

علم الحیل در دوره افول تمدن اسلامی

تصحیح و بررسی بخش فواره‌های کتاب «الطُرُقُ السَّنِيَّةُ فِي الْآلَاتِ الرَّوْحَانِيَّةِ»

ایرج نیک‌سرشت*

سعید نظری**

چکیده

یکی از موضوعاتی که دانشمندان علم الحیل (معادل تقریبی مهندسی مکانیک) به آن پرداخته‌اند، طراحی فواره‌هایی است که به‌طور خودکار و در فواصل زمانی مشخص تغییر شکل می‌دهند. سه نمونه از این گونه فواره‌ها، در کنار یک فواره بدون تغییر شکل، در کتاب *الطُرُقُ السَّنِيَّةُ فِي الْآلَاتِ الرَّوْحَانِيَّةِ* تألیف تقی‌الدین محمد بن معروف ملقب به راصد (م. ۹۹۳ ق / ۱۵۸۵ م)، دانشمند بزرگ قرن دهم هجری و منجم‌باشی رصدخانه استانبول آمده است. از این کتاب تنها یک نسخه برجای مانده که در سال ۱۹۷۶ م در حلب به صورت فاکسی میله چاپ شده است. در مقاله حاضر ضمن بازسازی سه‌بعدی اشکال فواره‌ها با نرم‌افزار 3D MAX، طرز کار و نکات مربوط به آنها شرح داده شده است. در پیوست مقاله نیز تصحیح و ترجمه بخش مربوط به فواره‌های کتاب تقی‌الدین آمده تا مورد استفاده محققان و علاقه‌مندان قرار گیرد.

واژگان کلیدی

علم الحیل، تقی‌الدین محمد بن معروف، الطُرُقُ السَّنِيَّةُ، فواره.

nikseresht@ut.ac.ir

*. استادیار پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران.

** دانشجوی دکتری تاریخ و تمدن ملل اسلامی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره).

saeednazari_mech@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۹

طرح مسئله

کتاب *الطُّرُقُ السَّنِيَّةُ فِي الْأَلَاتِ الرَّوْحَانِيَّةِ* تألیف تقی‌الدین راصد (م. ۹۹۳ ق / ۱۵۸۵ م)، آخرین اثر شناخته‌شده در زمینه مهندسی مکانیک دوره اسلامی است که طبق شیوه کتاب‌های *الحیال* بنی‌موسی بن شاکر (قرن سوم هجری / نهم میلادی) و *الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل* ابوالعز جزی (م ۶۰۲ ق / ۱۲۰۵ م) و هم‌زمان با عصر رنسانس در اروپا به رشته تألیف درآمده است. تقی‌الدین کار نوشتن این کتاب را در سال ۹۵۹ ق / ۱۵۵۱ م به پایان برد.^۱

از این کتاب تنها یک نسخه در کتابخانه چسترییتی ایرلند به شماره MS 5232 موجود است. احمد یوسف حسن با استفاده از میکروفیلم این نسخه، آن را به صورت فاکسی میله به چاپ رسانیده و تعلیقاتی به ابتدای آن افزوده است. تمرکز ویژه وی روی باب سوم کتاب بوده که ضمن تصحیح متن این باب، اشکال آن را نیز بازسازی کرده است. احمد یوسف حسن در مقدمه توضیح می‌دهد که باوجود تصحیح کل کتاب توسط وی، به دلیل در دسترس قرار دادن این نسخه خطی منحصر به فرد و همچنین احتمال پیدا شدن نسخه دیگری از این کتاب در آینده، وی همان نسخه خطی را چاپ کرده است.^۲ محقق جز باب سوم کتاب، هیچ توضیح و تحقیقی درباره محتوای کتاب ارائه نکرده است.

کتاب *الطُّرُق السَّنِيَّة* مشتمل بر شش باب و یک مقدمه است.^۳ باب چهارم کتاب به دو بخش تقسیم شده است: بخش اول به دستگاه‌های نی‌زنی دائمی (الزَّمر الدائم) و بخش دوم به فواره‌ها (فوارات) اختصاص دارد. دستگاه‌های نی‌زنی و فواره‌های مذکور، در زمره دستگاه‌های خودکار به شمار می‌روند. دستگاه‌های نی‌زنی بدون دخالت عامل خارجی، به‌طور مداوم و تا زمانی که آب به داخل آنها جریان داشته باشد، به نواختن ادامه داده و حتی نوع ساز خود را تغییر می‌دهند. شکل فوران فواره‌ها نیز (به جز اولین فواره)،^۴ به‌طور خودکار و منظم تغییر می‌کند. از آنجاکه سیستم کنترل هر دو نوع دستگاه، یکسان است، نویسنده آنها را در یک باب و به دنبال هم آورده است. وی ابتدا سه سیستم کنترل را به صورت مقدمه بحث توضیح داده، سپس در بخش اول ساخت دستگاه‌های نی‌زنی و در بخش دوم ساخت فواره‌ها را تشریح کرده است.

۱. تقی‌الدین، *تقی‌الدین و الهندسة المکانیکی العربية مع کتاب الطُّرُق السَّنِيَّةِ فِي الْأَلَاتِ الرَّوْحَانِيَّةِ*، بخش تعلیقات، ص ۱۸.

۲. همان، ص ۵.

۳. برای اطلاعات بیشتر بنگرید به: نظری و دیگران، «اجزاء فواره‌های خودکار: میزاب، مقلَّب و نصف طَرَجَه‌ها، برپایه کتاب *الطُّرُقُ السَّنِيَّةُ فِي الْأَلَاتِ الرَّوْحَانِيَّةِ*»، *تاریخ و تمدن اسلامی*، شماره هجدهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۲، ص ۱۲۴.

۴. تقی‌الدین، *تقی‌الدین و الهندسة المکانیکی العربية مع کتاب الطُّرُق السَّنِيَّةِ فِي الْأَلَاتِ الرَّوْحَانِيَّةِ*، ص ۴۸.

سه فواره خودکار تقی‌الدین، همچون دیگر فواره‌های خودکار در کتاب‌های بنی‌موسی و جزری، از دو قسمت اصلی تشکیل شده‌اند: نوک فواره و سیستم کنترل. نوک فواره در معرض دید ناظران و در وسط حوض نصب می‌شده، و تغییر شکل فوران آن حیرت و سرگرمی ناظران را در پی داشته است. این قسمت شامل دو بخش جدا از هم است که داخل یکدیگر قرار دارند. آب به وسیله دو لوله که داخل یکدیگر ساخته می‌شوند، به طور جداگانه به هر یک از این دو رسیده و یک شکل فوران را به وجود می‌آورد. به عبارت دیگر، زمانی که آب در لوله داخلی جریان پیدا می‌کند، یک شکل فوران به وجود می‌آید و با جریان آب در لوله خارجی، شکل دیگر فوران تشکیل می‌شود. وظیفه سیستم کنترل نیز هدایت متناوب آب به داخل این دو لوله است. اساس کار سیستم‌های کنترل فواره، دریافت آب از یک ورودی و انتقال آن به یکی از دو خروجی است. به عبارت دیگر، آب از طریق ورودی وارد سیستم کنترل فواره شده و با تمهیداتی، به صورت متناوب یا نوبتی به درون یکی از دو لوله داخل می‌شود و پس از رسیدن به قسمت نوک فواره، یکی از دو شکل مورد نظر را در فواره به وجود می‌آورد. این سیستم کنترل می‌بایست درون محفظه‌ای دور از دید مردم ساخته شود تا راز تغییر شکل این فواره‌ها بر مردم پوشیده بماند و با این کار بر جذابیت و شگفتی آنها افزوده شود.

تقی‌الدین برای توصیف فواره‌های خود، نسبت به بنی‌موسی و جزری از شیوه‌ای نو بهره جسته است؛ وی در مقدمه بحث، سه سیستم کنترل را به دنبال شرح مختصری از اجزای آنها آورده است، سپس در بخش دوم این باب (پس از بخش اول که مربوط به دستگاه‌های نی‌زنی دائمی است)، طرح چهار فواره و طریقه ساخت آنها را بدون ذکر نوع سیستم کنترل شرح داده است. با این شیوه ارائه می‌توان آزادانه برای هر فواره، یکی از سیستم‌های کنترل را انتخاب کرد و به کار گرفت.

در مقایسه با کتاب جزری و حتی بنی‌موسی بن شاکر، توضیحات تقی‌الدین در شرح عملکرد و طریقه ساخت فواره‌ها مختصر و کوتاه است. او به اختصار اجزای فواره خود را شرح داده، و درباره طرز کار فواره پس از ورود آب به سیستم به ندرت توضیح کوتاهی داده است. علاوه بر این، شکل‌های کتاب نیز (به‌خصوص در مقایسه با کتاب جزری) بسیار ساده و ابتدایی و فاقد هرگونه جزئیات است. ضمن اینکه استفاده نکردن وی از حروف اختصاری در اشکال برای شرح اجزای سیستم‌های خود، بر ابهام آنها افزوده است. با این حال، بررسی طرح‌های کتاب تقی‌الدین بسیار مهم است؛ چراکه با مقایسه این طرح‌ها و نمونه‌های مشابه در قرون گذشته، می‌توان روند رو به رشد یا رو به افول تکنولوژی را در تمدن اسلامی مورد بررسی قرار داد.

شرح فواره‌های خودکار تقی‌الدین راصد

همان‌طور که پیش از این گفته شد، توضیحات تقی‌الدین به همراه تصاویر کتاب او واضح و گویا نیست.

در این بخش، در پی آن هستیم که با توضیحات تکمیلی و بیان نکات طرح‌ها، و همچنین بازسازی سه بعدی تصاویر کتاب، به فهم بهتر مطالب کتاب کمک شود. در قسمت اول این بخش، سه سیستم کنترل فواره به‌طور جداگانه و در قسمت بعد خود فواره‌ها شرح داده می‌شود.

یک. سیستم‌های کنترل

سیستم‌های کنترل طراحی شده توسط تقی‌الدین، تقریباً تکرار همان طرح‌های جزری است. هر سه سیستم از یک لوله تعادلی به نام میزاب^۱ تشکیل شده‌اند که در وسط و بالای یک محفظه مکعب مستطیل نصب شده است. این محفظه در زیر هر طرف میزاب، به دو حوضچه تقسیم می‌شود. یکی از این حوضچه‌ها وظیفه کنترل زمانی هر شکل فوران را بر عهده دارد. حوضچه دیگر نیز با لوله‌ای به نوک فواره متصل است و آب فواره از آن تأمین می‌شود. در ادامه، این سه سیستم کنترل به‌طور مفصل‌تر شرح داده می‌شود.

۱. سیستم کنترل «شناور»^۲

در سیستم کنترل شناور (شکل ۱) در زیر هر سمت میزاب، دو حوضچه قرار دارد؛ یکی حوضچه‌ای است که شناور داخل آن قرار دارد و ما آن را حوضچه شناور می‌نامیم و دیگری حوضچه‌ای است که آب را به سمت فواره هدایت می‌کند و از این پس با نام حوضچه فواره خوانده می‌شود. حوضچه شناور توسط نازل کوچک بر روی میزاب و حوضچه فواره توسط نازل بزرگ‌تر پر می‌شود.



شکل (۱) - تصویر سیستم کنترل شناور تقی‌الدین

۱. برای توضیحات بیشتر درباره میزاب بنگرید به: نظری و دیگران، «اجزا فواره‌های خودکار: میزاب، مقلّب و نصف طرّجهار، بر پایه کتاب الطرّق السنّیة فی الآلات الروحانیة»، تاریخ و تمدن اسلامی، شماره هجدهم، پاییز و

زمستان ۱۳۹۲، ص ۱۲۶.

۲. عوامه.

زمانی که به عنوان مثال میزاب به سمت چپ متمایل شود، آب از نازل بزرگ تر سمت چپ میزاب به داخل حوضچه فواره ریخته و پس از عبور از لوله‌ای، از نوک فواره به شکل دلخواه خارج می‌شود. در همین حین، آب به میزان کمتر، از نازل کوچک سمت چپ به داخل حوضچه شناور سمت چپ ریخته و آن را به آرامی پر می‌کند. با پر شدن حوضچه شناور، شناور کم کم بالا می‌آید و به وسیله عصایی که بر روی خود دارد، به زیر میزاب نیرو وارد می‌کند و در زمان معین موفق می‌شود آن را به سمت راست بگرداند. با چرخیدن میزاب به سمت دیگر، حوضچه شناور سمت راست توسط نازل کوچک سمت راست شروع به پر شدن می‌کند. نازل بزرگ تر آن سمت نیز آب را به داخل حوضچه فواره زیر خود می‌ریزد و باعث فوران آن فواره می‌شود. پس از چرخش میزاب، مقلّبی^۱ که داخل حوضچه شناور سمت چپ قرار دارد و کاملاً در آب غرق شده است، کلیه آب داخل حوضچه شناور را به بیرون تخلیه و خود را آماده چرخش دوباره میزاب به سمت چپ می‌کند. این روند تا زمان صحت دستگاه و جریان داشتن آب ورودی به میزاب ادامه خواهد داشت (شکل ۱۱).

توضیحات

این سیستم کنترل، پیش از تقی‌الدین با کمی تفاوت از سوی جزری مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۲). وی برای هدایت خودکار فواره‌های سوم و چهارم خود از شناور استفاده کرده است.^۲ سیستم‌های مورد استفاده این دو دانشمند، با وجود شباهت کلی، دارای تفاوت‌هایی در جزئیات به این شرح است:

۱. سیستم شناور تقی‌الدین همان‌طور که ذکر شد، دو حوضچه در هر سمت دارد که هر یک توسط نازلی جداگانه پر می‌شود. همچنین در طرح تقی‌الدین، آب حوضچه شناور پس از گردش میزاب به سمت دیگر، توسط مقلّب تخلیه می‌شود. اما جزری در چند قرن پیش، با راهکاری جالب توانسته مقلّب و نازل کوچک میزاب را حذف کند. وی دو حوضچه شناور و فواره را از پایین با هم مرتبط ساخته است. در نتیجه دیگر وجود نازلی مجزا برای پر کردن حوضچه شناور لزومی ندارد. همچنین با این روش، کلیه آب دو حوضچه با هم از طریق شیر مخروطی تخلیه می‌شوند.

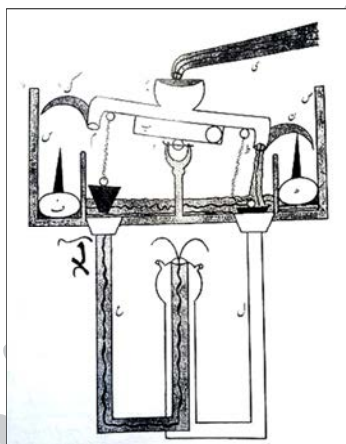
۲. میزان کج شدن میزاب تقی‌الدین به هیچ روشی محدود نشده و خود وی نیز در نوشته‌هایش اشاره‌ای به این موضوع نکرده است.

۱. برای توضیحات بیشتر درباره مقلّب بنگرید به: نظری و دیگران، «اجزا فواره‌های خودکار: میزاب، مقلّب و نصف طَرَجَه‌ها، برپایه کتاب الطَّرُق السَّنْبِيَّة فِي الْأَلَاتِ الرُّوحَانِيَّة»، تاریخ و تمدن اسلامی، شماره هجدهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۲، ص ۱۳۱.

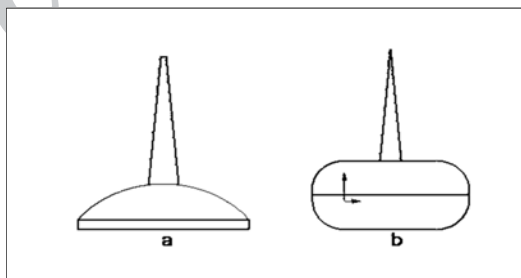
۲. جزری، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل، ص ۴۰۲ و ۴۰۶.

اما در طرح جزری، همواره قطعه کمانی شکل سمت پایین آمده میزاب، با نوک شناور در تماس است و شناور اجازه کج شدن بیشتر را به میزاب نمی‌دهد.

۳. علاوه بر تفاوت‌های سیستماتیک، شناور مورد نظر این دو دانشمند از نظر شکل ظاهری و جنس نیز با یکدیگر تفاوت‌هایی دارد (شکل ۳). شناور تقی‌الدین نسبت به شناوری که جزری طریقه ساخت آن را توضیح داده، از نظر جنس و طراحی ساده‌تر است. تقی‌الدین برای تعیین جنس آن حساسیتی به خرج نداده و ساخت آن را از «چوب نرم یا هندوانه ابوجهل^۱ خشک و قیراندوده و یا هر چیزی شبیه به آنها»^۲ ممکن می‌داند. اما جزری که معمولاً طریقه ساخت هر قطعه را با وسواسی خاص و با جزئیات کامل شرح داده، شناور مورد نظر را از دو قطعه ورق چکش کاری شده مسی که به هم لحیم شده‌اند، ساخته است.



شکل (۲) - استفاده از سیستم کنترل شناور در فواره سوم جزری



شکل (۳) - طرح ساده شناورهای طراحی شده توسط جزری (b) و تقی‌الدین (a)

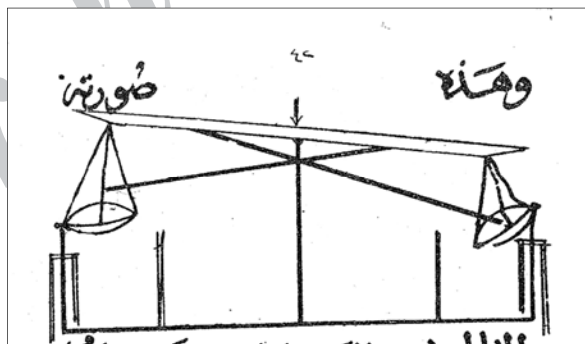
۱. حنظله.

۲. تقی‌الدین، الطرق السنیة فی الآلات الروحانیة، ص ۳۹.

در زمینه طراحی شناور نیز تقی الدین تنها به ذکر این نکته بسنده کرده است که شناور «به میزان اندکی زیرش سنگین شده و یا مانند گرده نان پهن باشد تا واژگون نشود»^۱ برای تأثیرگذاری شناور بر روی میزاب نیز از عصایی ایستاده در وسط شناور استفاده نموده و از بیان جزئیات بیشتر در مورد طرحش خودداری کرده است. جزری شناور مورد نظر خود را «به شکل سرپهن مانند شلغم توخالی» که از ورق مسی ساخته شده، توصیف کرده و توضیح داده که «قطر آن باید چنان باشد که به راحتی و بدون تماس با دیواره محفظه شناور، در داخل آن قرار گیرد»^۲ جزری برای تأثیرگذاری شناور بر روی میزاب از مخروطی استفاده کرده که قاعده آن بر یکی از دو سطح مدور شناور لحیم می‌شود. برخلاف تقی الدین که تنها به ذکر این نکته که «شناور به میزان اندکی زیرش سنگین شود»، بسنده نموده و از کیفیت و چگونگی آن سخنی به میان نیاورده، جزری روش خود را این‌گونه بیان می‌کند که در بالای شناور «سوراخی ایجاد می‌شود که از طریق آن می‌توان مقداری شن به درون شناور ریخت و آن را سنگین کرد»^۳

۲. سیستم کنترل کفه

برای ساخت این سیستم (شکل ۴) در زیر هر طرف میزاب دو حوضچه ساخته می‌شود که یکی مخصوص کفه و دیگری مخصوص فواره است. به هر طرف میزاب حلقه‌ای متصل شده و از هر حلقه، کفه‌ای (شبیبه بشقابی گود) به وسیله سه نخ آویزان می‌شود. این کفه‌ها از سمت بیرونی‌شان با زنجیر نازکی به دیواره حوضچه کفه بسته می‌شوند. اندازه نخ‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که کفه سمت بالا رفته میزاب، به صورت موازی با افق بایستد و کفه مقابل، به داخل حوضچه کاملاً کج شود. سپس در زیر هر طرف میزاب، لوله باریکی را لحیم می‌کنیم؛ به‌گونه‌ای که انتهای هر لوله تا بالای کفه سمت مقابل بیاید.

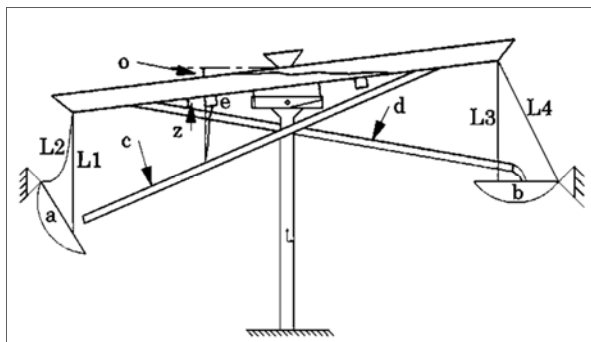


شکل (۴) - تصویر سیستم کنترل کفه تقی الدین

۱. همان، ص ۴۰.

۲. جزری، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل، ص ۲۳.

۳. همان، ص ۹۰.



شکل (۵) - طرح ساده شده سیستم کنترل کفه

حال اگر به عنوان مثال میزاب به سمت چپ کج شود، نخ‌های نگهدارنده کفه پایین آمده و در نتیجه کفه a واژگون می‌شود. در طرف مقابل با بالا رفتن میزاب، نخ‌ها کشیده می‌شوند و کفه b را به صورت موازی با افق درمی‌آورند. آب از نازل e به داخل حوضچه فواره ریخته و فواره آن را به کار می‌اندازد. از طریق لوله باریک d که از سمت چپ میزاب شروع و تا بالای کفه b ادامه می‌یابد، آب به داخل کفه b می‌ریزد که به صورت افقی است. این حالت تا لحظه پر شدن کفه b ادامه می‌یابد. با پر شدن این کفه، وزن آب باعث واژگون شدن آن به داخل حوضچه می‌شود. این امر نیز موجب کشیده شدن نخ‌های L3 و L4 و در نتیجه کج شدن میزاب به سمت راست می‌گردد. حال کفه a به حالت افقی درآمده و توسط لوله باریک c پر می‌شود. نازل سمت چپ نیز فواره متصل به حوضچه سمت چپ را به کار می‌اندازد. این سیستم تا زمانی که از نظر فنی سالم باشد و آب ورودی به میزاب قطع نشود، همین روند را تکرار خواهد کرد.

توضیحات

۱. این سیستم کنترل، چهار قرن پیش از تقی‌الدین، توسط جزری در طراحی دستگاه‌های نی‌زنی دائمی (زمر) به کار گرفته شده (شکل ۶) و تقی‌الدین طرح خود را مو به مو از روی طرح جزری کپی کرده است.



شکل (۶) - تصویر دستگاه نی‌زنی دائمی جزری با سیستم کنترل کفه (دستگاه نهم از نوع چهارم)

۲. در این سیستم میزان کج شدن میزاب به طول طناب‌های L2 و L4 بستگی دارد. در واقع وظیفه این دو طناب که به لبه حوض ثابت شده‌اند، کنترل میزاب و تعیین میزان کج شدن آن است. علاوه بر دو طناب L2 و L4، دو طناب L1 در سمت چپ و دو طناب L3 در سمت راست، کفه را به انتهای میزاب متصل می‌کنند.

همان‌طور که در شکل نسخه خطی مشاهده می‌شود، تقی‌الدین این دو طناب را به‌گونه‌ای رسم کرده که یکی به میانه کفه و دیگری به انتهای کفه بسته شده است. این شیوه بستن طناب‌ها، کفه را از حالت تعادل خارج می‌کند و نمی‌تواند درست باشد. راه صحیح آن است که نقطه اتصال دو طناب به کفه نسبت به قطر کفه (که در راستای میزاب است) قرینه باشد. به عبارت دیگر دو طناب L1 باید به‌گونه‌ای نصب شوند که مانند شکل، تنها یکی از آن دو دیده شود.

۳. در نصب لوله‌های باریک زیر میزاب باید به این نکته توجه نمود که زاویه بین این لوله‌ها و میزاب (زاویه Z در شکل ۵) باید از زاویه انحراف میزاب به هر طرف (O) بیشتر باشد. علت این امر آن است که با کج شدن میزاب به یک طرف، زاویه لوله باریکی که قرار است آب از طریق آن به داخل کفه طرف مقابل بریزد، با افق برابر Z=O می‌شود. از این‌رو برای جریان یافتن آب در لوله، می‌بایست زاویه Z بزرگ‌تر از زاویه O باشد.

۳. سیستم کنترل نصف طرح‌چهار^۱

اساس کار سیستم کنترلی که تقی‌الدین تحت عنوان نصف طرح‌چهار در کتابش آورده (شکل ۷)، همان چیزی است که اولین بار جزری در فواره‌های اول و دوم خود استفاده کرده است.^۲ در این سیستم نیز در زیر هر طرف میزاب، دو حوضچه، یکی مخصوص نصف طرح‌چهار و دیگری مخصوص فواره ساخته می‌شود. در هر طرف بر روی دیواره بین دو حوضچه، یک نصف طرح‌چهار نصب می‌شود که قطعه‌ای عمودی در پشت خود دارد.

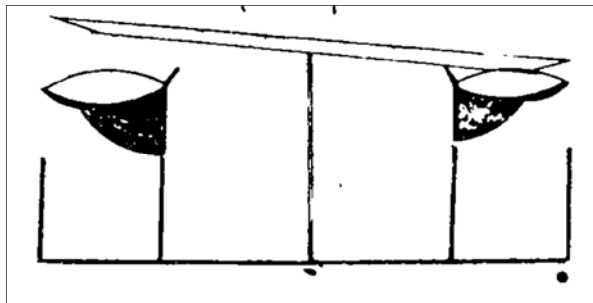
نصف طرح‌چهارها باید به‌گونه‌ای قرار بگیرند که سر آنها به طرف حوضچه مخصوص خود باشد و پس از پر شدن، به داخل آن واژگون شوند و همه آب محتوی خود را به داخل آن بریزند. گفتنی است که نصف طرح‌چهارها، از لحاظ مرکز جرم و محل قرار گرفتن محور، باید طوری طراحی شوند که همیشه در حالت افقی قرار داشته باشند، مگر در زمانی که آب داخل آنها به حد نهایی خود برسد و

۱. برای توضیح بیشتر درباره نصف طرح‌چهار بنگرید به: نظری و دیگران، «اجزا فواره‌های خودکار: میزاب، مقلّب و نصف طرح‌چهار، برپایه کتاب الطَّرِيقُ السَّيِّئَةُ فِي الْأَلَاتِ الرَّوْحَانِيَّةِ»، تاریخ و تمدن اسلامی، شماره هجدهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۲، ص ۱۳۵.

۲. جزری، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل، ص ۳۹۴ و ۳۹۹.

آن را برای لحظه‌ای از تعادل خارج کند. در این حالت نیز پس از تخلیه آب داخل آن، نصف طرجهار بلافاصله به حالت افقی برمی‌گردد.

با جاری شدن آب در میزاب و تمایل آن به عنوان مثال به سمت راست، نصف طرجهار سمت راست به وسیله نازل کوچک‌تر میزاب، شروع به پر شدن می‌کند. آب از نازل بزرگ‌تر نیز به داخل حوضچه فواره سمت راست ریخته و شکل فوران مخصوص به آن را به وجود می‌آورد.



شکل (۷) - تصویر سیستم کنترل نصف طرجهار تقی‌الدین

این روند تا پر شدن نصف طرجهار سمت راست ادامه دارد. با پر شدن این ظرف و واژگون شدنش به داخل حوضچه خود، آب داخل آن تخلیه شده و هم‌زمان قطعه عمودی پشت آن، بالا آمده و به سمت راست میزاب به طرف بالا فشار وارد می‌کند و سرانجام آن را به سمت چپ برمی‌گرداند. با کج شدن میزاب به سمت چپ، نصف طرجهار سمت چپ توسط نازل کوچک‌تر سمت چپ پر شده و نازل بزرگ‌تر این سمت، با ریختن آب به داخل حوضچه فواره زیر خود، شکل فوران مخصوص به آن را به وجود می‌آورد. در این بازه زمانی، آب داخل حوضچه نصف طرجهار سمت راست، توسط مقاب آن تخلیه می‌شود. این روند تا زمانی که آب ورودی به سیستم برقرار باشد، ادامه خواهد داشت.

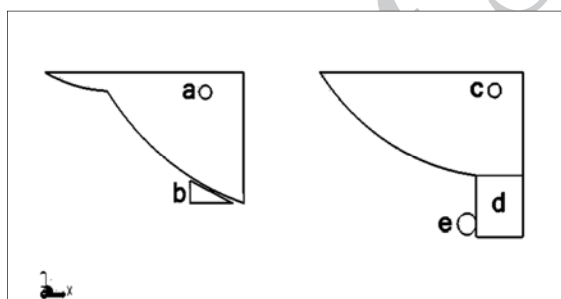
توضیحات

۱. در طراحی کفه یا نصف طرجهار، نکته‌ای که باید مورد توجه قرار بگیرد این است که نصف طرجهار تا زمانی که به اندازه کافی پر نشده، نباید از حالت تعادل خارج شود. لازمه این مهم آن است که پایین ظرف به گونه‌ای سنگین شود که برآیند گشتاور خود ظرف نصف طرجهار و گشتاور آب داخل آن، حول محور، در لحظه قبل از واژگون شدن صفر باشد. پیش از واژگون شدن نیز باید گشتاور ظرف از گشتاور آب بیشتر باشد. به عبارت دیگر، طراحی کفه باید به گونه‌ای باشد که تا لحظه پیش از واژگونی، کفه تمایل داشته باشد رو به عقب واژگون شود، اما با قرار دادن یک قطعه نگهدارنده، از چرخش خلاف جهت آن جلوگیری می‌شود.

جزری در طراحی کفه (نصف طرجهار) سنگین بودن ته ظرف را این گونه توضیح می‌دهد: «پس

از آنکه کفه به صورت توصیف شده ساخته شد، در تکمیل آن با استفاده از یک قطعه سرب به وزن تقریبی صد درهم، وزن کفه در جهت مرکز آن که قسمت انتهایی آن است، افزایش داده می شود.^۱ در واقع جزری با افزودن یک وزنه سربی به پایین کفه (d)، این مسئله را حل نموده، اما تقی الدین با تغییر در فرم کفه و گودتر نمودن قسمت انتهایی آن قصد داشته که جهت گشتاور آب داخل کفه را برعکس کند (شکل ۸)؛ یعنی نصف طر چهار تقی الدین تا لحظه قبل از واژگونی، به علت حجم بیشتر آب در انتهای آن، تمایل دارد که به سوی عقب واژگون شود.

گفتنی است که در طرح تقی الدین خبری از قطعه نگهدارنده ای که مانع چرخش کفه شود، نیست. این در حالی است که بدون این قطعه (b)، کارکرد این کفه ها با مشکل مواجه می شود. جزری در طرح خود، قطعه مذکور را رسم کرده، اما طرز قرار دادن این قطعه به شیوه جزری، به طور کامل مانع چرخش کفه به هر طرفی می شود. در طرح ساده زیر، این قطعه (e) در جای صحیح خود رسم شده است.



شکل (۸) - طرح ساده نصف طر چهار (کفه) های طراحی شده

توسط جزری (c) و تقی الدین (a)

دو. فواره های تقی الدین

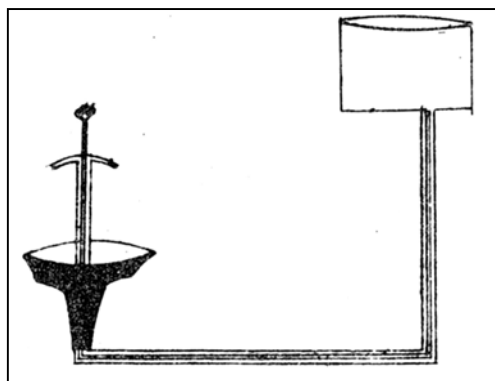
۱. فواره اول

همان طور که پیش از این گفته شد، تقی الدین در طراحی اولین فواره خود (شکل ۹) از سیستم های خودکار تغییر شکل فواره استفاده نکرده و این فواره فاقد تغییر شکل فوران است و هم زمان دو شکل فوران چوب چوگان^۲ و خیمه^۳ را دارد. در این مقاله تنها به فواره های خودکار تقی الدین یعنی فواره های دوم، سوم و چهارم پرداخته می شود.

۱. همان، ص ۹۱.

۲. مقصود فوران به شکل عصایی خمیده شبیه چوب بازی چوگان است.

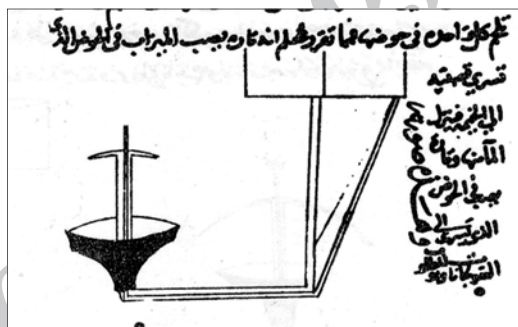
۳. مقصود فوران شبیه چتر است.



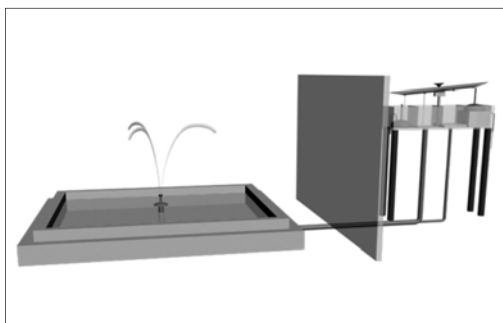
شکل (۹) - تصویر فواره اول تقی‌الدین

۲. فواره دوم

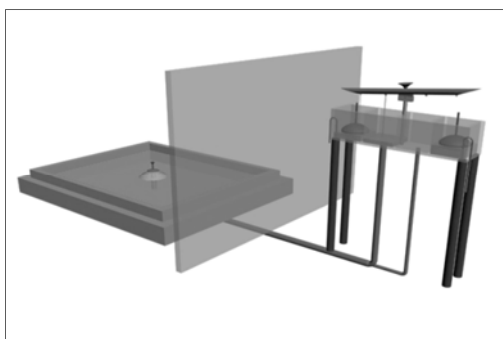
فوران این فواره (شکل ۱۰) همانند فواره اول، از دو حالت چوب چوگان (شکل ۱۱) و خیمه (شکل ۱۲) تشکیل شده است، با این تفاوت که در این فواره، دو صورت فوران، در فواصل زمانی مشخص به یکدیگر تبدیل می‌شوند. از این رو ساختمان نوک فواره که این دو شکل از آن خارج می‌شود، دقیقاً همانی است که در فواره اول استفاده شده است.



شکل (۱۰) - تصویر فواره دوم تقی‌الدین



شکل (۱۱) - تصویر بازسازی شده فواره دوم تقی‌الدین با سیستم کنترل شناور - فوران چوب چوگان



شکل (۱۲) - تصویر بازسازی شده فواره دوم تقی‌الدین با سیستم کنترل شناور - فوران خیمه

در فواره‌های خودکار مانند این فواره، بین منبع تغذیه آب و لوله‌های منتهی به سر فواره‌ها، یک سیستم کنترل - مانند سه موردی که در بالا ذکر شد - نصب می‌شود. به عبارت دیگر آب از منبع تغذیه، ابتدا وارد سیستم کنترل شده و سپس با نظمی مشخص وارد لوله‌هایی می‌شود که هر کدام یک شکل فوران را تأمین می‌کند.

تقی‌الدین برای فواره‌های خود، سیستم کنترل مشخصی را انتخاب نکرده و تنها می‌گوید: «یکی از میزاب‌هایی که ذکر شد.» نگارنده در این پژوهش برای شرح هر یک از سه فواره خودکار تقی‌الدین، یکی از سیستم‌های کنترل وی را آورده است تا هر سه سیستم مورد بررسی قرار گرفته باشد. مسلم است که برای هر فواره می‌توان از دو سیستم کنترل دیگر نیز استفاده کرد. برای فواره دوم از سیستم کنترل شناور استفاده شده است.

همان‌طور که در بخش سیستم کنترل شناور توضیح داده شد، در این سیستم کنترل، در زیر هر سمت میزاب، دو حوضچه قرار دارد که یکی حوضچه شناور و دیگری حوضچه ای است که آب را به سمت فواره هدایت می‌کند. در نتیجه در محفظه زیر میزاب، یک حوضچه شناور و یک حوضچه فواره در سمت راست و یکی در سمت چپ میزاب قرار دارد. حوضچه‌های شناور، که با نازل‌های کوچک پر و با مقلب‌ها خالی می‌شوند، با شناور داخل خود وظیفه کنترل حرکت میزاب را برعهده دارند. هر یک از دو حوضچه فواره نیز آب یک‌شکل از فواره را تأمین می‌کنند.

هرگاه میزاب به داخل حوضچه سمت راست آب بریزد، آب از طریق لوله باریک به نوک فواره هدایت شده و شکلی شبیه به چوب چوگان از آن پدیدار می‌شود. با چرخش میزاب به سمت چپ و پر شدن حوضچه سمت چپ، آب به وسیله لوله ضخیم‌تر به سمت نوک فواره هدایت می‌شود و شکلی شبیه به خیمه را پدید می‌آورد. از آنجاکه میزاب به شکلی که قبلاً توضیح داده شد، در فواصل زمانی مشخص به چپ و راست حرکت می‌کند، دو حالت فوران چوب چوگان و خیمه نیز به ترتیب و در فواصل زمانی مشخص، به یکدیگر تبدیل می‌شوند.

توضیحات

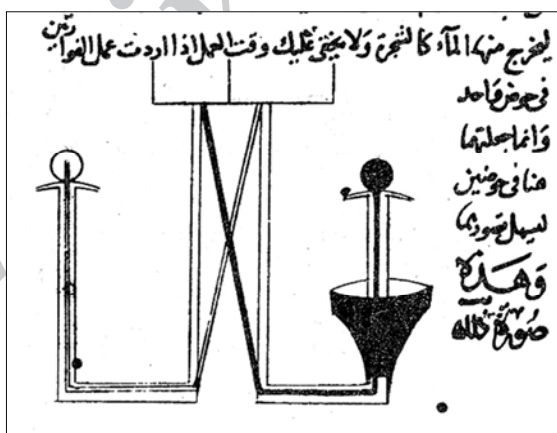
شیوه تقی‌الدین برای ایجاد فوران شبیه به خیمه، مانند طرحی است که جزری در فواره‌های خود^۱ به کار برده است. تقی‌الدین از دو صفحه مقعر، با فاصله کم میان آنها استفاده کرده است که آب با خروج از بین آنها شبیه به خیمه فوران می‌کند.

جزری یک صفحه مقعر در سر راه آب قرار داده است که آب با برخورد به زیر آن به صورت خیمه درمی‌آید. برای ایجاد شکلی شبیه به چوب چوگان نیز تقی‌الدین طرح مبهمی ارائه داده که تا حدودی شبیه نوک فواره در فواره‌های اول و دوم جزری^۲ است. وی تنها از سه نازل کوچک یاد کرده که مسلماً باید روی محفظه‌ای نصب شوند.

۳. فواره سوم

این فواره (شکل ۱۳) نیز مانند فواره دوم یک سیستم خودکار است که در بازه‌های زمانی مشخص، حالت فورانش تغییر می‌یابد، اما در این فواره دو حالت فوران، یکی شبیه به خیمه و دیگری شبیه به درخت^۳ است (اشکال ۱۴ و ۱۵).

تقی‌الدین برای ایجاد شکلی شبیه به درخت، از یک محفظه کروی شکل مسی استفاده کرده که بر روی قسمت بالایی آن سوراخ‌های ریزی ایجاد شده است. این گوی به جای محفظه‌ای قرار می‌گیرد که شکل صولجانی ایجاد می‌کرد.

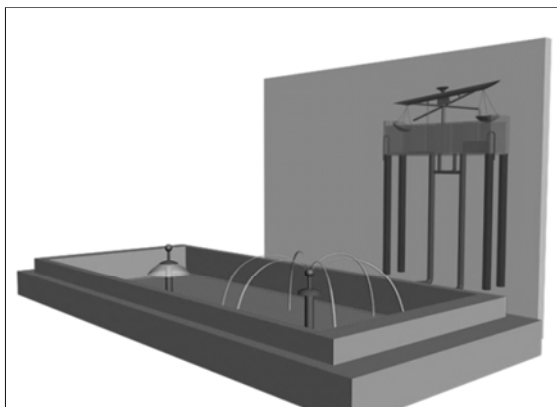


شکل (۱۳) - تصویر فواره سوم تقی‌الدین

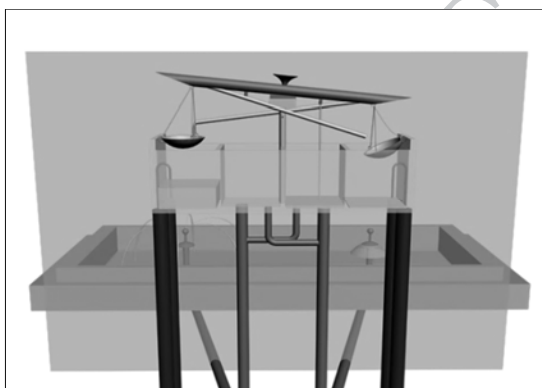
۱. جزری، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل، ص ۴۱۴.

۲. همان، ص ۳۹۴ و ۳۹۹.

۳. مقصود فوران به صورت کمان‌هایی است که از نوک فواره به اطراف کشیده می‌شوند.



شکل (۱۴) - تصویر بازسازی شده فواره سوم تقی‌الدین با سیستم کنترل کفه



شکل (۱۵) - تصویر بازسازی شده فواره سوم تقی‌الدین با سیستم کنترل کفه

فرق عمده این فواره با مورد قبلی این است که این دستگاه دارای دو فوران جداگانه است. به عبارت دیگر در حوض این فواره، دو فوران جداگانه و با فاصله از هم وجود دارد که با برقراری جریان آب، در یک سمت شاهد به وجود آمدن شکلی شبیه به درخت و در سمت دیگر شکلی شبیه به خیمه هستیم. پس از گذشت زمانی مشخص، آن فواره که به صورت درخت فوران می‌کرد، شبیه به خیمه می‌شود و آن که حالت فوران خیمه داشت، به صورت درخت فوران می‌کند.

برای اینکه بتوان مکانیزم این فواره را به طور کامل شرح داد، نیاز به یک سیستم کنترل است که این بار از سیستم کنترل کفه استفاده می‌شود. همان‌طور که در قسمت کنترل سیستم کفه شرح داده شد، میزاب با کمک کفه‌ها و لوله‌های باریک، با نظمی خاص به چپ و راست متمایل می‌گردد و به نوبت آب را به حوضچه‌های فواره چپ و راست می‌ریزد. در این فواره، مطابق طرح تقی‌الدین، از حوضچه سمت چپ یک لوله ضخیم به سمت فواره سمت چپ و یک لوله باریک به سوی فواره

سمت راست کشیده شده است. هنگامی که آب توسط میزاب به داخل این حوضچه ریخته شود، از دو لوله متصل به آن به سوی دو فواره حرکت می‌کند.

لوله ضخیم‌تر، در فواره سمت چپ شکل خیمه‌ای را پدید می‌آورد و لوله باریک باعث فوران درختی از فواره سمت راست می‌گردد. همین ترتیب در حوضچه سمت راست رعایت شده، به نحوی که آب داخل این حوضچه شکل خیمه‌ای فواره سمت راست و شکل درختی فواره سمت چپ را تأمین می‌کند. از آنجا که شکل ساختمان سر فواره همانند دو فواره قبلی است، دو لوله ضخیم و نازک هر فواره باید داخل یکدیگر شوند. از این رو لوله باریک حوضچه سمت چپ داخل لوله ضخیم سمت راست و لوله باریک حوضچه سمت راست داخل لوله ضخیم سمت چپ می‌شود.

توضیحات

۱. در شرح این فواره، تقی‌الدین دچار اشتباه شده و گمان کرده که دو فواره در زمانی مشخص به یک شکل فوران می‌کنند. به عبارت دیگر وی تصور کرده که در یک لحظه دو فواره به صورت خیمه فوران می‌کنند و بعد از گذشت زمانی مشخص، هم‌زمان تغییر شکل داده و هر دو به صورت درخت درمی‌آیند. اما با نگاهی به شکل کتاب و روش لوله‌کشی سیستم کنترل مشخص می‌شود که وی در توضیحات خود دچار اشتباه شده و حالت فوران دو فواره، همواره مخالف یکدیگر است. این اصل در فواره‌های بنی‌موسی^۱ و جزری^۲ نیز رعایت شده است.

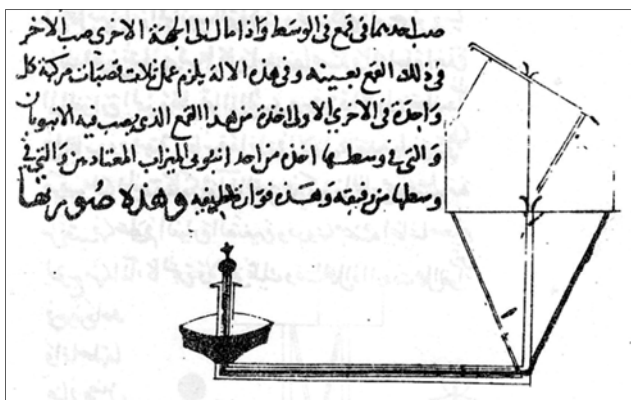
۲. برای ایجاد شکل فوران درخت، تقی‌الدین از یک محفظه کره‌ای شکل با سوراخ‌های ریزی روی آن استفاده کرده است، اما در طرح‌های جزری محفظه ایجادکننده شکل درخت، همچون دوش حمام، سرتخت است. ضمن اینکه علاوه بر سوراخ‌های ریز، یک سوراخ بزرگ‌تر در وسط خود دارد.

۴. فواره چهارم

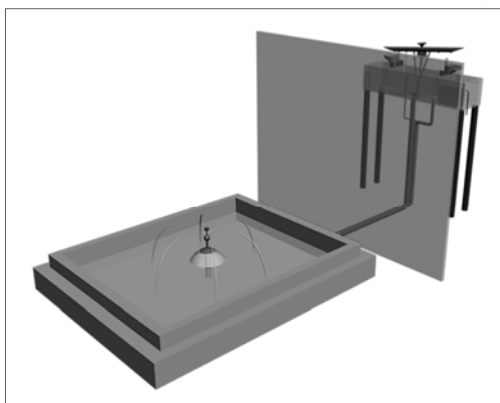
فواره چهارم (شکل ۱۶) که تقی‌الدین آن را از حیث ظرافت در ساخت، فواره‌ای «لطیف» خوانده، ترکیبی از فواره ساده و فواره‌های خودکار است. در این فواره حالت خیمه‌ای فوران، دائمی است، اما دو حالت فوران که شبیه به درخت و چوب چوگان است، به یکدیگر تبدیل می‌شوند. (شکل ۱۷)

۱. بنی‌موسی بن شاکر، کتاب الحیل، ص ۳۴۳.

۲. جزری، الجامع بین العلم والعمل النافع فی صناعة الحیل، ص ۳۹۹.



شکل (۱۶) - تصویر فواره چهارم تقی الدین

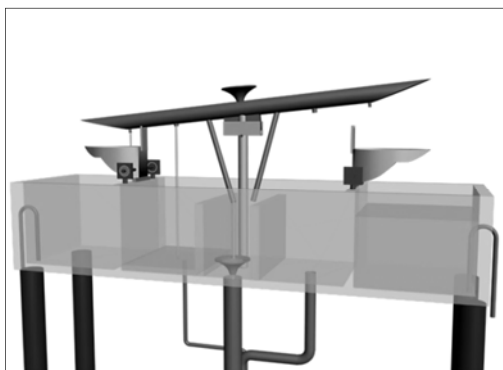


شکل (۱۷) - تصویر بازسازی شده فواره چهارم تقی الدین با سیستم کنترل نصف طرح چهار

پیش از تشریح چگونگی عملکرد این فواره، لازم به ذکر است که سومین سیستم کنترل تقی الدین، یعنی سیستم نصف طرح چهار، برای کنترل خودکار این دستگاه انتخاب شده است. البته با توجه به ویژگی‌های خاص فواره چهارم تقی الدین، تغییر کوچکی در این سیستم کنترل داده شده است. همان‌طور که در بخش سیستم‌های کنترل توضیح داده شد، با تمایل میزاب به هر طرف، یک شکل فواره شروع به فوران می‌کند و طرف مقابل از کار می‌افتد. اما برای حالت فوران خیمه‌ای که دائمی است، نیاز به سیستمی جداگانه است که با چرخش میزاب به هر طرف، حالت خیمه‌ای فوران از کار باز نماند.

تقی الدین برای حل این مشکل از مجرای جداگانه‌ای استفاده کرده است. وی ابتدای این مجرا را در وسط حوض زیر میزاب، به قیفی متصل کرده است. از طرف دیگر، تقی الدین بر روی هر سمت میزاب، نازل بلندی تعبیه نموده که آب را به داخل این قیف می‌ریزد. طول و زاویه این نازل باید به گونه‌ای باشد که به‌عنوان مثال زمانی که میزاب به سمت راست متمایل شده، خروجی نازل سمت

راست، دقیقاً بالای قیف قرار بگیرد. با استفاده از این دو نازل بلند، هربار که میزاب به سمتی متمایل شود، آب از طریق نازل بلند همان سمت به داخل قیف ریخته و حالت خیمه‌ای را به وجود می‌آورد. به این صورت، آب همواره در مجرای فواره شبیه به خیمه وجود دارد و این فواره دائماً فوران می‌کند. (شکل ۱۸)

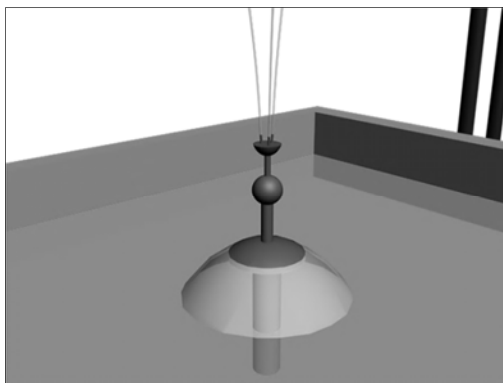


شکل (۱۸) - تصویر بازسازی شده سیستم کنترل فواره چهارم تقی‌الدین

مجرای فواره شبیه به خیمه که از پرقطرترین لوله ساخته شده، از یک طرف به قیف مذکور در بالا و از طرف دیگر در نوک فواره به دو صفحه مقعر متصل می‌شود. برای ایجاد حالت درخت فواره، لوله‌ای که به حوضچه فواره سمت چپ متصل شده، داخل لوله فواره‌ای می‌شود که فوران آن شبیه به خیمه است. طول لوله دوم باید به گونه‌ای باشد که از لوله اول مقداری بیرون بزند. بر روی سر بیرون زده لوله دوم، محفظه کره‌ای شکلی با سوراخ‌هایی در بالای آن نصب می‌شود تا فورانی شبیه به درخت را صورت دهد. لوله سوم که از دو لوله دیگر باریک‌تر است، از حوضچه فواره سمت چپ، وارد لوله دوم شده و مقداری از سر لوله دوم بیرون می‌زند. با نصب محفظه‌ای با چند نازل خروجی تقریباً عمودی بر روی سر این لوله، حالت فوران چوب چوگان فواره به وجود می‌آید. (اشکال ۱۹ و ۲۰)



شکل (۱۹) - لوله‌کشی زیر حوضچه سیستم کنترل فواره چهارم تقی‌الدین



شکل (۲۰) - تصویر بازسازی شده نوک فواره چهارم - فوران خیمه و چوب چوگان

طبق مطالب بالا و آنچه در بخش سیستم کنترل نصف طر چهار آمده است، با چرخیدن میزاب به هر سمت توسط نصف طر چهارها، آب به مجرای یکی از دو حالت فوران درختی و چوب چوگانی می‌ریزد و هر بار یکی از آن دو فوران می‌کند و دیگری از کار می‌افتد. حالت خیمه‌ای فوران نیز که مجرای آن به قیفی متصل است که همیشه توسط یکی از دو نازل بلند میزاب پر می‌شود، به‌طور دائمی فوران می‌کند.

نتیجه

کتاب *الطرق السنیه فی الآلات الروحانیه* تألیف تقی الدین محمد بن معروف، یکی از کتاب‌های مهم در زمینه علم الحیل است که در قرن دهم هجری به رشته تحریر درآمده است. این کتاب را می‌توان ادامه دو کتاب مهم دیگر این رشته، یعنی *الحیل* بنی موسی بن شاکر خراسانی (قرن سوم هجری) و *الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل* ابوالعزیز جزی (قرن ششم هجری) دانست؛ اما با نگاهی به مطالب کتاب مشاهده می‌شود که محتوای آن، پیشرفت محسوسی نسبت به کتاب‌های پیش از خود نداشته است. به عنوان مثال، با بررسی مبحث فواره در این سه کتاب مشخص می‌گردد که طرح‌های تقی الدین در زمینه فواره، تا حد بسیار زیادی برگرفته از طرح‌های پیشینیان، به‌خصوص جزی است. در میان طرح‌های مختلف فواره، شاید تنها یک یا دو مورد جزئی را بتوان ابداع خود تقی الدین دانست و باقی اجزا و طرح‌ها همانی است که در کتاب‌های بنی موسی و جزی آمده است. حتی می‌توان گفت که طرح‌های جزی در قرن ششم هجری بسیار پیچیده‌تر و البته کاربردی‌تر از طرح‌های تقی الدین در قرن دهم هجری است. کتاب *الطرق السنیه* که هم‌زمان با عصر رنسانس در اروپا تألیف شده، به خوبی نشان‌دهنده این موضوع است که در این دوره، در ممالک اسلامی نه تنها پیشرفت محسوسی در علم صورت نگرفته، بلکه علوم عقلی رو به افول نهاده است.

پیوست: تصحیح و ترجمه باب چهارم کتاب الطرق السنیه (قسمت فوارها)

الباب الرابع

في عمل الزمر الدائم و التفارات و غير ذلك من الفوارات المختلفة الأشكال و الأوضاع.
و لجمع ما تذكر في هذا الباب اصول.

من جملتها الكفة و هي نصف طرجهار الذي ذكر في الفصل الثاني من الباب الاول في بنكام القمر.
العوامة و هي تعمل من الحشب اللطيف لتطفو على الماء أو من حنظل يابس مرفقة من خارج أو ما يشبه
ذلك. المقلب و هو قصبه من النحاس معطوفة كصولجان طويل الرأس و هذه صورته. فاذا وضع طرفه
الأقصر في إناء و طرفه الأطول خارج الماء و جذب الماء من الأطول بالمص أو سلط عليه الماء حتى يملأ القصبه
الطويلة و يبرز منها. فإنه لضرورة الخلل يجذب جميع ما في الإناء من الماء بنفسه. ميزاب الماء و هو قصبه. كل
واحد من رأسها فيه أنبوب لطيف و دونه الى جهة الوسط أنبوب آخر، أكبر منه قدر الحاجة و في وسطها من
جهة الغلو حرق، عليه قمع ملحوم و في مقابلته من جهة السفل رزة مثبتة في عمود قائم في حوض مستطيل
طولها طول الميزاب مقسوم بنصفين بصفيحة ماسة للعمود. فاذا سلط الماء من القمع مال إلى إحدى الجهتين
وانصببت الماء من الأنوب الكبير المائل و من الصغير أيضاً. فإن ميل إلى الجهة الأخرى، تسلط الماء من
الأنوبين الآخرين لكن كيف تحال له حتى يميل بحركة من نفسه. الطريق إلى ذلك من عدة أوجه.

الأول بالعوامة و هو أن تكون تحت كل أنبوب من الأصغرين حوض و في وسطه عوامة مثقلة الأسفل
شيئاً يسيراً أو تكون مبسوطة كالرغيف بحيث لا ينقلب و في وسطها عصاً واقفة فيها لترفع الميزاب.
إذا ارتفعت العوامة و مقلب بارز طرفه الطويل إلى الخارج من حرق في أعلى الحوض بحيث لا يمتلي
الحوض حتى ينعير المقلب بالماء فاذا مال الميزاب و تسلط الماء من أنوبه الكبير على الجهة التي تعمل عليها
الزمر و غيره، نزل من الأنوب الصغير إلى الحوض الماء، فملاً في الزمان الذي قدرناه و بإمتلائه ارتفعت
العوامة فرفعت طرف الأنوب فانقلب إلى الجهة الأخرى التي انقلبت إليها و ينزل الماء من الأنوب المقابل لهذا
أيضاً حتى يملأ الحوض و يرتفع العوامة. فتقلبه إلى الجهة الأخرى لذلك و هذه صورته.

الثاني بالكفات و هو أن يعمل في طرفي الميزاب حلقتان و في كل حلقة كفة كفة الميزان معلقة بثلاث
خيوط غير أن طرفها الذي من جهة حافة الحوض، متصل اليه بسلسلة لطيفة بحيث أن طرف الميزاب إذا كان
عالياً، كانت الكفة موازية الأفق و إذا انحطت تعلق جنب الكفة فانكب جميع ما فيها من الماء لكن بقي هائنا
شيء و هو أن احتياجنا إلى امتلاءها، أما يكون عند استوائها و هو لا يكون إلا بارتفاع الطرف الذي في جهتها
فمن أين ينصب إليها الماء.

الطریقُ الى ذلكَ انْ تَعْمَلَ على الأنبوبِ الصَّغِيرِ المَقَابِلِ لِلکَفَّةِ وَ هُوَ المُنخَفِضُ قَصَبَهُ لَطِيفَةً مُتَدَّةً الى جِهَةِ تِلْكَ الكَفَّةِ مُسَلَّطَةً عَلَيْهَا وَ مِنْ الأُخْرَى أُنبُوبٌ آخَرُ مُسَلَّطٌ على الأُخْرَى بِحَيْثُ انَّ المَاءَ اذا تَسَلَّطَ الى الجِهَةِ الیْمِینِ وَ اسْتَوَتْ الكَفَّةُ الَّتِی فی الجِهَةِ الیسْرِی جَرَى عَلَيْهَا المَاءُ مِنْ القَصَبَةِ الَّتِی على الخِرقِ الَّذِی فی الجِهَةِ الیْمِینِ، فَامْتَلَأَتْ وَ بِامْتِلَائِهَا تَنْقَلِبُ الكَفَّةُ البِیْرِی فَتَجْذِبُ المِیزَانَ الى جِهَتِهَا وَ یَتَعَلَّقُ طَرَفُهَا فی طَرَفِ الحَوْضِ فِیَنْقَلِبُ جَمِیعُ مَا فیهَا فی الحَوْضِ فِیجْذِبُهُ المَقْلَبُ بِشَرَطٍ انْ یَکُونَ مَا تَصْبُهُ الكَفَّةُ قَدْ جَعَلَ الحَوْضُ بِقَدْرِهِ لِیَمْتَلِی وَ یَتَّعِطُ المَقْلَبُ.

الثالثُ بِنِصْفِ طَرَجَهَارٍ^۲ وَ هُوَ انْ یَکُونَ تَحْتَ کُلِّ طَرَفٍ مِنْ طَرَفِی المِیزَانِ نِصْفُ طَرَجَهَارٍ مُرْکَبٌ على مِخْوَرٍ وَ طَرَفُهُ المَقْطُوعُ لَهُ سِنَّ عَالٍ بِحَيْثُ انَّهُ اذا امْتَلَأَ مِنَ المَاءِ المُسَلَّطِ عَلَيْهِ مِنَ الأُنْبُوبِ کَمَا ذُکِرَ فی الوَجهِ الأَوَّلِ، انْقَلَبَ وَ بِانْقِلَابِهِ یَرْتَفِعُ السِّنُّ بِالمِیزَانِ فِیَنْقَلِبُ الى الجِهَةِ الأُخْرَى وَ یَنْسَکِبُ ماءُ نِصْفِ طَرَجَهَارٍ^۳ الى الحَوْضِ فِیَمَلَأُهُ فِیجْذِبُهُ المَقْلَبُ وَ بِدَوْمِ ذَلِکَ مَادَامَ المَاءُ جَارِیاً وَ هَذِهِ صَوْرَتُهُ.

خاتمة لهذه المقدمة

یَنْبَغِی لِمَنْ ارَادَ احْکَامَ هَذَا المِیزَانِ انْ یُرْکَبَ فی اَسْفَلِهِ جَعِبَةً فیهَا بُدُقٌ رِصَاصٌ بِحَيْثُ انَّهُ اذا مَالَ المِیزَانُ مَالَتْ، فَجَرَى البُدُقُ الى طَرَفِهَا فَتَقَلَّبَ. وَ حَيْثُ عَلِمْتَ هَذِهِ الاصولَ وَ تَقَرَّرْتَ، فَلتَشْرَحْ فی کِیفِیةِ عَمَلِ الآلاتِ المُتَرْتِبَةِ عَلَيْهَا وَ هِیَ قِسمَانِ.

القِسمُ الثَّانی مِنْ هَذَا البَابِ فی الفَوَارَاتِ

وَ فیهِ اَرْبَعَةٌ مِنْهَا الاوَلِی فَوَارَةٌ یَبْرُزُ مِنْهَا ثَلَاثُ صَوْلجانَاتٍ مُتَفَرِّقَةٌ الى ثَلَاثِ جِهَاتٍ وَ خِیمَةٌ تَحْتَ صَوْلجانِ مُنْفُوشَةٌ فی سائِرِ جِهَاتِهِ وَ طَرِيقٌ ذَلِکَ انْ تَعْمَلَ حَوْضاً لَطِيفاً وَ تَخْرُقُ اَسْفَلَهُ وَ تَضَعُ فی هَذَا الخِرقِ قَصَبَةً ثَخِینَةً آخِذَةً تَحْتَ الأَرْضِ وَ فی وَسْطِهَا قَصَبَةٌ اُخْرَى مُحْکَمَةٌ اللِیْحَامِ حَتَّى یَبْرُزَا مِنْ نِوْفَرَةٍ فی وَسْطِ البِرْکَةِ وَ یَکُونَ القَصَبَةُ الصَّغِیرَةُ بارِزَةً مِنَ الکَبِیرَةِ. ثُمَّ تَعْمَلُ صَفِیحَةً مُسْتَدِیرَةً مُفَعَّرَةً وَ تَخْرِفُهَا مِنْ وَسْطِهَا بِقَدْرِ القَصَبَةِ الکَبِیرَةِ وَ تَضَعُهَا فیهَا مَقْلُوبَةً وَ تَلْحَمُهَا ثُمَّ تَعْمَلُ صَفِیحَةً اُخْرَى مِثْلِهَا وَ تُفَعَّرُهَا کَتَفْعِیرِهَا سِوَاءً وَ تَخْرِفُهَا فی وَسْطِهَا بِقَدْرِ القَصَبَةِ الصَّغِیرِی وَ تَضَعُهَا فیهَا مَقْلُوبَةً اِیضاً مَطْبُوقَةً على اُخْتِهَا بِحَيْثُ یَکُونُ بَیْنَهُمَا خَلَلٌ یَسِیرٌ قَدْرَ ثَخَنِ تَصِيفِ کُرَاسٍ وَرَقٍ. ثُمَّ تَرْکَبُ على القَصَبَةِ الصَّغِیرِی ثَلَاثَةَ اَنابِیبٍ اَوْ اَرْبَعَةً اَوْ حَمْسَةً بِمِقدارِ ما تَخْتارُ لِیُخْرِجَ ماءُهَا صَوْلجاناً فِیَنْ الواضِحُ المُقَرَّرُ انَّهُ اذا اُطْلِقَ المَاءُ فی الحَوْضِ نَزَلَ فی کُلِّ مِنَ القَصَبَتَیْنِ وَ خَرَجَ مِنَ الکَبِیرَةِ وَ انْحَصَرَ فی الصَّغِیرَتَیْنِ فِیَبْرُزُ مِنْ بَیْنَهُمَا هِیئَةً خِیمَةً وَ بَرَزَ مِنَ الأَنابِیبِ صَوْلجانَاتٍ یَعْدَّتُهَا وَ هُوَ طَرِيقٌ وَ هَذِهِ صَوْرَتُهُ.

۱. در نسخه خطی بین «یتعطی» و «مقلب» چند نقطه گذاشته شده است.

۲. اصل: بالنصف طرجهار.

۳. اصل: النصف طرجهار.

الفوارةُ الثانيةُ

كَهَذِهِ غَيْرِ أَتَاهَا تَتَبَدَّلُ فَتَارَةٌ صَوَالِجَةٌ وَ تَارَةٌ خِيْمَةٌ وَ طَرِيقٌ ذَلِكَ أَنْ تَعْمَلَ مِيزَاباً مِنْ مِيزَابِ الْمَاءِ الَّتِي دُكِرَتْ فِي الْقِسْمِ الْأَوَّلِ عَلَى حَوْضَيْنِ وَ تَلْحَمُ فِي أَسْفَلِ كُلِّ حَوْضٍ أَنْبُوباً وَ تَحْرُقُ أَحَدَهُمَا وَ تَدْخُلُ الْآخَرَ فِيهِ وَ تُبْرِزُ رَأْسَهُ فِي وَسْطِ الْبَرِكَةِ كَمَا مَرَّ.

تنبيه: حتى العبارة في التفهيم من قولي « تَحْرُقُ أَحَدَهُمَا وَ تَدْخُلُ فِيهِ الْآخَرُ... » لكن هذا لا يمكن في العمل لِيُبَسِّطَ قَصَبَةَ النُّحَاسِ عَنِ الْإِنْعَاطِ إِلَّا أَنْ تَعْمَلَ الْقَطْعَتَيْنِ الْوَاقِفَتَيْنِ وَ تَضَعُ وَاحِدَةً فِي وَاحِدَةٍ ثُمَّ الْقَائِمَتَيْنِ. وَ تَضَعُ وَاحِدَةً فِي وَاحِدَةٍ وَ تَلْحَمُ الرَّقِيقَةَ فِي الرَّقِيقَةِ ثُمَّ التَّخِينَةَ فِي التَّخِينَةِ. ثُمَّ تَعْمَلُ الْقِطْعَةَ الْقَائِمَةَ إِلَى الْأَحَدِ الْحَوْضَيْنِ وَ تَلْحَمُهَا بِأَخْتِهَا ثُمَّ تَعْمَلُ الْأُخْرَى الْكَبِيرَةَ الْقَائِمَةَ أَيْضاً إِلَى الْحَوْضِ الْآخَرَ وَ تَفْرُضُ جَنْبَهَا بِقَدْرِ الصَّغِيرَةِ وَ تَلْقِيهَا بِهَا وَ تَلْحَمُهَا عَلَى الْكَبِيرَةِ. هَذَا طَرِيقَةٌ فِي الْعَمَلِ وَ مَا ذَكَرُ أَوَّلاً طَرِيقَةٌ فِي التَّعْلِيمِ وَ التَّصَوُّرِ ثُمَّ تَلْحَمُ كُلُّ وَاحِدَةٍ فِي حَوْضِهَا. فِيمَا تَقَرَّرَ تَعَلَّمَ أَنَّهُ تَارَةٌ يَصُبُّ الْمِيزَابُ فِي الْحَوْضِ الَّذِي تَسْرِي قَصْبَتُهُ إِلَى الْحِيْمَةِ فَيَنْزِلُ الْمَاءُ مِنْهَا وَ تَارَةٌ يَصُبُّ فِي الْحَوْضِ الَّذِي يسري إلى الصَّوْلَجَانَاتِ وَ هُوَ الْمَطْلُوبُ وَ هَذِهِ صَوْرَتُهُ.

الفوارةُ الثالثةُ

فَوَارَتَانِ مُتَقَابِلَتَانِ وَ كُلُّ وَاحِدَةٍ مِنْهُمَا تَخْرُجُ مِنْهَا شَجَرَةٌ وَ حِيْمَةٌ لَكِنْ يَحِثُّ أَنَّهُ إِذَا خَرَجَ مِنْ هَذِهِ الْفَوَارَةِ شَجَرَةٌ كَانَتْ حِيْمَتُهَا بَطَالَةً وَ شَجَرَةُ الْفَوَارَةِ الْمُقَابِلَةِ لَهَا عَمَالَةً وَ إِذَا خَرَجَ مِنْهَا حِيْمَةٌ كَانَتْ شَجَرَتُهَا بَطَالَةً وَ حِيْمَةُ الْفَوَارَةِ الْمُقَابِلَةِ لَهَا عَمَالَةً. وَ طَرِيقٌ ذَلِكَ أَنْ تَعْمَلَ مِيزَاباً مِنَ الْمِيزَابِ الَّتِي دُكِرَتْ وَ تَحْتَ كُلِّ مِيزَابٍ حَوْضٌ وَ فِي ذَلِكَ الْحَوْضِ ثِقْبَانِ، مُرَكَّبٌ عَلَى كُلِّ وَاحِدٍ مِنْهُمَا قَصْبَةٌ وَ الْوَاحِدَةُ آخِذَةٌ إِلَى الْفَوَارَةِ الْيَمْنِيِّ وَ تَطِيرُهَا إِلَى الْبِيسْرِ وَ رَقِيقَةٌ الْأُولَى مُنْعَطِفَةٌ دَاخِلَةٌ فِي الثَّانِيَةِ وَ رَقِيقَةُ الثَّانِيَةِ دَاخِلَةٌ فِي الْأُولَى كَمَا تَقَدَّمَ بَارِزَةً مِنْ وَسْطِهَا مُرَكَّبٌ عَلَيْهَا الْحِيْمَةُ كَمَا ذُكِرَ.

وَ أَمَّا الشَّجَرَةُ فَهِيَ كُرَّةٌ مِنَ النُّحَاسِ مُجَوَّفَةٌ مَلْحُومَةٌ مِنْ ثَقَبٍ فِيهَا عَلَى فَمِ الْفَوَارَةِ الصَّغِيرَةِ وَ ذَرُوتُهَا مُبْخِشَةٌ إِحْشَاشاً صَغِيرَةً لِيَخْرُجَ مِنْهَا الْمَاءُ كَالشَّجَرَةِ وَ لَا يَخْفَى عَلَيْكَ وَقْتُ الْعَمَلِ إِذَا أَرَدْتَ عَمَلَ الْفَوَارَتَيْنِ فِي حَوْضٍ وَاحِدٍ وَ إِنَّمَا جَعَلْتُهُمَا هُنَا فِي حَوْضَيْنِ لِيَسْهُلَ تَصَوُّرُهُمَا وَ هَذِهِ صَوْرَتُهُ.

الفوارةُ الرابعةُ

حِيْمَةٌ دَائِمَةٌ وَ شَجَرَةٌ وَ صَوْلِجَانٌ فِي وَسْطِهَا يَتَبَدَّلَانِ فَتَارَةٌ يَبْرِزُ هَذَا وَ يَبْرِزُ هَذَا وَ طَرِيقُ الْعَمَلِ لِذَلِكَ أَنْ تَعْمَلَ مِيزَاباً كَمَا مَرَّ قَبْلَ هَذَا غَيْرِ أَنَّهُ يَكُونُ فِيهِ أَنْبُوبَانِ آخِرَانِ مُنْعَطِفَانِ إِلَى جِهَةِ الْحَوْضِ لِيَنْزِلَ مِنْهُمَا مَاءٌ مَالَتْ بِحَيْثُ إِذَا مَالَ الْمِيزَابُ إِلَى جِهَةِ الْيَمْنِيِّ صَبَّ أَحَدُهُمَا فِي قَمْعٍ فِي الْوَسْطِ وَ إِذَا مَالَ إِلَى الْجِهَةِ الْأُخْرَى، صَبَّ الْآخَرَ فِي ذَلِكَ الْقَمْعِ بِعَيْنِهِ وَ فِي هَذِهِ الْآلَةِ يَلْزِمُ عَمَلُ ثَلَاثِ قَصَبَاتٍ مُرَكَّبَةٌ كُلُّ وَاحِدَةٍ فِي الْأُخْرَى. الْأُولَى آخِذَةٌ مِنْ هَذَا الْقَمْعِ الَّذِي يَصُبُّ فِيهِ الْأَنْبُوبَانِ وَ الَّتِي فِي وَسْطِهَا آخِذَةٌ مِنْ أَحَدِ أَنْبُوبِي الْمِيزَابِ الْمُتَعَادَيْنِ وَ الَّتِي فِي وَسْطِهَا مِنْ رَقِيقِهِ وَ هَذِهِ فَوَارَةٌ لَطِيفَةٌ وَ هَذِهِ صَوْرَتُهَا.

ترجمه باب چهارم

ساخت وسیله نی‌زنی دائمی و نقاره‌ها و از این قبیل [دستگاه‌ها] همچون فواره‌هایی با طرح‌ها و شکل‌های مختلف.

و برای همه [طرح‌هایی] که ما در این باب توضیح می‌دهیم، اصول [اولیه‌ای] وجود دارد که از آن جمله‌اند:

- گفته: و آن نصف طَرَجَه‌ار است که در فصل دوم از باب اول و در قسمت «ساعت آبی ماه» از آن یاد شد.
- شناور: و آن از چوبی نرم، یا از یک هندوانه ابوجهل خشک‌شده که از بیرون قیراندود شده باشد و یا از چیزی شبیه به آن ساخته می‌شود تا بر روی آب شناور شود.

- مَقْلَب: و آن لوله‌ای است از مس که مانند چوب چوگانی که سر آن بلند باشد بوده و این تصویرش است. پس زمانی که طرف کوتاه‌تر در ظرف و طرف بلندتر در خارج [ظرف] آب قرار داده شود، آب از طرف [لوله] بلندتر به وسیله مکش یا بالا آمدن آب [و پر کردن مقلب] جذب می‌شود تا لوله بلند را پر کند و از آن بیرون بریزد. اینکه همه آب داخل ظرف خود به خود کشیده می‌شود، به سبب وجود خلأ است.

- میزاب آب: و آن لوله‌ای است که در هر سر آن نازلی باریک قرار دارد و به غیر از آن، به سمت وسط میزاب، نازلی وجود دارد که به قدر نیاز از [نازل] اولی بزرگ تر است. در بالای قسمت میانی میزاب، سوراخی وجود دارد که قیفی بر آن لحیم شده و در پایین این قسمت حلقه‌ای است که بر میله‌ای عمودی که در حوض مستطیلی قرار دارد، ثابت شده است. طول این حوض که به اندازه طول میزاب است، به وسیله صفحه‌ای مماس بر میله عمودی، به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود. پس زمانی که آب از قیف سرازیر شود، [میزاب] به یک طرف مایل شده و آب از دو نازل بزرگ و کوچک، [که در طرف] کج‌شده [قرار دارند]، فرو می‌ریزد. پس اگر [میزاب] به سمت دیگر متمایل شود، آب از دو نازل دیگر فرو می‌ریزد. اما اینکه ما چه تدبیری به کار می‌بریم که [میزاب] به طور خودکار [و متناوب به این طرف و آن طرف] کج می‌شود، راهش این است [که خواهیم گفت] به چند روش:

[روش] نخست، با [استفاده از] شناور و آن این‌گونه است که در زیر هر کدام از نازل‌های کوچک، حوضی باشد و در وسط آن حوض، شناوری که به میزان اندکی زیرش سنگین شده و یا مانند گرده نان پهن باشد تا واژگون نشود. در وسط شناور، عصایی ایستاده قرار داده شود تا زمانی که شناور بالا آمد، [آن عصا] میزاب را به سمت بالا حرکت دهد.

طرف بلندتر مَقْلَب از سوراخی در بالای حوض بیرون آید، به‌گونه‌ای که تا زمان پر شدن مَقْلَب در آب، حوض [دیگر] پر نشود.

پس آنگاه که میزاب [به سمت دیگر] چرخید و آب از نازل بزرگ‌تر به سمتی که بر آن نی و چیزهای دیگر ساخته‌ای سرازیر شد، آب از نازل کوچک‌تر به درون حوض می‌ریزد و آن را در زمانی که ما تعیین کنیم، پر می‌کند. با پر شدن حوض، شناور بالا می‌آید و [آن] طرف [میزاب که این] نازل [قرار دارد] را بالا می‌دهد. پس [میزاب] به طرف دیگر می‌چرخد و آب از نازل مقابل آن فرو می‌ریزد. به همین ترتیب [ادامه

می‌یابد] تا [دوباره] حوض پر شود و شناور بالا بیاید. پس گردش آن به طرف دیگر به این ترتیب است و این تصویرش است.

[روش] دوم، با [استفاده از] کفه‌ها و آن این‌گونه است که در هر طرف میزاب حلقه‌ای ساخته شود و از هر حلقه، کفه‌ای مانند کفه ترازو، که توسط سه نخ معلق است، قرار داده شود؛ با این تفاوت که آن طرف کفه که به لبه حوض نزدیک است، توسط زنجیر باریکی به آن متصل شود، به گونه‌ای که وقتی یک طرف میزاب بالا بود، کفه [آن طرف] موازی افق باشد و زمانی که پایین بیاید، یک طرف کفه آویزان شود و همه آب داخل آن بیرون بریزد. اما اینجا یک مسئله باقی می‌ماند و آن نیاز ما به پر شدن [کفه] در حالت افقی [آن کفه] است، و این میسر نمی‌شود جز با بالا رفتن آن طرف [میزاب] که سمت کفه است. پس آب از کجا سرازیر شود؟

راه حل این است که بر بالای نازل [طرف] مقابل کفه [مورد نظر]، که [در این لحظه] پایین تر قرار دارد، لوله‌ای باریک بسازی، به گونه‌ای که [آن لوله] تا کفه [مورد نظر] امتداد یابد و بر آن مسلط باشد، و از [سمت] دیگر، لوله‌ای دیگر [می‌سازی] که بر [کفه] دیگری مسلط باشد، به گونه‌ای که وقتی آب به سمت راست سرازیر شد و کفه سمت چپ به حالت افقی درآمد، آب از لوله [ساخته‌شده] بر روی سوراخ سمت راست جریان می‌یابد. پس [کفه سمت چپ را] پر می‌کند و با پر شدنش، کفه سمت چپ سنگین می‌شود و ترازو (منظور میزاب) را به سمت خود می‌کشد و آن طرف کفه که به سمت حوض است، آویزان می‌شود. پس تمام [آبی] که در داخل کفه است، در حوض می‌ریزد. مقلّب آب را جذب می‌کند، به شرط آنکه آنچه از کفه می‌ریزد، حوض را به اندازه کافی پر کند و مقلّب را بپوشاند.

[روش] سوم، با [استفاده از] نصف طرجهار و آن این‌گونه است که زیر هر طرف میزاب، یک نصف طرجهار با قطعه‌ای عمودی در سمت قطع شده آن (انتهای ظرف) قرار داده شود، درحالی‌که بر محوری سوار شده است، به گونه‌ای که وقتی به ترتیب ذکر شده در روش اول، [نصف طرجهار] از آب سرازیر شده از لوله پر گردید، واژگون می‌شود و با واژگون شدنش، قطعه عمودی [پشت ظرف]، [یک طرف] میزاب را بالا می‌دهد و آن را به سمت دیگر می‌گرداند. آب داخل نصف طرجهار به درون حوض می‌ریزد و آن را پر کرده، سپس مقلّب آب را جذب می‌کند. و این روال تا زمانی که آب جاری باشد، ادامه می‌یابد و این تصویرش است.

پایانی بر این مقدمه

برای کسی که می‌خواهد این میزاب دقیق و صحیح کار کند، لازم است که در پایین میزاب جعبه‌ای تعبیه کند با گلوله‌ای سربی در درون آن، به گونه‌ای که وقتی میزاب به سمتی مایل گردید، [جعبه نیز] مایل شود و گلوله به آن سمت به حرکت دربیاید و آن طرف را سنگین کند.

حال که این اصول را دانستی و برایت مسجل شد، پس باید شروع به [بیان] چگونگی ساخت وسایلی

کنیم که بر مبنای این اصول کار می‌کنند. و آنها بر دو قسم‌اند.

قسمت دوم از این باب در [شرح] فواره‌ها

و در این قسمت چهار [فواره] است که عبارتند از:

[فواره] اول

فواره‌ای است که از آن سه [شاخه شبیه به] چوب چوگان (صولجان) در سه جهت مختلف فوران می‌کند و آب در زیر این شاخه‌های شبیه به چوب چوگان، به صورت خیمه در سایر جهات پخش می‌شود. شبیه [طراحی] آن این است که حوضی ظریف می‌سازی و پایین آن را سوراخ می‌کنی و در این سوراخ لوله‌ای ضخیم تعبیه می‌کنی و [ادامه آن را] در زیر زمین قرار می‌دهی و در وسط لوله ضخیم، لوله دیگری تعبیه و با لحیم آن را محکم می‌کنی تا در وسط حوض از فواره بیرون بزند و لوله کوچک‌تر از لوله بزرگ‌تر بالاتر بیاید. سپس صفحه‌ای دایره‌شکل و مقعر می‌سازی و وسط آن را به اندازه لوله بزرگ‌تر سوراخ می‌کنی و لوله را وارونه درون صفحه قرار می‌دهی و آن را لحیم می‌کنی. سپس صفحه دیگری مانند آن و با همان میزان تقعر می‌سازی و در وسطش سوراخی به اندازه لوله کوچک‌تر تعبیه می‌کنی و لوله کوچک‌تر را نیز مانند همتایش به‌طور وارونه درون صفحه قرار می‌دهی، به‌گونه‌ای که بین آنها فاصله اندکی به اندازه ضخامت لبه آن صفحه‌ها وجود داشته باشد. سپس بر روی لوله کوچک‌تر به دلخواه سه، چهار یا پنج نازل قرار می‌دهی تا آب شبیه به چوب چوگان خارج شود.

واضح و مبرهن است که وقتی آب در حوض می‌ریزد، در هر دو لوله سرازیر می‌شود. پس چون از لوله بزرگ‌تر خارج شود، بین دو صفحه گیر می‌افتد. لذا به صورت خیمه بیرون می‌زند و [در مسیر لوله کوچک‌تر] از نازل‌ها به تعداد آنها شبیه به «چوب‌های چوگان» خارج می‌شود و این تصویرش است.

فواره دوم

مانند آن یکی است با این تفاوت که شکل فواره یک بار به شکل چوگان و یک بار به شکل خیمه تغییر می‌یابد. روش [طراحی] آن این است که یکی از میزاب‌هایی را که در بخش اول ذکر شد، بر بالای دو حوض می‌سازی و در زیر هر حوض لوله‌ای را لحیم می‌کنی. یکی از لوله‌ها را سوراخ می‌کنی و دیگری را در آن داخل می‌کنی و مانند آنچه گذشت، سر لوله را از وسط حوض بیرون می‌آوری.

تذکر: نکته اصلی برای درک سخن من که گفتم: «یکی را سوراخ کن و دیگری را در آن داخل کن» این است که به علت خشکی لوله مسی در برابر انعطاف، این کار در عمل ممکن نیست، مگر اینکه دو قطعه مستقیم [از لوله‌ها] بسازی و یکی را در دیگری قرار دهی و سپس آن را سرپا کنی و [دو لوله دیگر] یکی را در دیگری قرار دهی. دو لوله باریک را به هم و دو لوله قطور را به هم لحیم کنی. سپس یک قطعه عمودی به سمت یکی از دو حوض بسازی و آن را به همتایش لحیم کنی. آنگاه یک قطعه عمودی بزرگ‌تر نیز به سمت حوض دیگر بسازی و کنارش را به اندازه [لوله] کوچک‌تر بشکافی و لوله کوچک‌تر را به آن و لوله بزرگ‌تر را به حوض وصل کنی. این شبیه عملی کار است و آنچه ابتدا گفته شد، شبیه تعلیم و تصور بود. سپس هر کدام از لوله‌ها را در حوضش لحیم کنی.

پس از آنچه که مشخص شد دانستی که یک بار میزاب در حوضی [آب] می‌ریزد که لوله‌اش به‌سوی خیمه جریان دارد. پس آب از آن فرو می‌ریزد و بار دیگر در حوضی [آب] می‌ریزد که به‌سوی فواره‌های چوگانی جریان دارد و این چیزی است که می‌خواهیم و این تصویرش است.

فواره سوم

دو فواره روبه‌روی هم که از هر کدام [آب به صورت] درخت و خیمه خارج می‌شود، اما به‌گونه‌ای که وقتی از یکی [شکلی شبیه به] درخت خارج شود، [حالت فوران] خیمه آن از کار می‌افتد و [حالت فوران] درخت فواره مقابل آن مشغول به کار است و زمانی که از آن فواره [شبیه به] خیمه خارج شود، [حالت فوران] درخت آن از کار می‌افتد و [شکل شبیه به] خیمه فواره مقابل آن مشغول به کار است.

شیوه [طراحی] آن این است که یکی از میزاب‌هایی را که قبلاً ذکر شد، بسازی و زیر هر [طرف] میزاب، حوضی و در هر حوض دو سوراخ تعبیه کنی، به‌گونه‌ای که بر روی هر سوراخ، لوله‌ای سوار شود. یکی از لوله‌ها را به فواره سمت راستی و همتایش را به فواره سمت چپی برسانی. لوله کناری اولی را کج و داخل لوله دومی کنی و لوله کناری دومی را داخل لوله اولی نمایی، و آن چنان که قبلاً گفته شد، [این لوله‌های باریک] از وسط [لوله‌های ضخیم] بیرون بزند و بر سر آنها آن چنان که گفته شد، خیمه‌ای سوار کنی.

و اما درخت، و آن کره‌ای توخالی از مس است که سوراخ [ورودی] آن به دهانه فواره کوچک‌تر لحیم می‌شود و قسمت بالای کره دارای سوراخ‌های ریزی است تا آب به شکل درخت از آن خارج شود. بر تو پوشیده نیست که در زمانی که خواستی آن را بسازی، دو فواره را در یک حوض قرار دهی. من آن را در دو حوض جدا قرار دادم تا تصورشان آسان‌تر شود و این تصویرش است.

فواره چهارم

[شکل شبیه به] خیمه [این فواره] دائمی است و [حالت‌های فوران] درخت و چوب چوگان آن در وسطش به یکدیگر تبدیل می‌شوند و هربار یکی از آنها آشکار می‌شود. طریقه ساخت آن این گونه است که میزابی مانند آنچه که قبلاً گفته شد می‌سازی، با این تفاوت که دو نازل دیگر، متمایل به سمت محور [وسط] در آن باشد تا از آنها آبی که [به سمتی] متمایل شده است، فرو بریزد، به‌گونه‌ای که وقتی میزاب به سمت راست متمایل شد، یکی از نازل‌ها در قیف وسط [آب] بریزد و زمانی که به سمت دیگر متمایل گردید، آن نازل دیگر دقیقاً به همان ترتیب در آن قیف [آب] بریزد. در ساخت این دستگاه لازم است که سه لوله ساخته شود، به‌گونه‌ای که هر کدام در دیگری قرار داشته باشند. اولین لوله از قیفی گرفته می‌شود که آن دو نازل در آن آب می‌ریزند. در وسط این لوله، یکی از لوله‌هایی که [آب ورودی به آنها] به [عملکرد] میزاب وابسته است، قرار می‌گیرد و همتای لوله دومی نیز در وسط آن قرار می‌گیرد. این فواره بسیار ظریف است و این تصویرش است.

منابع و مأخذ

۱. بنی موسی بن شاکر، کتاب الحیل، تصحیح احمد یوسف الحسن، حلب، معهد التراث العلمی العربی، ۱۹۸۱ م.
۲. تقی الدین، محمد بن معروف، تقی الدین و الهندسة المیکانیکیه العربیه مع کتاب الطرق السنیه فی الآلات الروحانیه، تحقیق احمد یوسف الحسن، حلب، معهد التراث العلمی العربی، ۱۹۷۶ م.
۳. جزری، ابوالعز اسمعیل بن رزّاز، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل، تصحیح احمد یوسف الحسن، حلب، معهد التراث العلمی العربی، ۱۹۷۹ م.
۴. نظری، سعید و دیگران، «اجزاء فواره های خودکار: میزاب، مُقَلَّب و نصف طَرَجَهَار، بر پایه کتاب الطرق السنیة فی الآلات الروحانیة»، تاریخ و تمدن اسلامی، سال نهم، شماره هجدهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۲.

Archive of SID

علم الحيل ابان افول الحضارة الاسلامية

تصحيح و دراسة قسم النافورات فى كتاب «الطرق السنيه فى الآلات الروحانيه»

* ايرج نيك سرشت

** سعيد نظرى

الخلاصه

ان احدى المواضيع التى عالجهها علماء علم الحيل (يعادل تقريبا الهندسة الميكانيكية) هو تصميم النافورات التى يتغير شكلها آليا و خلال فواصل زمنيّه محدده. توجد ثلاثة نافورات من هذا النوع، الى جانب نافوره لايتغير شكلها مدونه فى كتاب الطرق السنيه فى الآلات الروحانيه تاليف تقى الدين محمد بن معروف الملقب بالراصد (المتوفى فى ٩٩٣ ق / ١٥٨٥م) العالم الكبير فى القرن العاشر الهجرى و المنجم فى مرصد اسطنبول. هناك نسخه فريده موجوده من هذا الكتاب طبع فى عام ١٩٧٦م فى حلب بشكل تصويرى. فى المقال الراهن ضمن اعاده البناء الثلاثى الابعاد لاشكال النافورات بجهاز كمبيوتر 3D MAX يتم شرح كيفيه العمل و القضايا المتعلقة بها. و تم فى الاقسام التاليه من مقاله تصحيح و ترجمه القسم المتعلق بالنافورات فى كتاب تقى الدين بغيه استفاده الباحثين و الراغبين منها.

مفردات البحث

علم الحيل، تقى الدين محمد بن معروف، الطرق السنيه، النافوره.