

تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، ص ۱۴۱-۱۶۵

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی (د. ۶۰۲/ق ۱۲۰۵ م) از ایده‌های بنی موسی بن شاکر  
(قرن ۳/ق ۹ م) در طراحی فواره‌های خودکار

ایرج نیک‌سرشت (نویسنده مسؤل)  
دانشیار، پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران

nikseresht@ut.ac.ir

سعید نظری

دکترای تاریخ و تمدن ملل اسلامی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین

saeednazari\_mech@yahoo.com

DOI: 10.22059/JIHS.2022.348994.371704

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۳۱؛ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۱)

#### چکیده

مبحث فواره‌های خودکار یا فواره‌هایی که بدون دخالت عامل خارجی در فواصل زمانی مشخص تغییر شکل می‌دهند، یکی از موضوعاتی است که در کتاب‌های حیل دوره اسلامی (معادل تقریبی مهندسی مکانیک) آمده است. اولین نمونه‌ها از این نوع فواره را بنی موسی بن شاکر (قرن ۳/ق ۹ م) در کتاب الحیل خود آورده‌اند. ظاهراً این طرح‌ها مستقل از میراث یونانی و حاصل نبوغ و تفکر بنی موسی بن شاکر بوده است. پس از بنی موسی، ابوالعز جزی (د. ۶۰۲/ق ۱۲۰۵ م) در بخش فواره‌های خودکار کتاب خود، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل، ضمن ایراد گرفتن از طرح‌های فواره بنی موسی، نمونه‌های جدیدی از این نوع فواره ارائه کرده است. به‌رغم تفاوت ظاهری طرح‌های جزی با فواره‌های توسط بنی موسی و تأکید جزی بر الگو نگرفتن از روش‌های آنان در طراحی فواره‌ها، به نظر می‌رسد که وی تا حد زیادی تحت تأثیر ایده‌های آنان بوده است. در مقاله حاضر ضمن شرح مختصری از فواره‌های خودکار در دو کتاب مذکور، میزان این تأثیرپذیری بررسی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: بنی موسی، جزی، علم الحیل، فواره‌های خودکار.

## مقدمه

به کار گرفتن فواره ساده قدمتی طولانی دارد و سابقه آن به پیش از ظهور اسلام و به تمدن‌های روم و ایران باستان بر می‌گردد (Parker, 306). این فواره‌ها در گذشته نیز، همچون روزگار ما، به منظور زیبایی بنا و ایجاد صدایی دلنشین در فضا به کار می‌رفته‌اند. با شکوفایی تمدن اسلامی، دانشمندان اسلامی به طراحی فواره‌هایی دست زدند که نسبت به فواره‌های ساده‌پس‌تر بودند. این فواره‌ها بدون دخالت عامل خارجی، در فواصل زمانی مشخص تغییر شکل می‌دادند و موجب تحیر و سرگرمی ناظران می‌شدند.

این‌گونه فواره که به اختصار آن را «فواره خودکار» می‌نامیم، در واقع یک دستگاه مکانیکی است و علاوه بر کاربرد زیبایی و سرگرمی، از نظر علم مکانیک دارای اهمیت بوده و در سه کتاب مهم علم الحیل در دوره اسلامی، نمونه‌هایی از آن آمده است. اولین نمونه‌ها از فواره‌های خودکار در کتاب الحیل بنی موسی آمده است. دونالد هیل معتقد است که ایده طراحی این فواره‌ها متعلق به خود بنی موسی است و ارتباطی با میراث یونانی ندارد (Hill, 273). پس از بنی موسی، ابوالعزیزی در کتاب بسیار مهمش در زمینه علم الحیل، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل، تعداد دیگری از این‌گونه فواره‌ها را طراحی کرده است. فواره‌های خودکار جزئی تفاوت‌های زیادی با طرح‌های بنی موسی دارد و از نظر طرح، دقیق‌تر و از نظر ساخت، عملی‌تر است. آخرین نمونه‌ها از فواره‌های خودکار در دوره اسلامی در کتاب الطرق السنيه فی الآلات الروحانية تقی‌الدین راصد (د. ۹۹۳/ق ۱۵۸۵ م) دیده می‌شود که تا حد زیادی تحت تأثیر طرح‌های جزیری است و نوآوری چندانی ندارد.

این فواره‌های به ظاهر جادویی از دو قسمت اصلی تشکیل شده‌اند؛ الف) نوک فواره و ب) سیستم کنترل.<sup>۱</sup>

نوک فواره در معرض دید ناظران و در وسط حوض یا آبگیر نصب می‌شده و تغییر شکل فوران آن حیرت و سرگرمی ناظران را در پی داشته است. این قسمت از دو بخش مجزا تشکیل شده که داخل یکدیگر قرار دارند و هر کدام از آن‌ها موجب تشکیل یک شکل فوران می‌شوند. دو لوله داخل هم این دو بخش را به‌طور جداگانه به سیستم

۱. مقصود از سیستم کنترل در این فواره‌ها مجموعه‌ای از عناصر یا اجزایی است که این اجزا به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم به همدیگر وابستگی دارند و با استفاده از قوانین مکانیکی، آب ورودی را به نوبت به داخل یکی از مجراهای تشکیل فواره هدایت می‌کنند.

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر.../ ۱۴۳

کنترل متصل می‌کند. آب از سیستم کنترل به تناوب در یکی از این دو لوله داخل هم جریان پیدا کرده و وارد یکی از دو بخش نوک فواره شده و یکی از دو شکل فوران پدیدار می‌شود.

هدایت متناوب و منظم آب به داخل دو لوله داخل هم بر عهده سیستم کنترل فواره است. اساس کار این سیستم‌ها دریافت آب از یک ورودی و انتقال آن به یکی از دو خروجی است. به عبارت دیگر، آب از طریق ورودی - که می‌توانسته آب یک حوض یا نهر واقع در ارتفاع بالاتر باشد- وارد سیستم کنترل فواره شده و با تمهیداتی - که شرح آن در ادامه می‌آید- به داخل یکی از دو لوله داخل هم هدایت شده و در نهایت یکی از دو شکل مورد نظر را در نوک فواره به وجود می‌آورد. این سیستم کنترل می‌بایست درون محفظه‌ای دور از دید مردم ساخته می‌شد تا راز تغییر شکل این فواره‌ها بر مردم پوشیده بماند و با این کار بر جذابیت و شگفتی آن‌ها افزوده شود.

موضوع فواره‌های خودکار به عنوان شاخه‌ای از علم الحیل، در بردارنده اصول فنی و ایده‌های علمی مخصوص به خود است که سنگ بنای آن‌ها را بنی موسی گذاشتند. پس از ایشان، ابوالعز جزی با مطالعه دقیق طرح فواره‌های آنان و اصلاح برخی اشکالات و کاستی‌ها، به ارائه طرح‌هایی عملی‌تر و دقیق‌تر پرداخت. به رغم آن که او مدعی است از ایده‌های بنو موسی استفاده نکرده است، اما به نظر می‌رسد که جزی تا حد زیادی از اصول فنی فواره‌های بنی موسی بهره برده و در واقع اساس کار خود را بر ایده‌های ایشان گذاشته است. پژوهش حاضر در پی آن است که با مقایسه محتوایی طرح فواره‌های دو کتاب الحیل و الجامع بین العلم و العمل با یکدیگر، میزان تأثیرپذیری جزی از بنی موسی در طراحی فواره‌های خودکار را مشخص کند.

#### الف) بررسی اجمالی فواره‌های خودکار بنی موسی و جزی

##### ۱- فواره‌های بنی موسی

بنی موسی در میان ۱۰۰ طرح از دستگاه‌های مختلف، طرح هفت فواره را نیز آورده‌اند که به جز نخستین آن‌ها، شش فواره دیگر جزء فواره‌های خودکار هستند و در فواصل زمانی معین شکل فوران آن‌ها تغییر می‌کند. سیستم‌های کنترل به کار رفته در شش فواره خودکار بنی موسی را می‌توان به دو گونه متمایز تقسیم کرد. نوع اول که در فواره‌های دوم، سوم و چهارم (به ترتیب شکل‌های ۱، ۳ و ۲) دیده می‌شود، از دو حوضچه کنار

۱۴۴ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

هم تشکیل شده و هریک از این حوضچه‌ها توسط یکی از لوله‌های داخل هم به یکی از دو بخش نوک فواره متصل شده‌اند. آب به نوبت به داخل این حوضچه‌ها می‌ریزد و از طریق یکی از لوله‌ها به یک بخش از نوک فواره راه پیدا کرده و یک شکل فوران را ایجاد می‌کند. ساز و کار تقسیم متناوب آب بین دو حوضچه نیز به دو گونه متفاوت است. در فواره‌های دوم و چهارم، این تقسیم آب توسط یک بازوی تعادلی یک طرفه انجام می‌شود، اما در فواره سوم یک منبع گردان بالای دو حوضچه این وظیفه را بر عهده دارد (نک: ادامه مقاله).

نوع دوم سیستم‌های کنترل که در فواره‌های پنجم، ششم و هفتم (شکل‌های ۴، ۵ و ۶) به کار رفته، از یک شیر چرخان تشکیل شده که دو خروجی دارد و هریک از این خروجی‌ها به یکی از دو لوله داخل هم متصل شده است. شیر می‌چرخد و هر بار دهانه شیر در برابر یکی از خروجی‌ها قرار می‌گیرد و آب را به داخل آن هدایت کرده و یک شکل فوران را ایجاد می‌کند.

همان‌طور که آمد، ایده طراحی این فواره‌ها متعلق به خود بنی موسی و در واقع حاصل نبوغ و دانش آن‌ها بوده و در میراث یونانی (آثار فیلون بیزنطی، هرون اسکندرانی) اثری از این گونه فواره‌های خودکار نیست. در باره ساخت و به اجرا در آمدن این طرح‌ها اطلاعی در دست نیست، اما نوع اول سیستم‌های کنترل آن‌ها در دوره‌های بعد اساس کار جزری و تقی‌الدین شدند و طرح فواره‌های این دو نفر تا حد زیادی وامدار این بخش از کار بنی موسی است. اما نوع دوم که جزری در مقدمه بخش فواره‌های خود به آن انتقاد دارد (جزری، ۳۹۳)، شاید به دلیل غیر اجرایی و غیر عملی بودن، پس از بنی موسی متروک ماند و کسی آن را دنبال نکرد.

#### ۱-۱- فواره‌های دوم و چهارم

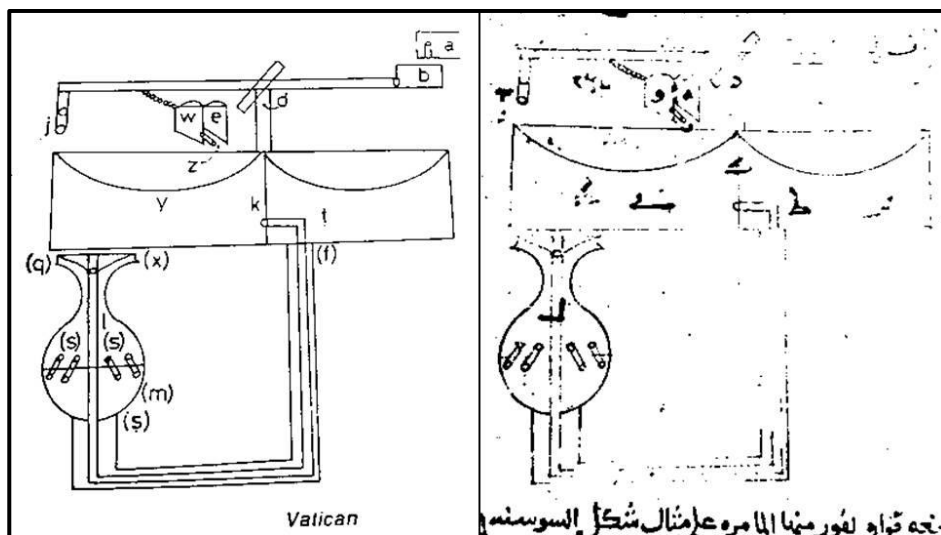
فواره دوم بنی موسی (شکل ۱)، اولین فواره خودکار این کتاب محسوب می‌شود. این فواره ابتدا شبیه به «نیزه»<sup>۱</sup> فوران می‌کند و پس از مدتی این فوران متوقف شده و آب برای مدت مشخص بعدی به صورت «سپر»<sup>۲</sup> از فواره بیرون می‌جهد و سپس دوباره

۱. «القناة»، مقصود خروج آب به صورت ستونی باریک و عمودی است.

۲. «الترس»، مقصود خروج آب به صورت صفحه افقی نازکی است که کمی تقعر رو به پایین دارد.

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۴۵

شکل نیزه جایگزین سپر می‌شود و این روند تا زمانی که آب به داخل فواره جریان داشته باشد، ادامه دارد.

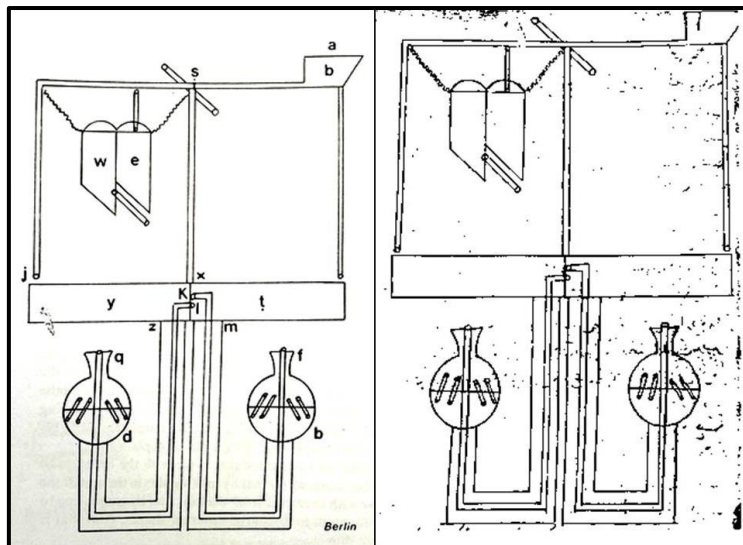


شکل ۱. تصویر فواره دوم در نسخه خطی و تصویر بازسازی شده در ترجمه انگلیسی

اساس کار این فواره لوله تعادلی یک طرفه‌ای است که آب را به نوبت بین دو حوضچه که در زیر تعبیه شده‌اند تقسیم می‌کند. در سمت چپ این لوله تعادلی دو محفظه کوچک w و e نصب شده‌اند که به مرور پر می‌شوند. تا زمانی که این دو محفظه پر نشده باشند، آب از طریق لوله تعادلی به محفظه y می‌ریزد. با پر شدن محفظه‌ها، سمت چپ لوله سنگین شده و آن را به سمت چپ متمایل می‌کند. با این کار ورودی بازو (b) از جلوی ورودی a کنار رفته و آب به داخل حوضچه t ریخته می‌شود.

فواره چهارم (شکل ۲) دقیقاً ساز و کاری شبیه به فواره دوم دارد با این تفاوت که دو خروجی در کنار هم آمده‌اند این طرح دو نوک فواره دارد که در یک حوض کنار هم نصب می‌شوند. با جاری شدن آب، یکی از نوک فواره‌ها شبیه به «نیزه» و نوک فواره دیگری شبیه به «سپر» فوران می‌کند، پس از مدتی مشخص، به طور هم‌زمان، نوک فواره‌ای که حالت فوران نیزه‌ای داشت شبیه به سپر فوران می‌کند و دیگری که فورانش شبیه به سپر بود، از آن به بعد به صورت نیزه فوران می‌کند.

۱۴۶ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱



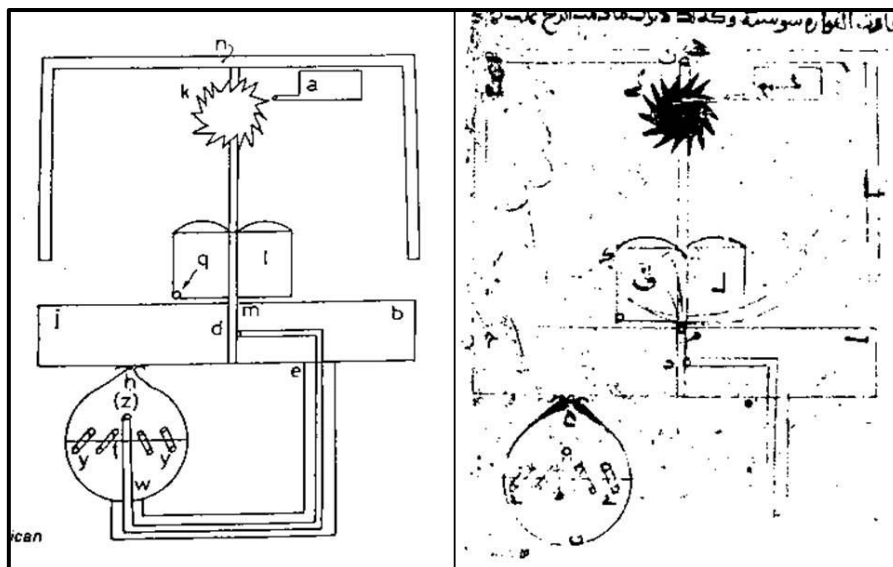
شکل ۲. تصویر فواره چهارم در نسخه خطی و تصویر بازسازی شده در ترجمه انگلیسی

#### ۱-۲- فواره سوم

این فواره (شکل ۳) برای مدتی به شکل «گل سوسن»<sup>۱</sup> و برای مدتی به شکل «نیزه» فوران می‌کند. در این فواره تقسیم متناوب آب بین دو حوضچه توسط یک مخزن چرخان انجام می‌شود که در بالای دو حوضچه نصب شده است. یک سوراخ روی بدنه این مخزن به عنوان خروجی وجود دارد. با چرخش مخزن توسط پره نصب شده روی محور آن، در هر نیم دور گردش خروجی مخزن بر بالای یکی از حوضچه‌ها قرار گرفته و آب به داخل آن حوضچه می‌ریزد.

۱. «السوسنة»، مقصود خروج آب به شکل شیپور است.

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۴۷



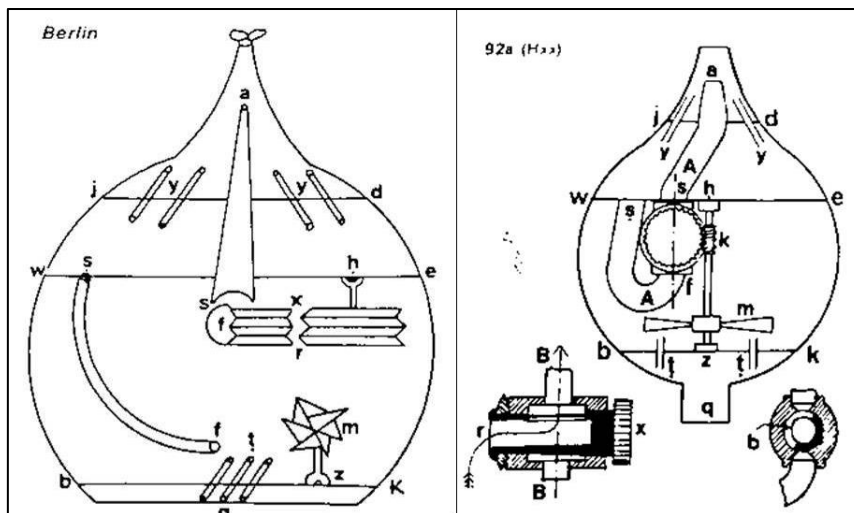
شکل ۳. تصویر فواره سوم در نسخه خطی و تصویر بازسازی شده در ترجمه انگلیسی

### ۱-۳- فواره‌های پنجم، ششم و هفتم

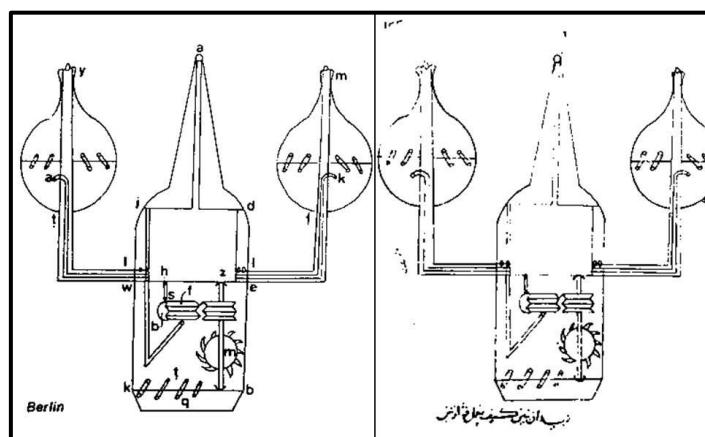
این سه فواره دارای ویژگی منحصر به فردی هستند، در هر سه فواره سیستم کنترل در داخل محفظه نوک فواره قرار گرفته است. در واقع در این سه طرح، دیگر نیازی به دو حوضچه جداگانه و لوله‌کشی از آن‌ها به سمت نوک فواره نیست. آب به وسیله شیر چرخانی که در داخل محفظه قرار دارد، به نوبت وارد یکی از مجراهای فواره می‌شود و تغییر شکل‌های متناوب را پدید می‌آورد.

فواره پنجم (شکل ۴)، با ساز و کاری که گفته شد یک بار شبیه به «گل سوسن» و بار دیگر شبیه به «نیزه» فوران خواهد کرد و این دو شکل مرتباً جای یکدیگر را خواهند گرفت.

تفاوت اصلی فواره ششم (شکل ۵) با پنجم در تعبیه دو نوک فواره جانبی در کنار نوک فواره اصلی است که مخالف با آن فوران می‌کنند. یعنی زمانی که نوک فواره اصلی شبیه به نیزه فوران می‌کند، آب از دو نوک فواره جانبی به صورت سپر خارج می‌شود و زمانی که فوران قسمت اصلی شبیه به سپر باشد، دو قسمت جانبی به صورت نیزه فوران می‌کنند.



شکل ۴. تصویر فواره پنجم در ترجمه انگلیسی و تصویر بازسازی شده توسط هاوسر



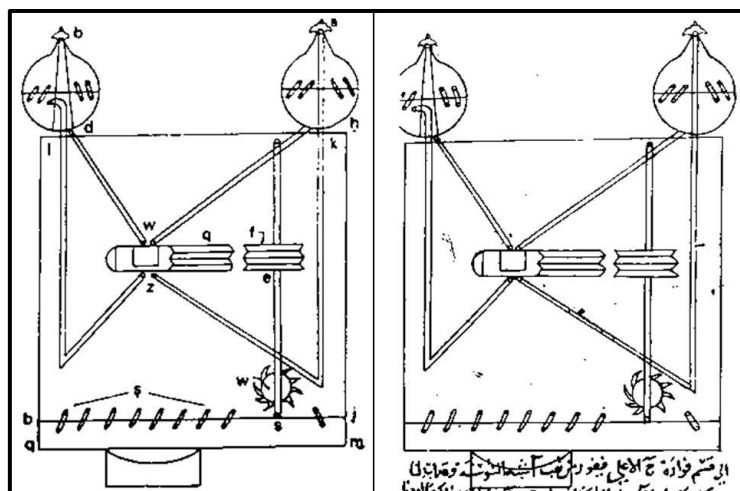
شکل ۵. تصویر فواره ششم در نسخه خطی و تصویر بازسازی شده در ترجمه انگلیسی

فواره هفتم (شکل ۶) نیز کاملاً شبیه به فواره پنجم است، با این تفاوت که به جای یک خروجی، دو خروجی دارد. سیستم کنترل فواره که همان سیستم کنترل استفاده شده در دو طرح قبلی است، در شکل این طرح بهتر و واضح تر نشان داده شده است. این سیستم کنترل که درون یک مکعب قرار گرفته با لوله‌هایی به دو فواره متصل می‌شود. زمانی که یکی از دو نوک فواره شبیه به گل سوسن فوران می‌کند، فوران نوک فواره دیگر



بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر.../۱۴۹

شبیبه به نیزه است. مانند موارد مشابه قبلی، با گذشت زمان شکل فوران دو نوک فواره مدام با هم عوض می‌شود.



شکل ۶. تصویر فواره هفتم در نسخه خطی و تصویر بازسازی شده در ترجمه انگلیسی

## ۲- فواره‌های جزی

کتاب جزی، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل، شامل شش نوع مختلف از دستگاه‌های مکانیکی است. نوع چهارم این کتاب با عنوان «فواره‌هایی که در فاصله‌های زمانی معین تغییر شکل می‌دهند و طرزکار نی دائمی»، به شرح شیوه ساخت و طرزکار شش فواره خودکار در کنار چهار دستگاه نی زنی دائمی اختصاص دارد. بر خلاف بنی موسی که پیش از توضیح فواره‌های خودکار طرز ساخت یک فواره ساده را توضیح داده‌اند، هر شش فواره طراحی شده توسط جزی خودکار بوده و با فواصل زمانی مشخص تغییر شکل می‌دهند.

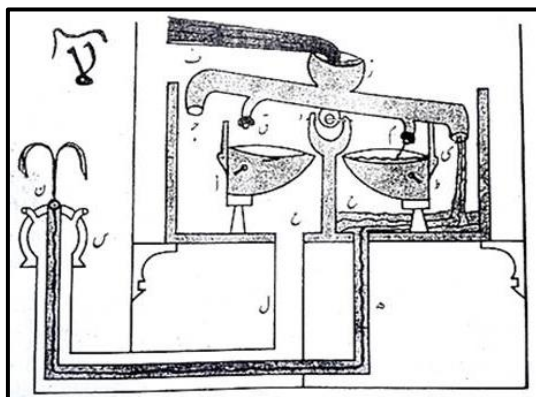
اساس کار سیستم کنترل چهار فواره نخست، استفاده از لوله تعادلی «میزاب» در بالای دو حوضچه کنار هم است که با گذشت مدت زمانی مشخص و به تناوب، میزاب آب را به داخل این دو حوضچه ریخته و دو شکل مختلف فواره به وجود می‌آید. سیستم کنترل این چهار طرح، دو به دو با هم یکسان است و تنها در تعداد فواره با هم اختلاف دارند. سیستم کنترل دو فواره پنجم و ششم (شکل‌های ۱۱ و ۱۲) نیز با استفاده از یک شیر مخروطی دو طرفه، آب را به نوبت به سمت یکی از دو شکل فواره هدایت می‌کند. این شیر از یک تویی دو طرف مخروطی و دو دهانه با شکل مخروط برعکس تشکیل

۱۵۰ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

شده است. این توپی، به نوبت و با گذشت مدتی مشخص، یکی از دو دهانه شیر را بسته و دیگری را باز می‌کند. به این ترتیب آب در هر بار به سمت یک شکل از فوران حرکت می‌کند.

## ۲-۱- فواره‌های اول و دوم

در فواره اول جزری (شکل ۷) آب به مدت یک ساعت شبیه به «تک شاخه عمودی»<sup>۱</sup> از فوران می‌کند، سپس تغییر شکل داده و یک ساعت شبیه به «شش چوب چوگان»<sup>۲</sup> از نوک فواره خارج می‌شود. ساختمان سیستم کنترل این فواره از لوله تعادلی میزاب، دو حوضچه کنار هم و کفه‌هایی به شکل نصف یک قایق در داخل آن‌ها تشکیل شده است. لوله میزاب دو خروجی در هر سمت دارد که یکی از آن‌ها به داخل حوضچه و دیگری به داخل کفه زیر خود می‌ریزد. با پر شدن کفه، حالت تعادل آن به هم خورده و آب داخلش به داخل حوضچه تخلیه می‌شود. با چرخش کفه حول محور خود، قطعه عمودی نصب شده در انتهای آن لوله میزاب را به بالا هل داده و به سمت دیگر کج می‌کند.



شکل ۷. تصویر فواره اول جزری (۳۹۷)

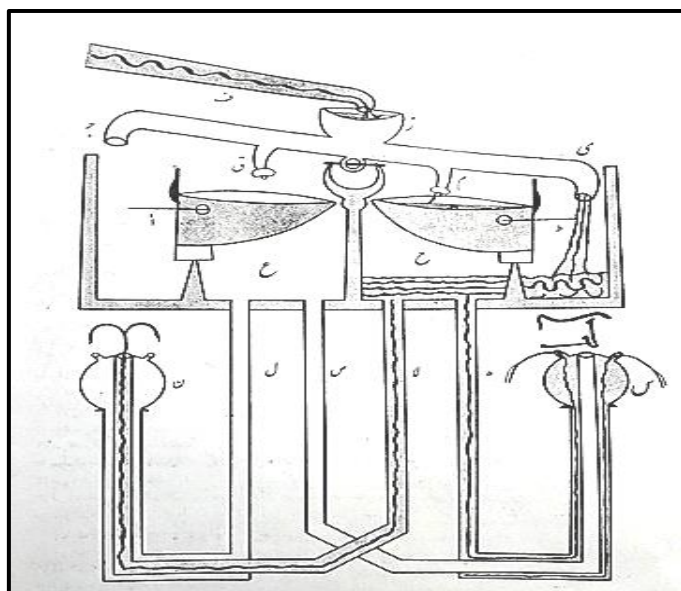
فواره دوم (شکل ۸) همان فواره اول است با این تفاوت که فواره اخیر دارای دو نوک فواره است، به شکلی که به مدت یک ساعت یکی از فواره‌ها به شکل «تک شاخه

۱. «قضیباً منتصباً»، مقصود خروج آب به صورت ستونی باریک و عمودی است. بنی موسی این حالت فوران را «نیزه» نامیده‌اند.

۲. «صوالجة ستة»، مقصود خروج آب به شکل کمانی است. آنان این کمان‌ها را به چوب چوگان تشبیه کرده‌اند.

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۵۱

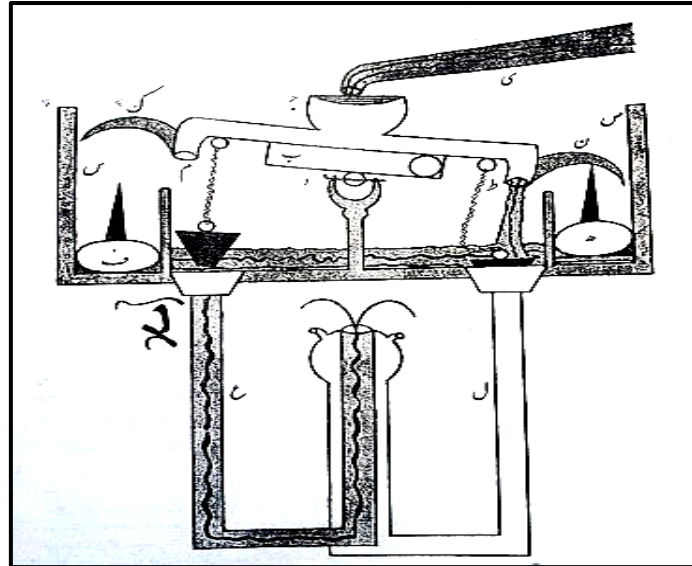
عمودی» و فواره دیگری به شکل «شش چوب چوگان» فوران می‌کند. پس از گذشت یک ساعت شکل فوران آن‌ها با یکدیگر عوض می‌شود.



شکل ۸. تصویر فواره دوم جزی (۴۰۰)

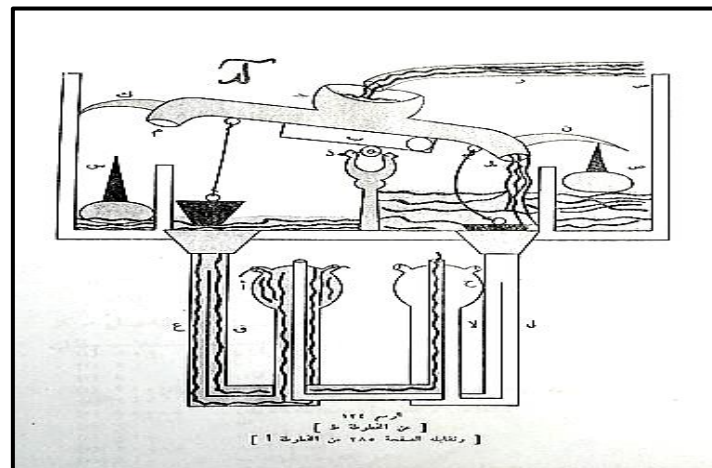
## ۲-۲- فواره‌های سوم و چهارم

فواره سوم (شکل ۹) به دو شکل «چوب چوگان» و «گل سوسن» فوران می‌کند که با گذشت مدت زمان یک ربع ساعت، این دو شکل به نوبت جای یکدیگر را می‌گیرند. سیستم کنترل این فواره تا حدودی شبیه به دو فواره قبل است. دو حوضچه کنار هم و یک لوله میزاب که بر روی پایه‌ای در میان دو حوضچه قرار داشته، در این طرح نیز تکرار شده است. تفاوت اصلی این دو سیستم در روش کج کردن میزاب به چپ و راست به‌طور متناوب است. در این سیستم این مهم با به‌کارگیری دو شناور انجام می‌شود. این شناورها که در داخل محفظه مخصوص به خود قرار دارند، با بالا آمدن سطح آب حوضچه سمت خود بالا می‌آیند و با زائده‌ای که دارند به میزاب فشار آورده و آن را به سمت مخالف کج می‌کنند.



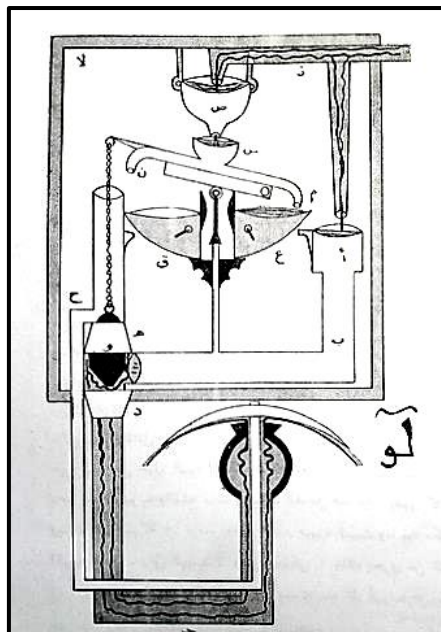
شکل ۹. تصویر فواره سوم جزری (۴۰۴)

فواره چهارم (شکل ۱۰) همان فواره سوم است که مکانیسم‌های آن مضاعف شده‌اند. دو نوک فواره این طرح در هر یک ربع ساعت، یکی به صورت چوب چوگان و دیگری به شکل گل سوسن فوران می‌کند. پس از گذشت این مدت شکل فوران فواره‌ها با یکدیگر عوض می‌شود.



شکل ۱۰. تصویر فواره چهارم جزری (۴۰۷)





شکل ۱۲. تصویر فواره ششم جزری (۴۲۰)

ب) تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی در طراحی فواره‌های خودکار

#### ۱- انتقاد جزی از ایده‌های بنی موسی

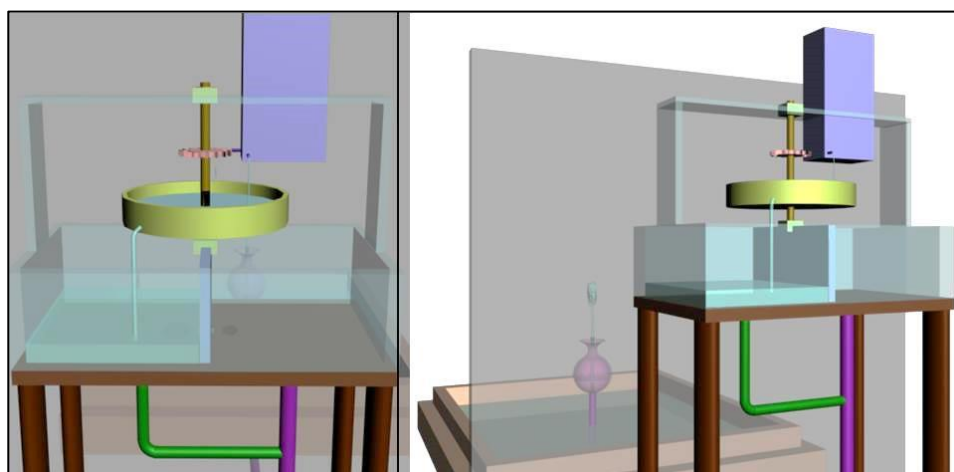
جزری در مقدمه بخش مربوط به فواره‌های کتاب خود اذعان می‌کند که طرح‌های فواره‌های بنی موسی را بررسی کرده و با آن‌ها آشنا بوده است. با این حال ادعا می‌کند که از ایده‌های ایشان استفاده نکرده است.<sup>۱</sup> با توجه به تأثیرپذیری جزی از برخی ایده‌های بنی موسی (نک: ادامه مقاله)، ظاهراً مقصود جزی از این سخن آن است که او از آن دسته طرح‌هایی که اساس آن‌ها بر چرخش استوار است استفاده نکرده است، یعنی سیستم‌های کنترل به‌کار رفته در فواره‌های سوم، پنجم، ششم و هفتم بنی موسی (شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶). چرا که وی در ادامه می‌نویسد:

۱. وی می‌گوید: «من روش بنی موسی را در این کار دنبال نکردم. خداوند رحمتشان کند و علو درجات دهد که در این موضوعات پیشکسوت بودند»، (جزری، ۳۹۳)

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۵۵

آنان تبدیل شکل فواره را با پره‌هایی که با هوا یا آب می‌چرخد، به گونه‌ای انجام داده‌اند که در هر دور، فواره‌ها با آن تغییر شکل می‌دهند، اما این زمان برای پدیدار شدن تغییر شکل کوتاه است.

نظر انتقادی جزی در باره طرح‌های چرخشی بنی موسی سبب شده که وی از آن‌ها در سیستم کنترل فواره‌های خود استفاده نکند. البته حق با جزی است و اگر طرح‌های چرخشی بنی موسی به ترتیبی که در کتاب الحیل آمده ساخته شود، قطعاً در عمل دچار مشکل خواهد شد. در سیستم کنترل فواره سوم بنی موسی (شکل ۱۳) آب توسط مخزن چرخان بین دو حوضچه تقسیم می‌شود.



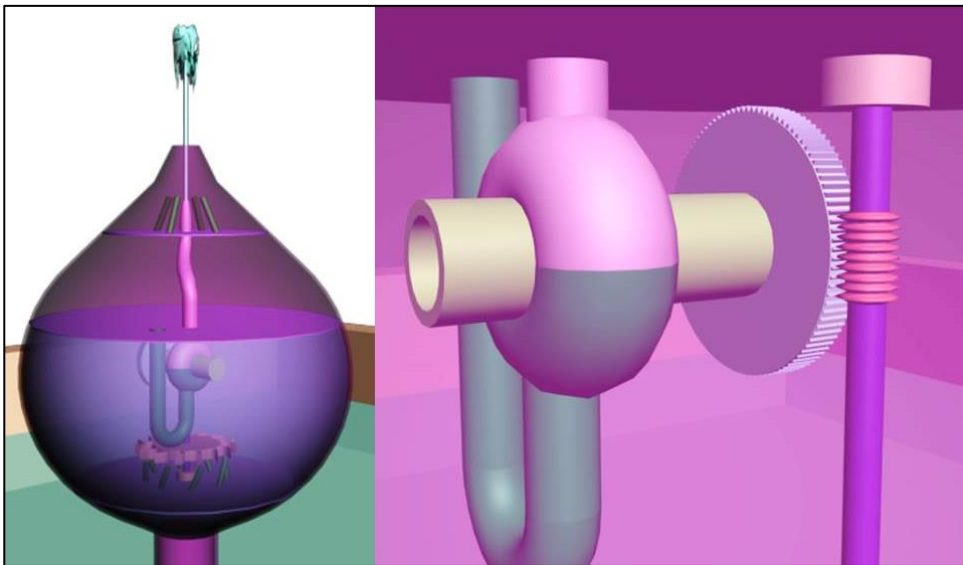
شکل ۱۳. تصویر بازسازی شده سیستم کنترل فواره سوم بنی موسی

سهم هریک از حوضچه‌ها از آب ورودی به سیستم کنترل، آن مقدار آبی است که در نیم دور چرخش مخزن از سوراخ خروجی خارج شده است. با توجه به سرعت چرخش یک پره معمولی که با آب می‌چرخد، می‌توان گفت که سهم هر شکل از فواره‌ها، مقدار آب خروجی از مخزن در زمان حدود یک ثانیه است که مسلماً آن قدری نیست که یک فواره کامل را به وجود آورد.

در فواره پنجم (شکل ۱۴) و به تبع آن فواره‌های ششم و هفتم نیز همین مشکل وجود دارد، یعنی بر اساس متن کتاب بنی موسی، تقسیم آب به داخل دو مجرا به قدری سریع است که احتمالاً هیچ فواره‌ای تشکیل نمی‌شود. همان‌طور که گفته شد، تغییر شکل در این فواره‌ها به وسیله شیر چرخانی ایجاد می‌شود که چرخش آن آب را به ترتیب به

۱۵۶ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

مجرای یکی از فواره‌ها وارد می‌کند. مسلماً اگر این چرخش سریع باشد، مدت زمان فوران هر شکل فواره بسیار کم می‌شود و حتی ممکن است که به دلیل زمان اندک، شکل مورد نظر فواره اصلاً به وجود نیاید. این همان اشکالی است که جزری بر این طرح‌ها وارد کرده و تا حد زیادی هم درست است.



شکل ۱۴. تصویر بازسازی شده فواره پنجم بنی موسی

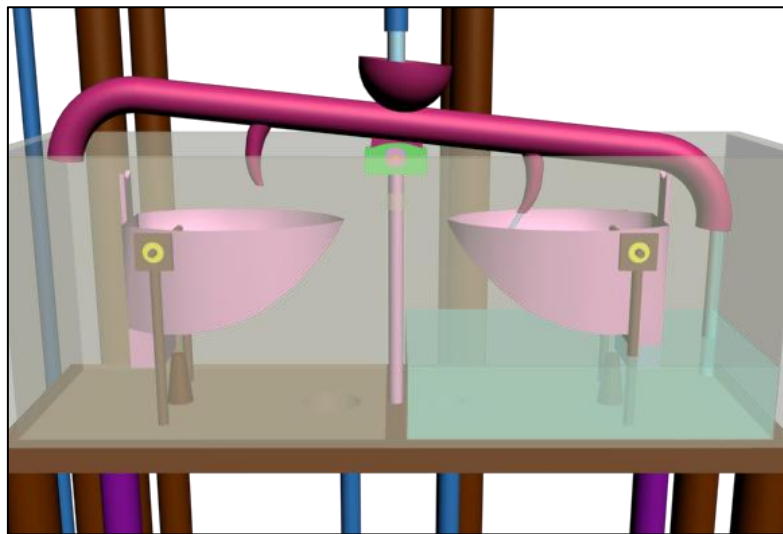
در زمان حاضر می‌توان برای حل این مشکل چاره‌جویی کرد. برای مثال در فواره سوم می‌توان از یاتاقان‌ها و یا گریس سفت‌تر استفاده کرد، یا برای رسیدن به یک سرعت مناسب از گیربکس مناسب استفاده کرد تا سرعت چرخش مخزن آن قدر باشد که فرصت کافی برای تشکیل فواره پدید آید. در فواره پنجم نیز برای کاهش سرعت چرخش شیر می‌توان از نسبت دنده‌های چرخ دنده مارپیچ و پیچ حلزونی به خوبی بهره جست. اگر قطر چرخ دنده مارپیچ متصل به شیر تا حد ممکن بزرگ گرفته شود، نسبت دندانه‌های آن به پیچ حلزونی افزایش خواهد یافت و به این ترتیب با چندین دور چرخیدن میله و پیچ حلزونی، شیر چرخان تنها یک دور می‌زند که این تا حد زیادی مطلوب است. اما مسلماً امکانات و دانش مهندسی در قرن ششم این اجازه را به جزری نمی‌داد که در جهت اصلاح این طرح‌ها گام بردارد، لذا وی همه طرح‌های چرخشی بنی موسی را رد کرد و دیگران نیز این طرح‌ها را ادامه ندادند.



بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۵۷

## ۲- نوآوری های جزی

جزی با الهام از ایده‌های بنی موسی و گسترش آن‌ها و افزودن نوآوری‌های خود فواره‌هایی پدید آورده که در مقایسه با فواره‌های بنی موسی یک گام جلوتر است. از نوآوری‌های جزی می‌توان به اختراع کفه توسط او و به‌کار بردن آن در سیستم کنترل فواره‌های اول و دوم و ششم وی اشاره کرد (شکل ۱۵).<sup>۱</sup>



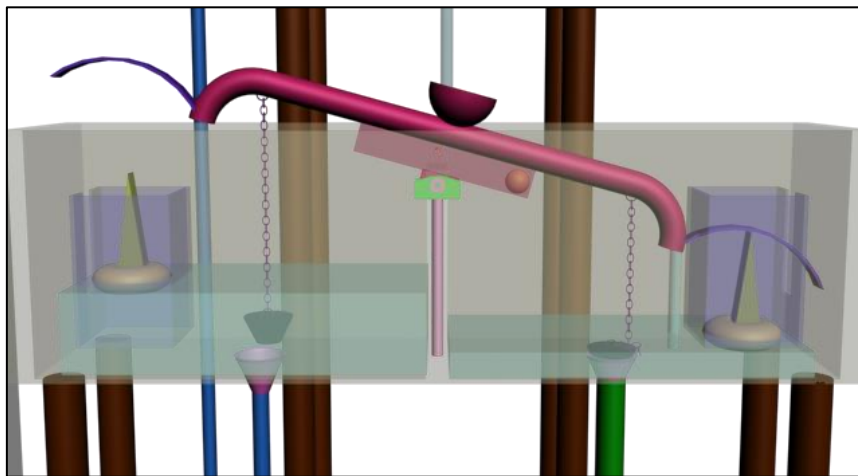
شکل ۱۵. تصویر بازسازی شده سیستم کنترل فواره دوم جزی

این ابزار که به شکل نصف قایق است، در شکل بالا توسط نازل کوچک پر می‌شود. با پر شدن کفه، مرکز جرم آن تغییر کرده و کفه حول محورش دوران می‌کند و آب داخل آن به درون حوضچه می‌ریزد. زائده انتهای کفه در هنگام واژگون شدن، به سمت بالا حرکت کرده و میزاب را به سمت مقابل کج می‌کند و طبیعتاً کفه دوم شروع به پر شدن می‌کند. کفه خالی خیلی سریع به حالت اول خود (حالت افقی) باز می‌گردد. از آن جایی که کفه در یک مدت مشخص پر می‌شود، جزی این ابزار را برای زمان‌بندی دستگاه‌های خودکار خود به‌کار گرفته است.

۱. جزی آن را به شکل «نصف یک طاس» توصیف کرده و در توضیح آن آورده است: «قسمت بالایی آن عریض است و رو به سمت مرکز، باریک می‌شود. از یک نیم‌دایره درازتر است و همانند نصف یک قایق به نظر می‌آید»، جزی، ۸۴. برای توضیحات بیشتر در باره کفه نک: نظری

۱۵۸ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

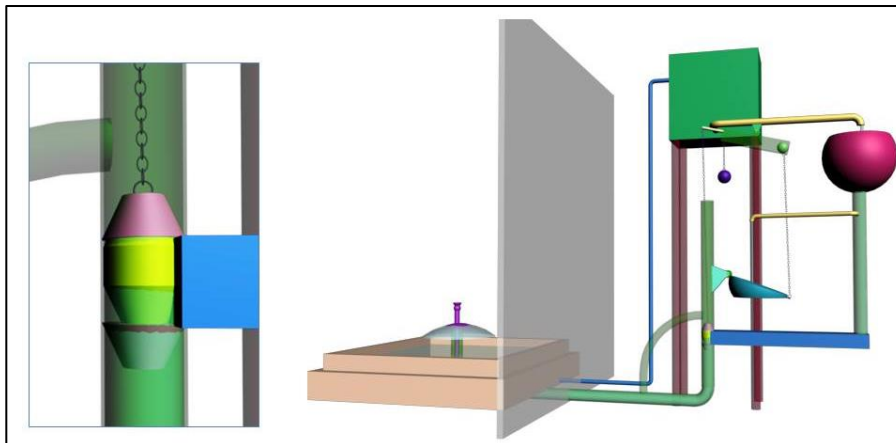
او همچنین برای اولین بار از یک جعبه مسی با یک گوی سربی داخل آن برای حفظ حالت کج شدن میزاب استفاده کرده است (شکل ۱۶). ظاهراً جزری در آزمایش‌های خود به این مسأله پی برده که لوله تعادلی میزاب در مواردی ممکن است نوسان داشته باشد. از آن جایی که این نوسان در کار فواره‌ها اختلال ایجاد می‌کند، وی این را دست‌مایه ثابت نگه داشتن میزاب در یکی از دو حالت خود استفاده کرده است.



شکل ۱۶. تصویر بازسازی شده سیستم کنترل فواره سوم جزری

استفاده از یک شیر مخروطی دو طرفه برای بستن متناوب دو مجرای آب که در فواره‌های پنجم و ششم جزری استفاده شده، نیز از ابداعات بسیار جالب جزری است (شکل ۱۷). البته در طرح‌های بنی موسی به دفعات از شیرهای مخروطی استفاده شده است، اما استفاده از شیر مخروطی دو طرفه بر سر راه دو مجرا که بتواند به تناوب یکی را باز و دیگری را ببندد نوآوری جزری است.

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۵۹



شکل ۱۷. تصویر بازسازی شده فواره پنجم جزی به همراه شیر مخروطی دو طرفه

علاوه بر این، دقت بالای جزی در طراحی این اجزا امری مخصوص به خود اوست. به عنوان مثال جزی در فواره‌های خویش، برای تغییر شکل فوران آن‌ها مدت زمان مشخص یک ربع ساعت، نیم ساعت و یا یک ساعت تعیین کرده، کاری که بنی موسی نخواست و یا نتوانسته‌اند انجام دهند. از دیگر ویژگی‌های منحصر به فرد فواره‌های جزی، شرح دقیق و عملی وی از ساخت اجزای فواره‌هاست. برای نمونه، جزی روش ساخت تکیه‌گاه لوله میزاب را به دقت توضیح داده، این در حالی است که به‌رغم استفاده بنی موسی از لوله تعادلی در طرح‌های خود، هیچ اشاره‌ای به روش ساخت تکیه‌گاه لوله نکرده‌اند.

### ۳- به کارگیری ایده‌های بنی موسی توسط جزی

در این قسمت به چند مورد از ایده‌های بنی موسی اشاره می‌شود که جزی در طراحی فواره‌های خود از آن‌ها استفاده کرده است:

#### ۱-۳ استفاده از دو حوضچه کنار هم در سیستم کنترل

در بخش‌های گذشته توضیح داده شد که یکی از دو نوع سیستم کنترلی که بنی موسی برای فواره‌ها استفاده کرده‌اند، سیستمی است که در آن از دو حوضچه کنار هم استفاده شده و هریک از این حوضچه‌ها توسط یکی از لوله‌های داخل هم، به صورت جداگانه به نوک فواره متصل شده‌اند. این ایده که در فواره‌های دوم، سوم و چهارم بنی موسی استفاده شده است، در فواره‌های اول تا چهارم جزی نیز به‌کار رفته‌اند.

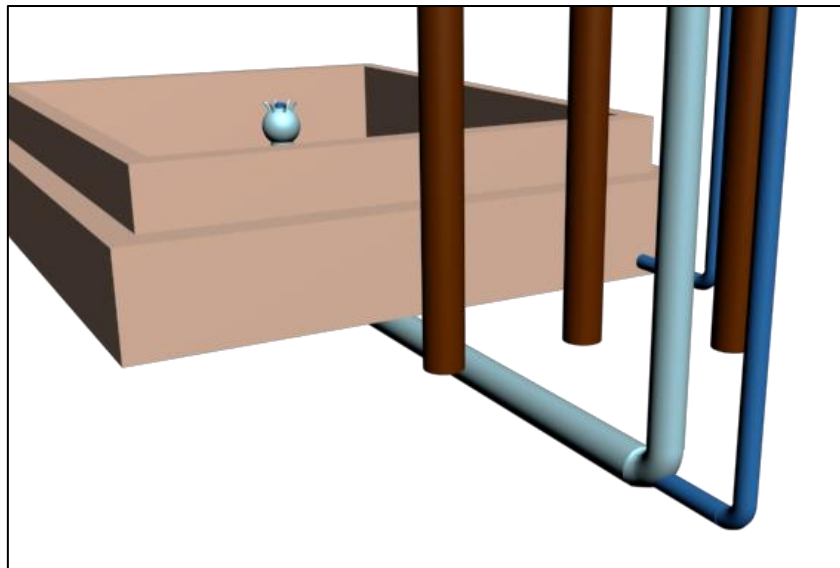
۱۶۰ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

همان طور که ذکر شد جزری نوع دوم سیستم‌های کنترل بنی موسی را که بر اساس چرخش کار می‌کردند، به کلی نپذیرفته است. دلیل رد کردن وی نیز توضیح داده شد که در واقع عملی نبودن این طرح‌ها بوده است. با این تفاسیر می‌توان گفت که جزری آن بخش از طرح‌های بنی موسی را که قابلیت اجرایی داشتند، برگرفته و اساس کار خود در طراحی چهار فواره اولش قرار داده است.

### ۳-۲- سیستم لوله کشی از سیستم کنترل تا نوک فواره

در طراحی فواره‌های خودکار یک ایده اساسی وجود دارد که تمام طرح‌های برجا مانده از فواره‌های خودکار، از بنی موسی تا تقی‌الدین، بر اساس آن کار می‌کنند. این ایده اساسی چنین است که «برای ایجاد دو حالت فوران، نیاز به دو مجرای مجزا از سیستم کنترل تا نوک فواره است. به طوری که آب با ساز و کار سیستم کنترل، هر بار از یکی از این دو مجرا به سمت نوک فواره انتقال یابد و یک حالت فوران را به وجود آورد». به جز چند طرح بنی موسی که در آن‌ها سیستم کنترل داخل نوک فواره است و لذا دو مجرای مذکور بسیار کوتاه و داخل نوک فواره تعبیه شده‌اند، در باقی فواره‌ها که سیستم کنترل دورتر از نوک فواره باشد نیاز به لوله‌کشی بوده است. در این لوله‌کشی دو لوله مجزا، در قسمت‌هایی از مسیر، داخل یکدیگر قرار می‌گیرند تا در ظاهر فقط یک لوله به نوک فواره متصل شده باشد. این ایده را بنی موسی برای اولین بار در فواره‌های دوم، سوم و چهارم خود به کار برده‌اند. جزری نیز به تقلید از ایشان در هر شش فواره خود از این روش استفاده کرده است (شکل ۱۸).

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۶۱

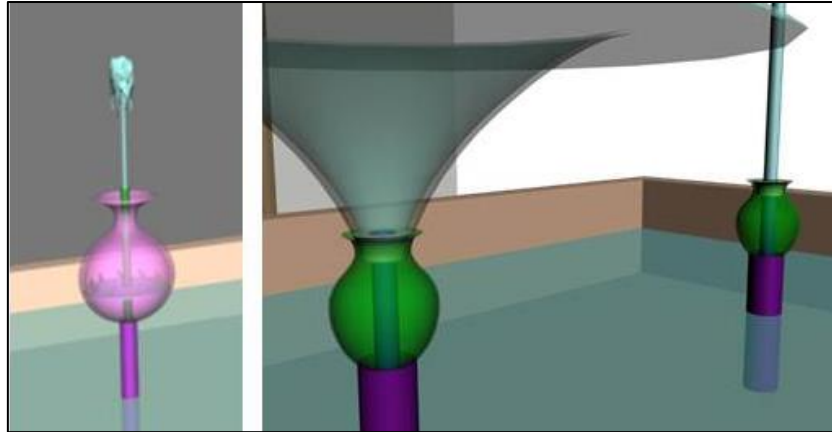


شکل ۱۸. دو لوله داخل هم در تصویر بازسازی شده فواره اول جزی

### ۳-۳- محفظه نوک فواره

در فواره‌های خودکار، محفظه نوک فواره از دو قسمت مجزا تشکیل شده که کاملاً در هم تلفیق شده‌اند و در ظاهر یک محفظه واحد به نظر می‌رسند. هر کدام از دو قسمت مجزای این محفظه که وظیفه تشکیل یکی از حالت‌های فوران را بر عهده دارد، به یکی از لوله‌های داخل هم متصل می‌شود. با جاری شدن آب به داخل هر یک از لوله‌ها، آب از قسمت مرتبط به آن لوله در نوک فواره به شکل معین بیرون می‌زند. جزی نیز به مانند بنی موسی این ایده را در تمام فواره‌های خودکار خود استفاده کرده است.

وی در طراحی اشکال مختلف فوران نیز تحت تأثیر بنی موسی بوده است. نوک فواره‌های سوم و چهارم جزی، دارای دو حالت فوران «چوب چوگان» و «گل سوسن» هستند. با توجه به توضیحات جزی می‌توان گفت که این طرح تا حدودی شبیه نوک فواره‌های سوم، پنجم و هفتم بنی موسی بوده و مقصود جزی از حالت فوران «چوب چوگان» همان حالت فوران «نیزه» بنی موسی است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹. تصویر بازسازی شده نوک فواره چهارم جزری (سمت راست) و نوک فواره سوم بنی موسی (سمت چپ)

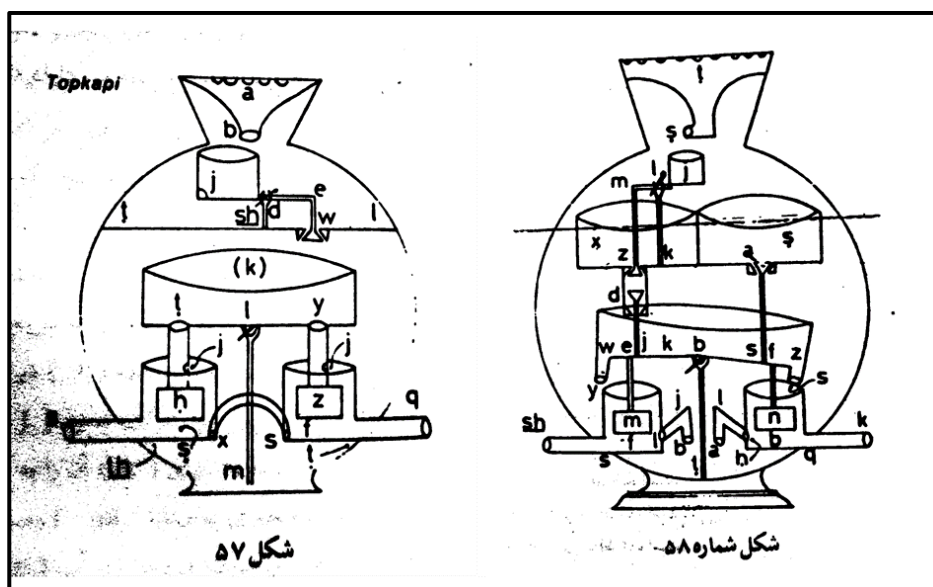
نوک فواره ششم جزری نیز با دو حالت فوران «خیمه» و «چوب چوگان» در واقع تقلیدی از دو حالت فوران «سپر» و «نیزه» است که در فواره‌های دوم، چهارم و ششم بنی موسی (شکل‌های ۱، ۲ و ۵) به کار رفته است. اشاره به این نکته واجب است که طرح‌های جزری برای نوک فواره‌ها بسیار دقیق‌تر و واضح‌تر از نمونه‌های بنی موسی است، لذا باید گفت که جزری فقط ایده این طرح‌ها را از بنی موسی وام گرفته و طراحی جزئیات آن‌ها حاصل مهارت و نبوغ بالای خود او بوده است.

### ۳-۳- لوله تعادلی میزاب

جزری در سیستم کنترل پنج فواره خود (شکل‌های ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۲)، برای تقسیم متناوب آب بین دو قسمت از لوله تعادلی میزاب استفاده کرده است. در فواره‌های خودکار بنی موسی اثری از این لوله نیست. آنان در دو فواره دوم و چهارم خود (شکل‌های ۱ و ۳) از لوله‌ای تعادلی استفاده کرده‌اند که متفاوت با میزاب جزری است. با این حال نمی‌توان لوله میزاب را ابداع خود جزری دانست، زیرا با نگاهی به دیگر طرح‌های کتاب الحیل بنی موسی مشخص می‌شود که جزری ایده اولیه طراحی میزاب

بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۶۳

را از محفظه تعادلی استفاده شده در طرح‌های شماره ۵۷ و ۵۸ بنی موسی (شکل ۲۰) گرفته است و در واقع میزاب جزی شکل تکامل یافته محفظه تعادلی مذکور است.<sup>۱</sup>



شکل ۲۰. تصویر طرح‌های ۵۷ و ۵۸ کتاب الحیل بنی موسی و محفظه تعادلی به‌کار رفته در آنها

### نتیجه‌گیری

بر اساس کتاب‌های برجای مانده در زمینه علم الحیل، فواره‌های خودکار برای اولین بار توسط بنی موسی بن شاکر طراحی شدند و شش نمونه از آنها در کتاب الحیل آمده است. حدود سه قرن پس از بنی موسی، جزی نیز نمونه‌هایی از این فواره‌ها را در کتاب خود آورد. وی در ابتدای بخش فواره‌های کتاب خود، ادعا کرده که علی‌رغم دیدن طرح‌های بنی موسی از آنها استفاده نکرده است، اما با بررسی مقایسه‌ای فواره‌های بنی موسی و جزی مشخص می‌شود که جزی در برخی قسمت‌های طرح‌های خود کاملاً تحت تأثیر ایده‌های بنی موسی بوده است و فواره‌های خود را با الهام از ایده‌های بنی موسی طراحی پایه‌ریزی و با نبوغ و دانش خود آنها را تکمیل کرده است. با این حال

۱. برای توضیحات بیشتر در باره میزاب نک: به دو مقاله نظری و دیگران، «اجزاء فواره‌های خودکار: میزاب، مقلب و نصف‌طرح‌ها»، بر پایه کتاب الطرق السنیه فی الآلات الروحانیه، و نیک سرشت و دیگران، «علم الحیل در دوره افول تمدن اسلامی؛ تصحیح و بررسی بخش فواره‌های کتاب "الطرق السنیه فی الآلات الروحانیه"»

۱۶۴ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

نمی‌توان از نوآوری‌های جزری نسبت به طرح‌های بنی موسی به آسانی گذشت. وی اجزایی مثل کفه (استفاده شده در فواره‌های اول و دوم) را خود ابداع و طراحی کرده و در سیستم‌های کنترل فواره استفاده کرده است. همچنین سیستم کنترل دو فواره پنجم و ششم، کاملاً ایده خود اوست و شیرهای مخروطی دو طرفه را می‌توان ابتکار مهم او دانست.

تأثیرپذیری و الگوبرداری یک دانشمند از دانشمند دیگر و انباشت علم در هر دوره‌ای مسأله و دغدغه مورخین علم، فن و فناوری دوره اسلامی است، لذا برای آنان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چرا که ارتباط علم، فن و فناوری (Science, Technic & Technology) در این دوره خیلی روشن نبوده و کمتر به آن پرداخته شده است.

برای روشن شدن جایگاه علم الحیل در ذهن و عمل مردم در جامعه اسلامی و برای اینکه بتوان تصویری روشن از تولید علم، فن و فناوری در تمدن اسلامی ارائه داد در ابتدا می‌بایست نوع نگاه مسلمانان به علم و سپس جایگاه علم الحیل در میان علوم دیگر بررسی شود. همچنین شیوه تعلیم و تدریس این علم در تمدن اسلامی مشخص گردد. در ادامه باید در لابه‌لای متون تاریخی به دنبال سرنخ‌هایی بود که نشان دهد شاخه‌های مختلف علم الحیل همچون بنکامات (ساعت‌ها)، انبساط المیاه (دستگاه‌های بالاآورنده آب)، آلات الحروب (ادوات نظامی و جنگی)، دستگاه‌های جراثقال، الاوانی العجیبه (ظروف جادویی) و ... هر کدام چه نقشی در زندگی مردم داشته‌اند و مهندسان آن روزگار برای طراحی این دستگاه‌ها تا چه حد نگاهشان به زندگی مردم و ایجاد سهولت در کارهای آنان بوده است.



بررسی میزان تأثیرپذیری ابوالعز جزی از ایده‌های بنی موسی بن شاکر... / ۱۶۵

### منابع

- بنی موسی بن شاکر. (۱۹۸۱م). کتاب الحیل تصحیح احمد یوسف الحسن. حلب: معهد التراث العلمی العربی.
- بیر، آتیلا. (۱۳۸۹ش). کتاب الحیل بنو موسی بن شاکر، تحلیل از منظر مهندسی کنترل. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
- تقی‌الدین، محمد بن معروف. (۱۹۷۶م). تقی‌الدین و الهندسة الميكانيكية العربية مع كتاب الطرق السنيه في الآلات الروحانية. تحقیق احمد یوسف الحسن، حلب: معهد التراث العلمی العربی جزی، ابوالعز اسمعیل بن رزّاز. (۱۹۷۹م). الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعه الحیل، تصحیح احمد یوسف الحسن، حلب: معهد التراث العلمی العربی.
- جزری، ابوالعز اسمعیل بن رزّاز. (۱۳۸۰ش). مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی (الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل). ترجمه محمدجواد ناطق. توضیحات دونالد هیل. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- فارابی، محمد بن محمد (۱۳۸۱ش). احصاء العلوم. مترجم حسین خدیو جم. تهران: علمی و فرهنگی.
- نظری، سعید؛ غفرانی، علی؛ نیک سرشت، ایرج (پاییز و زمستان ۱۳۹۲ش). «اجزاء فواره‌های خودکار: میزاب، مقلب و نصف‌طرحهار، بر پایه کتاب الطرق السنيه فی الآلات الروحانية»، تاریخ و تمدن اسلامی. شماره هجدهم. سال نهم. ۱۳۹-۱۲۳.
- نیک سرشت، ایرج؛ نظری، سعید، (پاییز ۱۳۹۴). «علم الحیل در دوره افول تمدن اسلامی؛ تصحیح و بررسی بخش فواره‌های کتاب "الطرق السنيه فی الآلات الروحانية"»، تاریخ فرهنگ و تمدن اسلامی، ، سال ششم - شماره ۲۰. ۹۸-۷۱.
- Parker, S. Thomas. (2006). *The Roman frontier in central Jordan*. V.2. Washington DC: Dumbarton oaks research library and collection.
- Banu Musa bin Shakir. (1979), *The Book Of Ingenious Devices (Kitab al-Hiyal)*. Donald Hill. Dordresht: Reidel Publishing Company..
- al-Jazari, Ibn al-Razzaz. (1974). *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*. Translated and annotated Donald R. Hill. Dordresht: Reidel Publishing Company.