی جزری است. این انتخاب نشان‌دهندهٔ هماهنگی و توازن در طراحی بوده و امکان عملکرد مکانیکی دقیق و متقارن را فراهم می‌کند. «ماندالاها که در سراسر جهان به‌عنوان نماد تکامل معنوی انسان در طول قرن‌ها ترسیم شده‌اند، یکی از کاربردهای پر از معنا در ترکیب مربع و دایره هستند. ماندالا پیکربندی هندسی نمادهاست. در روایات مختلف معنوی، ماندالاها ممکن است برای تمرکز توجه پزشکان و متخصصان، به‌عنوان یک ابزار هدایت معنوی، برای ایجاد یک فضای مقدس و به‌عنوان کمک به مراقبه و القای خلسه استفاده شوند» (Tanabe, 2001 : 28).

فرایند قفل شدن و رمزگشایی با بهره‌گیری از چهار گروه دایرهٔ سه‌تایی و درمجموع دوازده دایره رقم می‌خورد. دایره نمادی جهانی با معنای گسترده است. «تفاوت در جهان‌بینی اقوام، تأثیر زیادی بر برداشت هنرمندان از دایره داشته است. درحالی‌که برخی برای نشان دادن نمود دموکراتیک خود بر محیط دایره تأکید داشتند، برخی دیگر بر مرکز آن تمرکز کردند تا مفهوم وحدت کیهانی را نشان دهند. در آموزه‌های عرفانی، دایره عمدتاً نمادی از طبیعت بیکران و چرخه‌ای وجود است، اما در روایات دینی نمایانگر اجرام آسمانی و ارواح الهی است. دایره بیانگر بسیاری از مفاهیم مقدس و معنوی است؛ ازجمله وحدت، بی‌نهایت، تمامیت، جهان، الوهیت، تعادل، ثبات و کمال و چنین مفاهیمی در فرهنگ‌های مختلف جهان با استفاده از نمادها به‌عنوان مثال: قطب‌نما، هاله، ماهی وزیکا و مشتقات آن، چرخ دارما، رنگین‌کمان، ماندالا، گل رز و غیره تجسم یافته‌اند» (Womack, 2005).

اما دربارهٔ الگوی تکرار ۳×۴ صفحات دایره‌ای و استفاده دوازده‌گانه از حروف می‌توان به این موضوع توجه نمود که «چهار نوع نظم بر جهان حاکم است: نظم دنیوی، نظم معنوی، نظم ظاهری و نظم باطنی، و ترکیب ۳×۴ نمادی از حضور هر چهار نوع نظم در عالی‌ترین حد خود است. عدد ۱۲ عدد دایرهٔ کامل و نظم کیهانی است. این عدد در تمام ادیان، حامل بار معنایی بسیار غنی‌ای است. به‌طور مثال در دین اسلام ۱۲ امام دین را به نهایت کمال می‌رسانند و جهان در انتظار ظهور دوازدهمین امام برای حصول بالاترین نقطهٔ کمال و غنای عرفانی است» (URL5). شاید جزری با ترکیب فرمی دایره و نظم ۳×۴ و تکرار دوازده‌گانه، درصدد انتقال مفهوم نظم و کمال در حد اعلی بوده است و در عملکرد، وقتی ۱۱ رمز به‌طور صحیح وارد می‌شوند، تنها قرار گرفتن نشانهٔ دوازدهم در موقعیت صحیح است که کاربر را از سردرگمی میان میلیون‌ها احتمال رمزگشایی می‌رهاند.

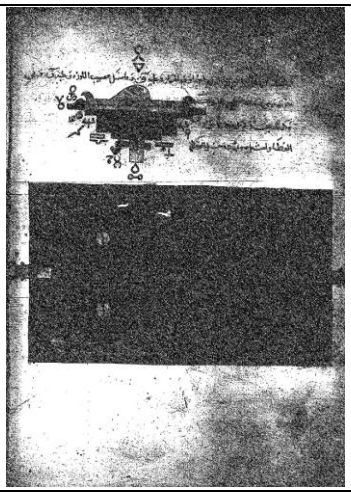
زاویهٔ تحلیل نشانه‌ای، تکرار شباهت فرمی با اسطرلاب است. گرچه برخی مورخان اسطرلاب را به‌لحاظ عملکرد، الهام‌بخش خلق قفل رمزنگار دانسته‌اند، تکرار فرمی عناصر، حامل یک بار معنایی برای کاربر است؛ زیرا اسطرلاب وسیله‌ای است که راه یک گم‌گشته را از میان هزاران انتخاب منجر به سردرگمی می‌گشاید.

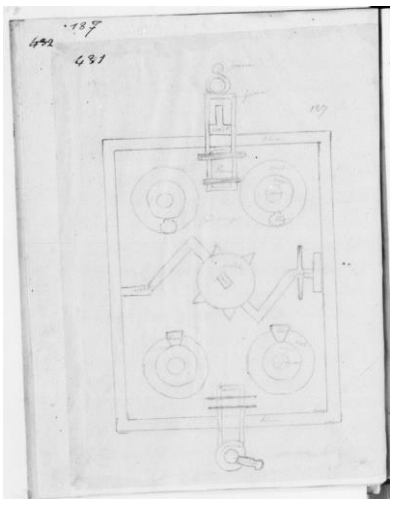
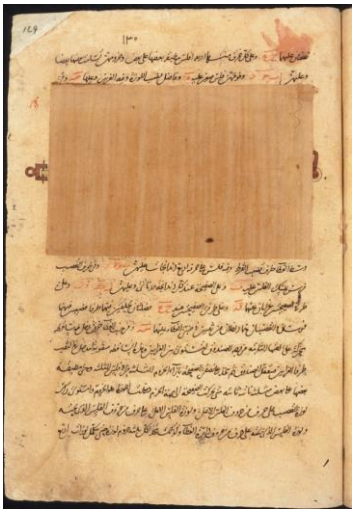
۵-۴. ایده‌پردازی خلاقانه و انتخاب بهترین راه‌حل

جزری با خلق سه نوع قفل متفاوت، توانست به نیازهای مختلف در حوزهٔ امنیت پاسخ دهد. این قفل‌ها هرچند دارای کاربردهای متفاوت بوده‌اند، ازنظر مکانیزم و طراحی با یکدیگر مرتبط هستند و در ایجاد بالاترین سطح امنیت در زمان خود بی‌نظیر محسوب می‌شوند. این ارتباط میان طراحی‌ها نشان‌دهندهٔ رویکرد جامع جزری در ایده‌پردازی و پاسخ به نیازهای امنیتی است. وی توانسته است نتیجهٔ ایده‌های نوآورانهٔ خود را در قالب سه دستگاه مختلف به نمایش بگذارد، که هریک جلوه‌ای از تفکر خلاق و مهندسی پیشرفتهٔ او هستند و در بخش‌های قبلی مقاله معرفی شده‌اند.

۵-۵. ارائهٔ هنرمندانهٔ محصول نهایی

جزری پس از مراحل اولیهٔ ایده‌پردازی و انتخاب بهترین ایده، به ساخت نمونه‌ای کامل و کاربردی از دستگاه خود پرداخت. در ادامه، وی توضیحات دقیقی دربارهٔ محصول ارائه کرد و برای تسهیل درک ظاهر، ساختار اجزا، قطعات و مکانیزم‌های پیچیدهٔ آن، از تصاویر متعدد بهره برد. این تصاویر نه‌تنها جذابیت بصری محصول را افزایش داده‌اند، بلکه درک عملکرد و نحوهٔ ساخت دستگاه را برای مخاطبان آسان‌تر کرده‌اند. این روش مستندسازی، نشان‌دهندهٔ رویکرد علمی و مهندسی جزری و توجه ویژهٔ او به جزئیات و انتقال دانش است. در تصویر ۷ نماهایی از وضعیت قفل ترکیبی در نسخه‌های خطی کتاب جزری نمایش داده شده است.

		
نسخهٔ خطی ایاصوفیه ۳۶۰۶، ۷۵۵ق	نسخهٔ ۴۱۴ خزانهٔ توپقاپی استانبول، بی‌تا	نسخهٔ گریوز ۲۷ بودلیان آکسفورد، ۸۹۱ق
نسخهٔ OR656 کتابخانهٔ دانشگاه لیدن هلند، ۹۶۹ق	نسخهٔ OR117 کتابخانهٔ دانشگاه لیدن، قرن ۱۰ یا ۱۱ق	نسخهٔ ۴۱۸۷ دانشگاه چستربیتی دوبلین، بی‌تا

		
نسخهٔ ۱۱۴۵ کتابخانهٔ ملی پاریس، ۱۲۹۱ق	نسخهٔ a۱۱۴۵ کتابخانهٔ ملی پاریس، ۱۲۹۱ق	نسخهٔ ۷۰۸ دانشگاه شهید مطهری تهران، بی‌تا
		
نسخهٔ ۳۳۰۶ کتابخانهٔ دولتی برلین، بی‌تا	نسخهٔ OR116 کتابخانهٔ موزهٔ بریتانیا، قرن ۱۲ق	

تصویر ۷: وضعیت مصورسازی شکل اصلی دستگاه قفل ترکیبی در نسخه‌های خطی کتاب جزری (خراسانی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۳۳۲-۳۳۷)

۶. نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ابتدا فرایند طراحی محصول از دو منظر مهندسی مکانیک و طراحی صنعتی مورد مطالعه قرار گرفت. در روند طراحی محصول در مهندسی مکانیک، برای نیاز مطرح‌شده، فناورانه‌ترین و پاسخ‌گوترین مکانیزم طراحی و ارزیابی می‌شود؛ اما در روند طراحی محصول در طراحی صنعتی، مختصات فیزیکی انسان، پاسخ‌گویی به نیازهای معنوی و زیباطلبانه و همچنین ارتباط مؤثر محصول با انسان مد نظر طراحان قرار می‌گیرد. ازاین‌رو شاید بتوان گفت گرچه مهندسی مکانیک یک محصول مکانیزمی و فناورانه به انسان‌ها معرفی می‌کند، این روح هنرمندانهٔ طراحی است که باید در کالبد محصولات دمیده شود تا برای انسان با تمام وجوه فیزیکی و روانی‌اش قابل استفاده و کاربری باشد.

پرسش پژوهش این بود که فرایند علمی و هنری طراحی محصول، چگونه در ابداع دستگاه قفل ترکیبی جزری قابل ارزیابی است؟ برای پاسخ به این سؤال، ابتدا فرایند طراحی محصول (طراحی صنعتی) معرفی شد و سپس با مطابقت دادن این فرایند، با روشی که جزری در طراحی و معرفی دستگاه قفل ترکیبی به کار برده است، مشخص گردید که یک تفکر طراحانهٔ غنی در ذهن مبدع دستگاه به‌طور واضح خودنمایی می‌کند. فرایند طراحی محصول در تکامل‌یافته‌ترین شکل خود که منوط به حضور هر دو وجه متمم مکانیزمی و هویتی (مهندسی مکانیک -

طراحی صنعتی) در طراحی است، در طراحی جزری حضور دارد. مکانیزم‌های نوآورانه و بدیع در قالبی از فرم‌هایی که تابعیت معنایی بالایی دارند، جای گرفته‌اند.

جزری با پاسخ به نیاز حفاظت از اسناد و دارایی‌های ارزشمند، با طراحی قفلی ترکیبی، موفق شد محصولی فوق‌العاده ایمن و مطمئن ارائه دهد که باز کردن آن بدون دانستن رمز تقریباً غیرممکن است. این نوآوری او، گرچه براساس تکمیل ایده‌ها و دستاوردهای پیشینیان شکل گرفته، با توسعهٔ خلاقانه و نبوغ شخصی، به اثری بی‌نظیر تبدیل شده است. وی نه‌تنها امنیت فیزیکی و آرامش روانی صاحب صندوق را تضمین کرد، بلکه با توجه به زیبایی‌شناسی، جذابیت ظاهری محصول را نیز مورد توجه قرار داد. بهره‌گیری از فرم‌های الهام‌گرفته از طبیعت و نقش‌مایه‌های گیاهی و جانوری در طراحی اجزا، ترکیب فرم‌های مربع و دایره در الگوی ماندلایی که نمادی از پیوند زمین و آسمان و چرخهٔ تکامل است، و استفاده از عدد نمادین ۱۲ در حالات رمزنگارانه، نمونه‌هایی از این دقت و ظرافت هستند.

او مانند هر طراح برجسته، با ترکیب روش‌های مهندسی، نشانه‌شناسی و زیبایی‌شناسی، محصولی نظام‌مند و ساختاریافته خلق کرده که گویای درک عمیق او از اصول طراحی و مهندسی است. اگرچه او حدود ۸۵۰ سال قبل می‌زیسته، روند طراحی و نگارش توضیحات و جزئیاتی که در کتابش مورد توجه قرار داده است، مشابه فرایند علمی و هنری طراحی محصول در زمان حاضر است. این شاهکار، الهام‌بخش بسیاری از طراحان پس از او بوده و همچنان می‌تواند نمونه‌ای ارزشمند برای مطالعه باشد.

به‌عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های مشابه، می‌توان فرایند طراحی محصول را در سایر دستگاه‌های ابداعی بدیع‌الزمان جزری مورد واکاوی قرار داد تا جایگاه این طراح و هنرمند خلاق، بیش از پیش به جهانیان معرفی شود.

منابع

اسدی، زهره، کامیار، مریم، و ظفرمند، سید جواد. (۱۳۹۵). سنت مصورسازی متون علمی تمدن اسلامی (قرن ۶ و ۷ق)؛ مطالعهٔ موردی: کتاب الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعت‌الحیل جزری. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد پژوهش هنر. شیراز: دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه شیراز.

اکو، اومبرتو. (۱۳۸۴). پست‌مدرنیسم در یک زمان. ترجمهٔ نجف دریابندری. دنیای سخن، شمارهٔ ۶۴، ص۲۰.

امیرفضلی، علی. (۱۳۸۹)، روش‌های طراحی در مهندسی. تهران: مؤسسهٔ انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.

برنال، جان دزموند. (۱۳۸۰). علم در تاریخ. ترجمهٔ اسدپور پیرانفر و فانی. تهران: انتشارات امیرکبیر.

پیسی، آرنولد. (۱۳۷۶). تکنولوژی در تمدن جهان. ترجمهٔ فریدون بدره‌ای. تهران: انتشارات فرزان.

تندی، احمد، و امرایی، بابک. (۱۴۰۰). جایگاه طراحی و تفکر خلاق در علم حیَل؛ بررسی الگوهای منطق در علم صناعات عملی (با تأکید بر منابع اندیشمندان خراسانی). هنر خراسان، ۱ (۱)، ۸۵-۹۹.

جزری، ابوالعزّ اسماعیل بن رزّاز. (۱۳۸۰). مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی (الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعت‌الحیل). ترجمه و تحشیهٔ محمدجواد ناطق، حمیدرضا نفیسی و سعید رفعت‌جاه. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

حاجتی مدارائی، سردار. (۱۳۷۵). فرایند طراحی صنعتی. جزوهٔ ارائه‌شده در اولین کنفرانس طراحی صنعتی، دانشکدهٔ هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

حکیمی طهرانی، اردشیر. (۱۳۸۹). کلیات طراحی صنعتی. تهران: فرهنگسرای میردشتی.

خراسانی‌زاده، محمد. (۱۳۹۸الف). مصوّرسازی‌های نسخه‌ای خطی از ترجمهٔ فارسی کتاب فی معرفت الحیل الهندسیه. مبانی نظری هنرهای تجسمی، شمارهٔ ۸، ۷۳-۸۷.

خراسانی‌زاده، محمد. (۱۳۹۸ب). مطالعهٔ تطبیقی مصورسازی سه نسخهٔ خطی از کتاب الحیل بدیع‌الزمان جزری. مطالعات تطبیقی هنر، شمارهٔ ۱۵، ۱۰۱-۱۱۸.

خراسانی‌زاده، محمد، قاضی‌زاده، خشایار، افشاری، مرتضی، و عابدینی، احمد. (۱۴۰۰). بدیع‌الزمان جزری؛ نقطهٔ عطف فرایند علمی و هنری طراحی محصول در تمدن اسلامی. رسالهٔ دکتری تاریخ تطبیقی و تحلیلی هنر اسلامی. تهران: دانشکدهٔ هنر، دانشگاه شاهد.

خراسانی‌زاده، محمد، قاضی‌زاده، خشایار، افشاری، مرتضی، و عابدینی، احمد (۱۴۰۱الف). چگونگی بازنمایی دستگاه «ساعت فیلی» در نسخه‌های خطی کتاب بدیع‌الزمان جزری. مبانی نظری هنرهای تجسمی، ۷ (۱)، ۷۷-۹۶.

خراسانی‌زاده، محمد. (۱۴۰۱ب). بازخوانی و تحلیل دیدگاه هنرپژوهانهٔ کوماراسوامی دربارهٔ کتاب بدیع‌الزمان جزری. هنرهای صناعی اسلامی، ۶ (۱)، ۲۹-۴۰.

رحیمی، غلامحسین. (۱۳۹۰). فارابی، علم حیل و فلسفهٔ فناوری. پژوهشنامهٔ تاریخ تمدن اسلامی، ۴۴ (۱)، ۸۵-۱۰۲.

عمید، حسن. (۱۳۶۰). فرهنگ فارسی. تهران: انتشارات امیرکبیر.

لاوسون، برایان. (۱۳۹۲). طراحان چگونه می‌اندیشند؟. ترجمهٔ حمید ندیمی. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

معتمدی، اسفندیار. (۱۳۹۹). ابوالعز اسماعیل ابن جزری. رشد آموزش فیزیک، ۳۶ (۲)، ۴-۷.

یزدی‌پور، جواد. (۱۳۹۱). بررسی تحلیلی مدل‌های شاخص روند طراحی مهندسی و طراحی صنعتی. جلوهٔ هنر، شمارهٔ ۷، ۷۳-۸۸.

Ertas, A., & Jones, J. C. (1996). *The Engineering Design Process*. 2nd ed. New York : N.Y., John Wiley & Sons, Inc

Saliba, G. (1994). *A History of Arabic Astronomy*: *Planetary Theories During the Golden Age of Islam*. New York : University Press.

Tanabe, W. j. (2001). Japanese Mandalas : Representations of Sacred Geography. *Japanese Journal of Religious Studies*, 28 (1-2), 186-188.

Womack, M. (2005). *Symbols and Meaning*: *A Concise Introduction*. California : AltaMira Press.

منابع الکترونیکی

URL1 : nationalgeographic.com/history/history-magazine/article/ismail-al-jazari-muslim-inventor-called-father-robotics, access date : 1404/01/12.

URL2 : me.columbia.edu/what-mechanical-engineering, access date : 1404/01/12.

URL3 : Golan, Avi (2019). aljazaribook.com/en/2019/01/24/combination-lock, access date : 1404/01/12.

URL4 : cezerimuzesi.com/mobile-app/tr/gizlisayilar.html, access date : 1400/10/19.

URL5 : parsi.wiki/fa/wiki/476266, access date : 1404/01/12.

Recognition of Scientific and Artistic Process of Product Design in Innovations of Al-Jazari with an Emphasis on the Combined Lock

Mohammad Khorasanizadeh
Assistant Professor at Islamic Art Department, Faculty of Arts, Shahed University, Tehran, Iran (Corresponding Author)/ Khorasanizadeh@Shahed.ac.ir
Mahshid Mehreganfar
M.A. in Industrial Design, Department of Industrial Design, Applied Art Faculty, University of Art, Tehran, Iran/ M.mehreganfar.1317@gmail.com

Received: 17/04/2025
Accepted: 05/06/2025

Introduction

Badi' al-Zaman al-Jazari was a scientistof sixth century AH (12th century AD). He lived in the Diyarbakir region and illustrated 50 innovative and complementary designs for automated devices in his book. He is known as the father of robotics and a pioneer of mechanical engineering in the golden age of Islam; however a large part of his creativity and innovationsin his designs has been ignored. Examining al-Jazari'sdesign process from the perspective of both mechanical engineering and industrial design reveal new dimensions of this Muslim innovator's creativity. A look at his designs provides a new understanding of the turning point and development of his evolved style of product design. About 850 years ago, Jazari accomplished the most appropriate product designingin at least fifty devicesthrough a careful combination oftwomajor facets of product designing— i.e. mechanism and creativity.

Materials and Methods

The method of this research is descriptive-analytic and uses a qualitative approach to examine the process of product designing as carried out by al-Jazari in a combined lock. The method of data collection is the library based and conducted through direct observation and the evaluation of the product. The population under study is the devices designed by Jazari; the combined lock was examined as a specimen. This product was a coded lock that uses the consonance of twelve letters to secure the lid of a special chest and lock it. This lock, which was installed on special chests, could complete the safest storage facilities for protecting documents and treasures. This study focused on the combined lockto analyze it comprehensively. The main question of the research was to explore how the scientific and artistic process of product designing can be evaluated in the invention of the Jazari's combined lock.

Results and Findings

What is obtained from the analogy of product design processes in mechanical engineering and industrial design is generally summarized in the field of expertise. Both sciences focus on responding to a need by creating a response. However, the response in mechanical engineer is to design and create a mechanism and system so that a mechanism can be tested. In industrial designer is to design an identity for industrial products. This is done with the aim of creating and enhancing the most effective connection between humans and industrial products. The index of measuring is form, aesthetics, ergonomics, meaning and human values, the degree of effective connection with the user, and the share of success in the commercial market. In this research, al- Jazari's combined lock was evaluated. Al-Jazari's had system included a central hub connected to four locks, each of which consisted of three disks. This system had millions of possible states that were practically impossible for someone who did not know the code to decipher it; this feature made a masterpiece of this lock in terms of security equipment. Afterwards,al-Jazari proceeded to build a complete and functional prototype of his device. He, then, provided detailed descriptions of the product and used numerous

images to facilitate the understanding of its appearance, structure, components, parts, and intricate mechanisms. These images not only increased the visual appeal of the product but also made it easier for the audience to understand the function and construction of the device. This method of documentation demonstratedal-Jazari's scientific and engineering approach as well as his special attention to details and knowledge transfer.

Conclusion

Responding to the need of protecting valuable documents and assets, al-Jazari succeeded in designing a combined lock, offering an extremely safe and secure product. Although this innovation was formed based on the completion of the ideas and achievements of his predecessors, it became a unique work with creative development and personal ingenuity. Henot only ensured the physical security and psychological peace of the owner of the valuable boxes but also paid attention to the aesthetic appeals of the product. The use of forms inspired by nature and plant and animal motifs in the design of the components, the combination of square and circle forms in the mandala pattern that symbolizes the connection between earth and sky as well as the cycle of evolution, and the use of the symbolic number 12 in cryptographic situations are proofs of this precision and elegance. Like any outstanding designer, he has created a systematic and structured product by combining engineering methods, semiotics, and aesthetics, which reflects his deep understanding of the principles of design and engineering. Although he lived about 850 years ago, the process of designing and writing the descriptions and details he covered in his book is similar to the scientific and artistic process of product designing today and has inspired many designers after him.

Keywords: combined lock, al-Jazari, product design process, industrial design, mechanical engineering.

References

Amid, H. (1981). *Persian language*. Tehran: Amir Kabir Publications [In Persian].

Amirfazli, A. (2009). *Design methods in engineering*. Tehran: Sharif University of Technology Scientific Publishing Institute [In Persian].

Asadi, Z., Kamyar, M., & Zafarmand, S. J. (2016). *The tradition of illustrating scientific texts in Islamic civilization (6th and 7th centuries AH); Case study: Kitab al-Jami' bain al-Ilm wa al-Amal al-Nafi' fi sna'at al-Hiyal al-Jazari*. Master's thesis in Art Research. Shiraz: Faculty of Art and Architecture, Shiraz University [In Persian].

Bernal, J. D. (2001). *Science in history*. Translated byAsadpour Piranfar and Fani. Tehran: Amir Kabir Press [In Persian].

Eco, U. (2005). Postmodernism in a time.Translated byN. Daryabandari. *Donyaye Sokhan*, (64), p. 20 [In Persian].

Ertas, A.,& Jones, J. C. (1996). *The engineering design process*. 2nd ed. New York: N.Y., John Wiley & Sons Inc.

Hajati-Modaraei, S. (1992). The industrial design process. Paper presented at *the First Industrial Design Conference*, Faculty of Fine Arts, University of Tehran [In Persian].

Hakimi Tehrani, A. (2010). Generalities of industrial design. Tehran: Mirdashti Cultural Center [In Persian].

Jazari, A. I. (2001). Theoretical and practical foundations of mechanical engineering in Islamic civilization (al-Jami' bain al-Ilm wa al-Amal al-Nafi' fi sna'at al-Hiyal). Translated and edited byM. J. Nateq, H. R. Nafisi, S. Rafatjah. Tehran: University Publishing Center [In Persian].

Khorasanizadeh, M. (2019A). Manuscript illustrations of the Persian translation of the book of knowledge of the Al-Hindsiyah. *Theoretical Foundations of Visual Arts*, (8), 73-87 [In Persian].

Khorasanizadeh, M. (2019B). A comparative study of the illustrations of three manuscripts of the book of the al-Hindsiyah by Badi’ al-Zaman Jazari. *Comparative Art Studies*, (15), 101-118 [In Persian].
Khorasanizadeh, M. (2022B). Rereading and analyzing Coomaraswamy's art studies perspective on Badi' al-Zaman al-Jazari's book, *Islamic Industrial Arts*, *6*(1), 29-40 [In Persian].
Khorasanizadeh, M., Ghazizadeh, Kh., Afshari, M., & Abedini, A. (2021). *Badi’ al-Zaman Jazari: A turning point in the scientific and artistic process of product design in Islamic civilization*. PhD Thesis on Comparative and Analytical History of Islamic Art. Tehran: Faculty of Art, Shahed University [In Persian].
Khorasanizadeh, M., Ghazizadeh, Kh., Afshari, M., & Abedini, A. (2022A). How the elephant clock device is represented in the manuscripts of Badi' al-Zaman al-Jazari's book. *Theoretical Foundations of Visual Arts*, *7*(1), 77-96 [In Persian].
Lawson, B. (2013). How designers think. Translated byH. Nadimi. Tehran: Shahid Beheshti University Publications [In Persian].
Motamedi, E. (2020). Abu'l-Ezz Isma'il Ibn al-Jazari. *Physics Education Growth*, *36*(2), 4-7 [In Persian].
Pacey, A. (2007). *Technology in world civilization*. Translated byF. Badreh. Tehran: Farzan Publications [In Persian].
Rahimi, Gh. H. (2011). Al-Farabi, science of trickery and philosophy of technology. *Research Journal of Islamic Civilization History*, *44*(1), 85-102 [In Persian].
Saliba, G. (1994). *A History of Arabicastronomy: Planetary theories during the golden age of Islam*. New York: University Press.
Tanabe, W. j. (2001). Japanese mandalas: Representations of sacred geography. *Japanese Journal of Religious Studies*, *28*(1-2), 186–188.
Tondi, A., &Amraei, B. (2021). The place of design and creative thinking in the science of engineering: A study of logical patterns in the science of practical crafts (With Emphasis on the Sources of Khorasani Scholars). *Khorasan Art*, *1*(1), 85-99 [In Persian].
Womack, M. (2005). *Symbols and meaning: A concise introduction*. California: AltaMira Press.
Yazdipour, J. (2012). Analytical study of the index models of engineering design and industrial design trends. *Jelveh Honar*, (7), 73-88 [In Persian].