شاخص نوروز در روستای ترازوج خلخال

نمونهٔ ارزشمندی از ابزارهای گاهشناسی بومی

محمد باقری[۱]

روستای ترازوج در ۲۷ کیلومتری جنوب غربی خلخال بر سر راه هشجین قرار دارد. از حدود چهار قرن پیش، سه مخروط سنگ‌چین بر خطالرأس شرقی مشرف به روستا ایجاد شده است که به ترتیب زمان ۱۸ روز مانده به نوروز، سه روز مانده به نوروز و اول نوروز را بر اساس طلوع خورشید از پشت این سنگ‌چین‌ها که کَلَک (به معنی مخروط) خوانده می‌شوند نشان می‌دهند. برای این منظور باید در چند هفتهٔ مانده از اسفندماه، از پنجرهٔ مسجد روستا که مسجد شیخ بهائی نام دارد، موضع طلوع آفتاب را بر خطالرأس شرق روستا مشاهده کرد.[۲]

ساخت این سنگ‌چین‌های نوروز را بر کوهی به نام «قوئوخ داغی» (در ترکی به معنای کوه توخالی) از سید امیر شمس‌الدین علی بن محمد بن علی حسینی خلخالی، از شاگردان بهاءالدین عاملی معروف به شیخ بهائی (۹۵۳–۱۰۳۱ق) دانسته‌اند.[۳] شمس‌الدین علی خلخالی بر دو رسالهٔ ریاضی و نجومی استادش شیخ بهائی به نام‌های خلاصةالحساب و تشریح‌الافلاک شرح نوشته و استادش کار او را ستوده است.[۴] نسخه‌های خطی این شرح‌ها در کتابخانهٔ مرکزی دانشگاه تهران و کتابخانهٔ آستان قدس رضوی (مشهد) نگهداری می‌شود. تاریخ اتمام شرح تشریح‌الافلاک ۱۰۰۸ قمری بوده است. نام مسجد روستا که طلوع آفتاب از پنجرهٔ آن رصد می‌شود (شیخ بهائی) مؤید این رابطهٔ علمی است.

در رسالهٔ نقودالحساب اثر قاضی ارتضاخان گوپاموی از دانشمندان مسلمان هند (۱۱۸۹– ۱۲۵۱ق) که نسخه‌ای از آن به شمارهٔ ۶۷۶۲ در کتابخانهٔ مجلس شورای اسلامی موجود است، روش ابداعی شمس‌الدین خلخالی برای تحویل کسرها (مخرج مشترک گرفتن) ذکر شده است (در فصل هفتم که فصل پایانی رساله است) که قاعدتاً باید مربوط به همین شمس‌الدین علی خلخالی باشد.[۵]

---

۱. سردبیر نشریهٔ میراث علمی اسلام و ایران، عضو هیأت علمی پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران،
mohammad.bagheri2006@gmail.com, www.mb-kushyar.com

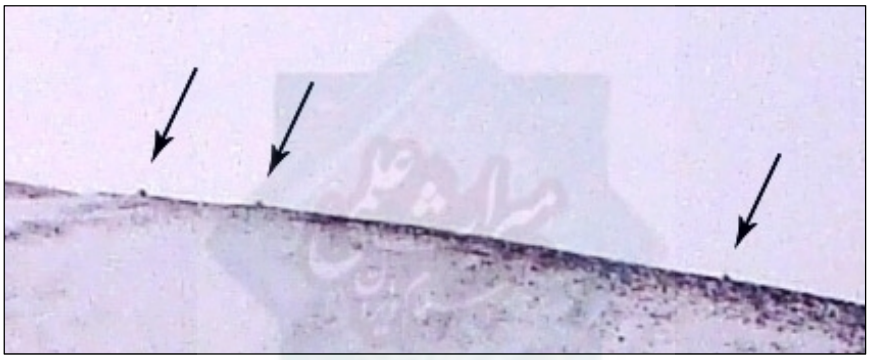
۲. نخستین بار در همایش ساعت آفتابی که در چهارم اردیبهشت سال ۱۳۸۹ در اردبیل برگزار شد، خانم شیدا مظفری دانشجوی رشتهٔ ریاضی اهل هشجین مرا از وجود این شاخص نوروز مطلع کردند.

۳. محمدمسعود نقیب، خلخال و مشاهیر، انتشارات مهد آزادی، تبریز، ۱۳۷۹، ص ۲۷۵ و ۲۹۶.

۴. همان، ص ۲۷۵.

۵. با تشکر از آقای حسین فلاح که مرا از این مطلب آگاه کردند.

عکس از مونا سینگ (انجمن نجوم ثاقب گیلان)



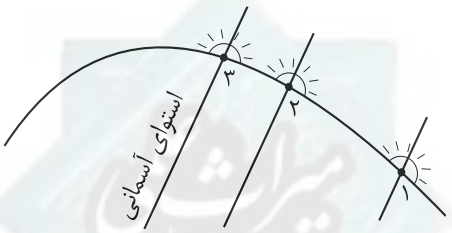
گفته می‌شود که روستای ترازوج قبلاً مؤمن‌آباد نام داشته است. احتمال دارد که نام ترازوج از برج میزان گرفته شده باشد، زیرا خورشید در اول این برج هم از پشت سنگ‌چین نوروز طلوع می‌کند. به روایتی دیگر، چون در شش ماه از سال خورشید از سمت راست سنگ‌چین نوروز و در شش ماه دیگر از سمت چپ آن طلوع می‌کند، نام روستا را بر اساس این توازن ترازوج گذاشته‌اند. ارتفاع مخروط‌های سنگی ۲ تا ۳ متر و فاصلهٔ مستقیم آنها تا پنجرهٔ دیوار شرقی مسجد حدود یک کیلومتر است. ارتفاع مسجد از سطح دریا ۱۹۱۹ متر و ارتفاع سنگ‌چین دوم از سطح دریا ۲۲۳۶ متر است که تفاوت ارتفاع‌ها ۳۱۷ متر می‌شود.

یکی از سنگ‌چین‌های روی تپه

این ابزار گاهشناسی بومی در ایران بی‌نظیر است. ابزارهای گاهشناسی بومی دیگری برای تعیین هنگام نوروز یا وقت ظهر در نقاط دیگری از ایران هست که در پایان این نوشتار به آنها اشاره می‌کنیم. بررسی این ابزارهای بومی برای شناخت ریشه‌های علمی و تبیین کارکرد آنها اهمیت دارد و امیدواریم این گزارش

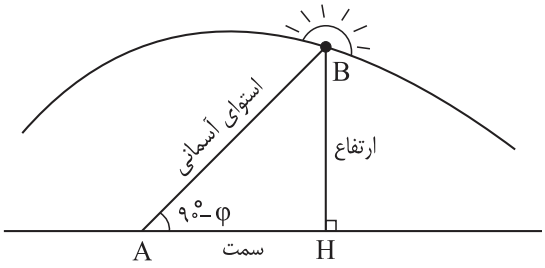
تحلیلی مقدمه‌ای برای شناسایی و مطالعهٔ موارد بیشتری در گوشه و کنار کشورمان باشد.

در شکل ۱ نقطهٔ ۳ محل طلوع خورشید در اول فروردین (اعتدال بهاری) است. در اعتدال بهاری میل خورشید (فاصله‌اش تا استوای آسمانی) صفر است. نقطهٔ ۲ محل طلوع خورشید در ۲۷ اسفند و نقطهٔ ۱ محل طلوع خورشید در ۱۲ اسفند است. یک روش آزمودن تجربی کارکرد درست این شاخص‌ها آن است که در همان روزها بر آمدن خورشید را از پنجرهٔ شرقی مسجد شیخ بهائی ترازوج مشاهده کنیم. سفرهایی که به اتفاق آقایان محمدرضا و بهروز عظیمی از هشجین، آقای حسن روغنی از اردبیل، خانم دکتر فاطمه راعی و آقایان دکتر عبدالله محمودیان و دکتر امیر جعفری از دانشگاه صنعتی شریف با همراهی چند تن از مسئولان فرهنگی محلی و دانشجویان رشتهٔ ریاضی دانشگاه شریف و اعضای انجمن نجوم ثاقب گیلان به ترازوج انجام شد در تاریخ‌های فوق نبود، زیرا در آن ایام معمولاً به علت برف و سرما سفر به ترازوج با خودرو دشوار است. شاید همین برف و سرما که فعالیت‌های روزمرهٔ اهالی محل را به حداقل می‌رساند موجب شده است که از ابزار سنگی نوروزنما که نویدبخش پایان فصل سرماست استقبال کنند.



شکل ۱

در شکل ۲، کمان AB بخشی از استوای آسمانی است که خورشید در اعتدال بهاری (و پاییزی) بر آن حرکت می‌کند. (B در این شکل، نقطهٔ ۳ در شکل ۱ است). برای ناظری ایستاده بر استوای زمینی، استوای آسمانی از سمت‌الرأس می‌گذرد. هر چه از استوای زمینی به سمت قطب شمال زمین بالا برویم (عرض جغرافیایی افزایش می‌یابد و) استوای آسمانی به سمت جنوب متمایل می‌شود. در عرض جغرافیایی φ بالاترین نقطهٔ استوای آسمانی به اندازهٔ φ از سمت‌الرأس به طرف جنوب جابه جا می‌شود و در محل تقاطع افق زاویهٔ $\varphi - ۹۰^\circ$ می‌سازد. در ترازوج عرض جغرافیایی تقریباً ۳۷/۵ درجه است. پس زاویهٔ $\widehat{HAB}$ در ترازوج $۹۰^\circ - ۳۷/۵$ یعنی ۵۲/۵ درجه است.



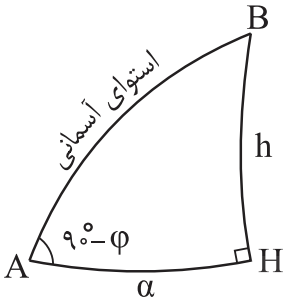
شکل ۲

توجه کنید که اضلاع مثلث ABH کمان‌های دایره‌های عظیمه بر کرهٔ آسمان هستند و بین آنها و زوایای مثلث روابط مثلثات کروی برقرار است. در هر فصلی از سال و هر ساعتی از روز می‌توانیم به کمک ابزارهای

نقشه‌برداری اندازهٔ کمان‌های AH (سمت) و BH (ارتفاع) را بیابیم. توجه کنید که در اعتدال بهاری محل طلوع خورشید بر افق حقیقی همان نقطهٔ شرق جغرافیایی بر افق است که به کمک قطب‌نما یا با جی پی اس تعیین می‌شود.

مثلث کروی ABH را دوباره (با ضلع‌های کمانی) رسم کرده‌ایم. در این مثلث مطابق آنچه در مثلثات کروی اثبات شده است:

$$\tan \mathrm{B\hat{A}H} = \frac{\tan \mathrm{BH}}{\sin \mathrm{AH}}$$



شکل ۳

BH و AH که با h و a نشان داده می‌شوند به ترتیب ارتفاع و سمت نقطهٔ B و کمان‌هایی از دایره‌های عظیمهٔ کره هستند که مقدارشان با زاویهٔ مرکزی روبه رویشان در کره برابر است و دارای تابع‌های مثلثاتی هستند. این دستگاه نمایش نقاط بر کرهٔ آسمان را مختصات سمت–ارتفاعی می‌نامند. پس رابطهٔ فوق را به اختصار می‌توان چنین نوشت:

$$\tan(۹۰^\circ - \varphi) = \frac{\tan h}{\sin a}$$

اما چون

$$\tan(۹۰^\circ - \varphi) = \cot \varphi = \frac{۱}{\tan \varphi}$$

خواهیم داشت

$$\frac{۱}{\tan \varphi} = \frac{\tan h}{\sin a}$$

فرمول مربوط به اعتدال بهاری:

$$\mathbf{\sin a = \tan \varphi \tan h}$$

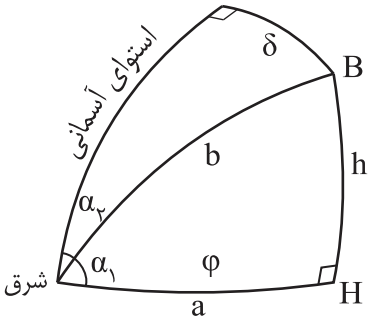
برای ترازوج می‌توان نوشت

$$\sin a = \tan ۳۷ / ۵^\circ = ۰ / ۷۶۷۳ \tan h$$

پس در مورد سنگ‌چین شمارهٔ ۳ کافیست ابتدا راستای شرق جغرافیایی را پیدا کنیم. سپس با ابزار نقشه برداری مقادیر a و h را اندازه‌گیری کنیم. اگر این مقادیر در رابطهٔ فوق صدق کنند درستی کارکرد آن سنگ‌چین معلوم می‌شود.

در روزهای دیگر سال (غیر از اول فروردین و اول مهر) میل خورشید صفر نیست و شکل و محاسبه کمی پیچیده‌تر است:

در شکل ۴، δ میل خورشید و B محل طلوع خورشید بر خطالرأس کوه است و مطابق آنچه گفته شد:



شکل ۴

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ - \varphi$$

با استفاده از روابط اثبات شده در مثلثات کروی:

$$\sin\alpha_1 = \frac{\sin h}{\sin b} \qquad \tan\alpha_1 = \frac{\tan h}{\sin a}$$

پس

$$\cos\alpha_1 = \frac{\sin\alpha_1}{\tan\alpha_1} = \frac{\sin\alpha\cos h}{\sin b}$$

همچنین می‌توان نوشت

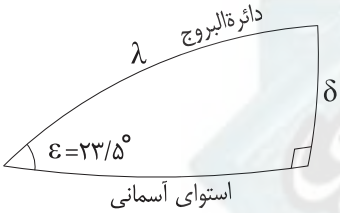
$$\sin\alpha_2 = \sin\left[(90^\circ - \varphi) - \alpha_1\right] = \cos\varphi\cos\alpha_1 - \sin\varphi\sin\alpha_1 = \frac{\cos\varphi\sin a\cos h - \sin\varphi\sin h}{\sin h}$$

از طرف دیگر در مثلث کروی قائم‌الزاویهٔ بالایی:

$$\sin\alpha_2 = \frac{\sin\delta}{\sin h}$$

پس $$\sin\delta = \sin\alpha_2 \sin b = \cos\varphi\sin a\cos h - \sin\varphi\sin h$$

مقدار میل خورشید (δ) را می‌توان با داشتن طول دایرةالبروجی خورشید (λ) و مقدار میل کلی خورشید ($\varepsilon \cong 23/5^\circ$) به دست آورد (با به کارگیری قضیهٔ سینوس‌ها در شکل ۵):



شکل ۵

$$\sin\delta = \sin\lambda\,\sin\varepsilon$$

اگر در فرمول قبلی به جای $\sin\delta$ مقدارش را از فرمول اخیر بگذاریم، خواهیم داشت:

$$\sin\lambda = \frac{\cos\varphi\sin a\cos h - \sin\varphi\sin h}{\sin\varepsilon}$$

از آنجا که خورشید هر روز تقریباً یک درجه بر دایرةالبروج می‌پیماید، مقدار λ بر حسب درجه تقریباً برابر است با تعداد روزهای گذشته از اعتدال بهاری (d). پس می‌توانیم به کمک رابطهٔ زیر معلوم کنیم که هر زوج مقادیر a و h در محلی با عرض جغرافیایی φ مربوط به چند روز گذشته از اعتدال بهاری (یا چند روز مانده تا آن) است:

فرمول کلی $$\mathbf{\sin d = \frac{1}{\sin\varepsilon}\left(\cos\varphi\,\sin a\,\cos h - \sin\varphi\,\sin h\right)}$$

برای روز اول نوروز $d = 0$ و فرمول فوق به فرمول مربوط به اعتدال بهاری که قبلاً به دست آمد تبدیل می‌شود. همچنین برای ۱۸ روز و ۳ روز مانده به اعتدال بهاری می‌توانیم d را برابر با ۱۸- و ۳- درجه بگیریم. به این ترتیب مسئله از لحاظ ریاضی به طور کامل تبیین و حل شده است. برای تحقیق درستی موضع سنگ‌چین‌های شمارهٔ ۱ و ۲ کافی است مقادیر a و h را برای هر یک به کمک ابزار نقشه‌برداری

اندازه بگیریم و اگر در روز موردنظر، این مقادیر در رابطهٔ فوق صدق کنند درستی کارکرد سنگ‌چین‌ها اثبات می‌شود.

در چهار سفری که در تاریخ‌های ۹۰/۲/۲۳، ۹۰/۱۲/۱۱، ۹۱/۲/۱۴ و ۹۲/۵/۱۹ به ترازوج کردیم به علت ابری بودن هوا یا در دسترس نبودن ابزارهای مناسب اندازه‌گیری، موفق به تحقیق درستی کارکرد سنگ‌چین‌ها نشدیم. جا دارد که پژوهش میدانی در این باره پیگیری شود و اهمیت علمی این پدیده بهتر شناسانده شود.

تنها مورد قابل مقایسه با این شاخص نوروز، اما تا حدی ساده‌تر، در روستای دِهبُکر مهاباد وجود دارد. در غرب این روستا صخرهٔ بلندی هست که به آن بَردَه‌بورَه (سنگ بزرگ) می‌گویند. در امتداد شرق روستا هم شیاری طبیعی هست که در روز اول فروردین در لحظهٔ غروب آفتاب، سایهٔ سنگ شاخص در امتداد شیار مزبور قرار می‌گیرد. چون در اعتدال بهاری محل غروب خورشید دقیقاً بر راستای غرب جغرافیایی منطبق است، قرار گرفتن سایهٔ سنگ مذکور در راستای شرق جغرافیایی از لحاظ نجومی کاملاً بدیهی است.

به گفتهٔ اهالی ترازوج، در سمت غرب این منطقه در روستایی به نام بورگهیم سنگ‌چینی در خط‌الرأس غربی وجود داشت که محل غروب خورشید در اعتدالین بود و اکنون آن سنگ‌چین ویران شده است.

ابزار زمان‌سنجی بومی دیگر، شاخص‌های طبیعی ظهر است. چنین شاخص‌هایی تا کنون در روستاهای نداک اشکور (به نام چاشت‌تله= صخرهٔ ظهر)[1]، دیزان و کرکبود طالقان (به ترتیب به نام‌های تاق و عبدالله‌پله) و روستای گرم‌خانهٔ خلخال (آق قیه = صخرهٔ سفید) شناسایی شده‌اند. در قائن هم، شاخص طبیعی ظهر که «سنگ پنج من» خوانده می‌شود در نزدیکی مقبرهٔ بوذرجمهر قائنی گزارش شده است. می‌گویند که در گنبد جبلیهٔ کرمان هم در نوروز محل برآمدن خورشید از محل تورفتگی مشخصی بر خط‌الرأس کوه‌هایی است که در مشرق آن دیده می‌شود.

در برخی نواحی روستایی ایتالیا قله‌هایی هستند که به نام‌هایی چون «ده» یا «دوازده» خوانده می‌شوند، زیرا در ساعت ده یا دوازده از دید ناظری در روستا، خورشید بر فراز آن قله‌ها دیده می‌شود. رصدخانه‌های سنگی طبیعی معروف به «استون‌هنج» (در انگلستان) و «کاراهونج» (در ارمنستان) نمونه‌های دیگری از ابزارهای گاهشناسی بومی هستند که بیش از سنگ‌چین‌های نوروزنمای ترازوج شناخته شده‌اند. البته سازمان صدا و سیمای استان اردبیل در سال‌های ۲-۱۳۸۱ فیلم مستندی به نام «ترازوج» به نویسندگی و کارگردانی صابر محمدی از شاخص نوروز روستای ترازوج تهیه و پخش کرد، اما این پدیدهٔ علمی بومی هنوز جای پژوهش، شناسایی و معرفی بیشتر دارد.

میراث علمی آمادهٔ انتشار گزارش‌های دیگر از این گونه ابزارهای زمان‌سنجی بومی و طبیعی ایران است و در عین حال توجه مراکز پژوهشی و گردشگری را به کاوش و شناساندن بیشتر این پدیده‌ها جلب می‌کند.

۱. بنگرید به: ثریا دریادل لاکانی و مرتضی صومی، «چاشت‌تله: ظهرنمای طبیعی اشکور»، چکیدهٔ مقالات همایش ملی اشکورشناسی، پژوهشکدهٔ گیلان‌شناسی دانشگاه گیلان، تهیه و تدوین عبدالله اکباتان و بیژن عباسی، تیر ۱۳۹۰، ص ۴۸.