

بررسی حد دانژون در رؤیت هلال ماه

امیر حسن زاده

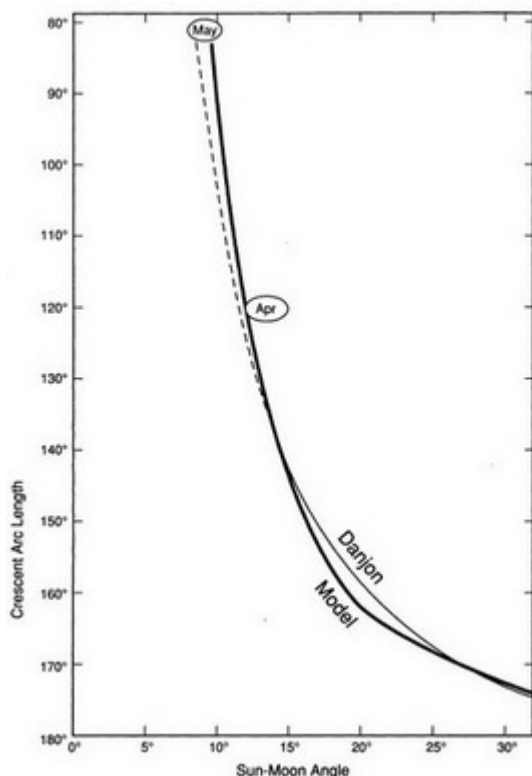
مرکز تقویم مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

مقدمه

هنگامی که «آندره دانژون»^۱، اخترشناس فرانسوی، مدیر رصدخانه استراسبورگ بود به رصد ماه می پرداخت. در سال ۱۹۳۱، او متوجه شد که طول کمان هلال صبحگاهی ۱۳ اوت فقط ۷۵-۸۰ درجه است. (فتوحی ۱۹۹۸، ص ۶۵) به عبارت دیگر دانژون متوجه شد که کمان هلال مقدار قابل توجهی کمتر از نیم دایره کامل است که باید به طور تئوری توضیح داده می شد. این رصد خاص نبود چرا که گزارشات دیگری نیز در گذشته کاهش طول کمان هلال را به عنوان پدیده ای عمومی و واقعی نشان می داد. (هاپکینز ۱۸۸۳) دانژون همچنین متوجه شد که کوتاه شدن طول کمان با جدایی زاویه ای ماه و خورشید تغییر می کند یعنی هر چه جدایی زاویه ای کاهش یابد، طول کمان کمتر می شود. دانژون با جمع آوری ۷۵ گزارش رصد از سراسر اروپا به بررسی این پدیده پرداخت. دانژون متوجه شد که در جدایی زاویه ای ۷ درجه طول کمان هلال ماه به صفر درجه می رسد و هیچ بخشی از ماه روشن نخواهد بود. این اثر دارای اهمیت قابل توجهی است. این پدیده نشان می دهد که بدون توجه به سن، هلال ماه در جدایی کمتر از ۷ درجه تشکیل نمی شود و بنابراین غیر قابل رویت خواهد بود. (الیاس ۱۹۸۳)

عوامل موثر در بروز حد دانژون

دانژون پیشنهاد کرد که این پدیده به دلیل سایه کوههای ماه رخ می دهد اما هیچ مطالعه دقیقی در مورد آن انجام نداد. این توضیح توسط برخی از محققین مورد تردید قرار گرفت. «مک نالی»^۲ با توضیح دانژون مبنی بر عامل تغییر شکل ماه از حالت کره مخالف است. مک نالی معتقد است که تغییرات ارتفاع کوهها کمتر از مقداری است که بتواند این پدیده را توجیه کند. (مک نالی ۱۹۸۳) وی عامل اغتشاشات جوی و اثر دید^۳ را در توضیح این پدیده مهم دانسته است. او معتقد است که افزایش اثر دید باعث می شود که لبه های نازک هلال دچار پهن شدگی شود بنابراین درخشندگی سطحی هلال ماه کم می شود و کاهش درخشندگی سطحی موجب غیر قابل رویت بودن لبه های هلال می شود. چند سال بعد «شفر»^۴ در مقاله خود دلایلی در رد توضیح دانژون و مک نالی ارائه داد. او معتقد است که افت درخشندگی در لبه کاسه هلال باعث کاهش طول کمان می شود. وی با حل معادلاتی نشان داد که با حرکت از بخش میانی به سمت لبه درخشندگی هلال ماه کاهش می یابد و زیر حد آستانه آشکار سازی قرار می گیرد. «شفر» مقدار ۷ درجه را برای حد دانژون مناسب دانسته است. (شفر ۱۹۹۱)



شکل ۱. مقایسه مدل شفر و منحنی دانژون (شفر ۱۹۹۱)

یالوپ^۵ درخشندگی زمین تاب را در هلالهای باریک موثر دانسته است. او معتقد است در هلالهای بسیار باریک درخشندگی زمین تاب قابل مقایسه با درخشندگی هلال ماه است بنابراین تضاد کم باعث غیر قابل مشاهده بودن هلال و بروز حد دانژون می شود. (فتوحی ۱۹۹۸، ص ۶۸) اخیراً «سلطان»^۶ با کمک گرفتن از مدل «بلک ول»^۷ به توضیح حد دانژون پرداخت. او هلال ماه را به صورت گروهی از قرصها با اندازه زاویه ای مختلف در نظر گرفت بطوریکه بزرگترین قرص در بخش میانی هلال ماه قرار دارد.

1- Andre Danjon
5- Yallop

2- McNally
6-Sultan

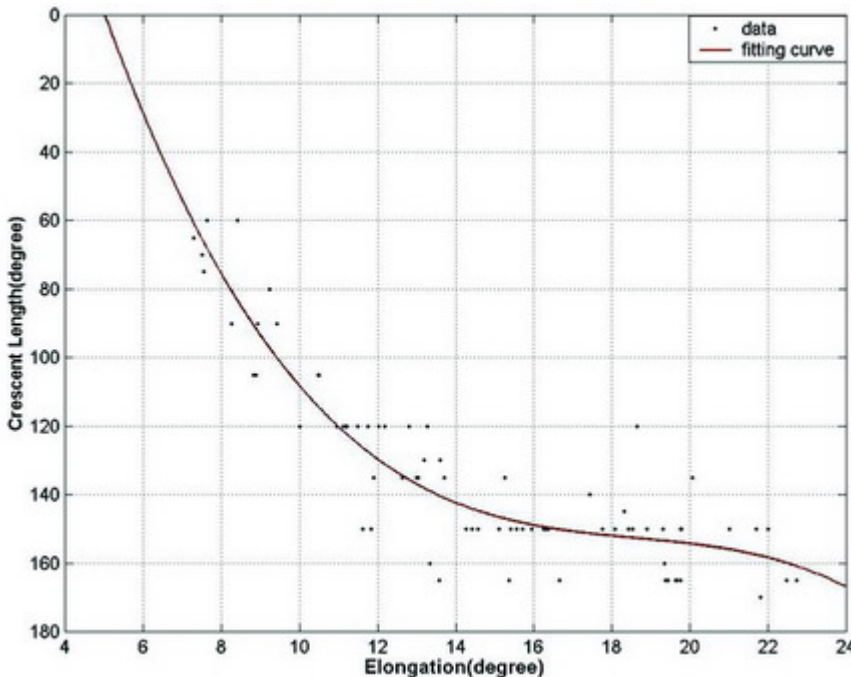
3- Seeing
7-Blackwell

4- Schaefer

مطابق نظر «بلک ول» حد آستانه آشکارسازی در قرصهای کوچک (لبه هلال ماه) بیش از حد آستانه در قرصهای بزرگ است. بنابراین بخشی از لبه های هلال ماه زیر حد رویت قرار می گیرند و این عامل باعث کاهش طول کمان و بروز حد دانژون می شود. (سلطان ۲۰۰۵)

بررسی کمی حد دانژون

دانژون از ۷۵ درصد هلال ماه برای بررسی تغییرات طول کمان استفاده کرد. این رصدها هم شامل رصدهای مرئی و هم عکاسی است که از سراسر اروپا گردآوری شده بود. بسیاری از این داده ها مربوط به هلالهایی با جدایی زاویه ای بیش از ۳۰ درجه است. دانژون از هلالهای باریک داده های کمی در اختیار داشته است. در داده های وی فقط ۴ درصد با جدایی کمتر از ۱۴ درجه و از این بین تنها یک درصد با جدایی کمتر از ۱۰ درجه به چشم می خورد. این مسئله عدم قطعیت را در بخش حساس منحنی بالا برده است. دانژون این حد را با برون یابی منحنی به دست آورده است. جالب اینکه محمد الیاس با بازیابی و بررسی همان داده ها حد دانژون را ۱۰.۵ درجه تعیین کرده است! (الیاس ۱۹۸۳) در سال ۱۹۸۳ مک نالی با ارائه مدل خود و تعیین مقدار حد دید در افق نتیجه گرفت که حد دانژون حدود ۵ درجه است. در سال ۱۹۸۹، شفر و داگت منجمان آماتور را برای رصد هلال ۶ آوریل ۱۹۸۹ (هلال رمضان ۱۴۰۹) فراخواندند. جدایی زاویه ای این هلال در سراسر آمریکای شمالی بین ۱۲ تا ۱۴ درجه بود. در مجموع ۶۵ درصد از طول کمان هلال گزارش شد. رصدها شامل رویت با چشم غیر مسلح، با ابزار و عکاسی بود. در فراخوان دیگری از هلال بحرانی ۵ می ۱۹۸۹، پنج رصد تلسکوپی و عکاسی از طول کمان هلال گزارش شد. شفر با بررسی این داده ها منحنی تغییرات طول کمان هلال را به دست آورد که تطابق خوبی با منحنی دانژون نشان می دهد. وی با حل معادلات «هاپکه^۱» منحنی تغییرات درخشندگی در امتداد طول کمان را برای هلالهایی با جدایی زاویه ای مختلف به دست آورد و حد آشکارسازی هلال را طوری تعیین کرد تا با داده های رصدی همخوانی داشته باشد. مدل «شفر» نشان داد که حد دانژون حدود ۷ درجه است. (شفر ۱۹۹۱)



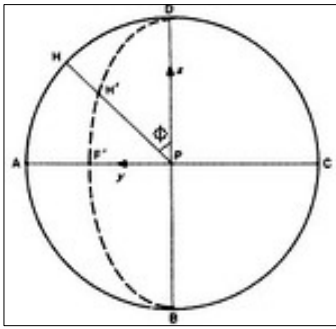
شکل ۲. تغییرات روند کاهش طول کمان بر اساس داده های رصدی

در سال ۱۹۹۸ «فتوحی^۲» و همکارانش با بررسی گزارشات رصدی مقدار ۷.۵ درجه را برای حد دانژون تعیین کردند.

نگارنده به منظور تعیین روند کاهش طول کمان هلال و برآورد جدید از مقدار حد دانژون با بررسی گزارشات مختلف مقادیر طول کمان هلال رصد شده در هلالهای مختلف را جمع آوری کرده است. (پایگاه کمان آسمانی و ایکوپ) تمام داده ها مربوط به رصد های مرئی (چشم غیر مسلح و چشم مسلح) است.

مقادیر طول کمان هلال بر حسب جدایی زاویه ای رسم کرده سپس با استفاده از نرم افزار Matlab بهترین تابع درجه سوم را بر داده ها برازش شده است. نمودار برازش شده نشان می دهد که طول کمان هلال در جدایی حدود ۵ درجه به صفر می رسد. بنابراین به نظر می رسد مقدار حد دانژون ۵ درجه باشد. این مقدار با مقادیری که «مک نالی» و «سلطان» برای این حد به دست آوردند، تطابق دارد (مک نالی ۱۹۸۳) و (سلطان ۲۰۰۷).

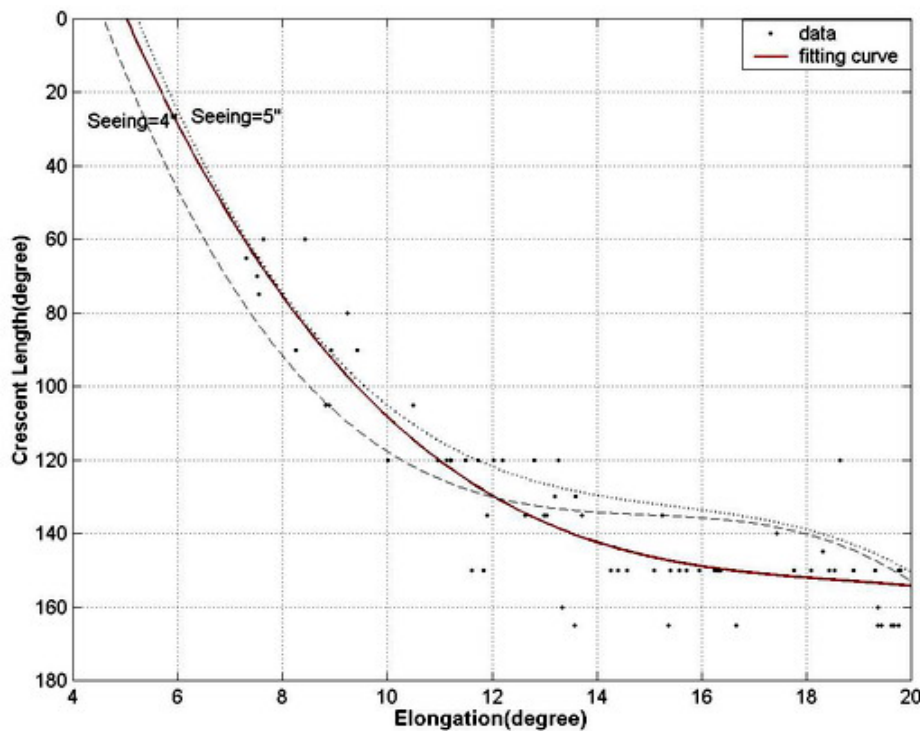
اثر دید نجومی در حد دائیون



این اثر توسط «مک نالی» مطرح شده است. او معتقد است که در مواردی که اندازه قرص دید بیش از ضخامت هلال ماه باشد هلال ماه غیر قابل رویت خواهد بود. در واقع افزایش حد دید موجب می شود که تضاد بین هلال ماه و زمینه آسمان کاهش یابد و آشکارسازی لبه نازک ماه مشکل شود و طول کمان هلال کاهش یابد. (مک نالی ۱۹۸۳)

مقدار دید با ارتفاع جرم نجومی تغییر می کند. در شرایط خوب رصدی مقدار دید نجومی در ارتفاع ۲ درجه حدود ۵ ثانیه قوسی است (مقاله مک رابرت).
 شکل ۳. وضعیت هندسی هلال ماه

بنابراین برای آزمودن این اثر با استفاده از رابطه $\Delta R = R \left(1 - \frac{\cos \theta}{(\cos^2 \phi \cos^2 \theta + \sin^2 \phi)^{1/2}} \right)$ برای جدایی های زاویه ای مختلف ضخامت هلال را در بخشهای مختلف آن محاسبه نمودم که در این رابطه R قطر زاویه ای ماه، θ جدایی زاویه ای ماه و خورشید می باشد. (مک نالی ۱۹۸۳، ص ۴۲۶) سپس برای هلال های مختلف مقدار ضخامت هر مقطع با مقدار ۵ ثانیه قوسی مقایسه شد. بخشهایی از کمان هلال که ضخامت آن کمتر از ۵ ثانیه قوسی باشد غیر قابل مشاهده است. با این رویه طول کمان هلال برای جدایی های زاویه ای مختلف محاسبه شد. این اثر پیش بینی می کند که به دلیل تغییر مقدار دید نجومی بر حسب ارتفاع از افق باید طول کمان با تغییر ارتفاع ماه تغییر کند که در برخی رصدها این اثر مشاهده شده است. علاوه بر این می بایست در بالای جو امکان رویت هلال ماه با جدایی کمتر از ۵ درجه وجود داشته باشد که عکس گرفته شده در نوامبر ۱۹۶۶ موید این مطلب است. (کومن ۱۹۶۷)



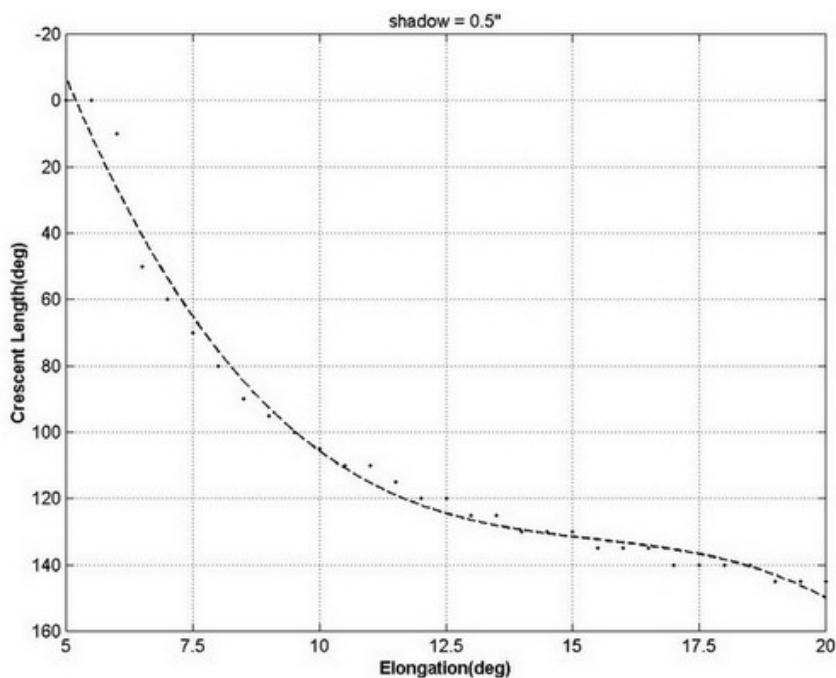
شکل ۴. تغییرات طول کمان بر اساس مدل مک نالی و مقایسه آن با داده های رصدی

جدول ۱. مقادیر طول کمان پیش بینی شده بر اساس مدل مک نالی (با فرض مقدار دید ۵ ثانیه قوسی)

جدایی زاویه ای ماه و خورشید (درجه)	طول کمان هلال پیش بینی شده (درجه)	جدایی زاویه ای ماه و خورشید (درجه)	طول کمان هلال پیش بینی شده (درجه)
۱۲	۱۲۰	۵,۵	۰
۱۲,۵	۱۲۰	۶	۱۰
۱۳	۱۲۵	۶,۵	۴۰
۱۳,۵	۱۲۵	۷	۶۰
۱۴	۱۳۰	۷,۵	۷۰
۱۴,۵	۱۳۰	۸	۸۰
۱۵	۱۳۰	۸,۵	۹۰
۱۵,۵	۱۳۵	۹	۹۵
۱۶	۱۳۵	۹,۵	۱۰۰
۱۶,۵	۱۳۵	۱۰	۱۰۵
۱۷	۱۴۰	۱۰,۵	۱۱۰
۱۷,۵	۱۴۰	۱۱	۱۱۰
۱۸	۱۴۰	۱۱,۵	۱۱۵

اثر عوارض لبه ماه در حد دانژون

اولین توضیحی که در مورد حد دانژون مطرح شد مربوط به اثر سایه کوههای لبه ماه است که باعث ایجاد سایه های بلند و در نتیجه حذف بخش درخشان ماه می شود. با نگاهی به توپوگرافی ماه متوجه شدیم که بیشتر عوارض لبه ماه مربوط به دره ها است و کوههای مرتفع در آن کم به چشم می خورد. میانگین کوههای لبه ماه دارای ارتفاع حدود ۱ کیلومتر (۰,۵ ثانیه قوسی) هستند. با استفاده از روابط موجود برای جدایی های زاویه ای مختلف مقدار تقریبی طول سایه کوههایی با ارتفاع زاویه ای ۰,۵ ثانیه قوسی را محاسبه و در جدولی مرتب کردم. سپس با مقایسه طول سایه با ضخامت بخش درخشان ماه مقدار طول کمان قابل رویت را به دست آوردم.



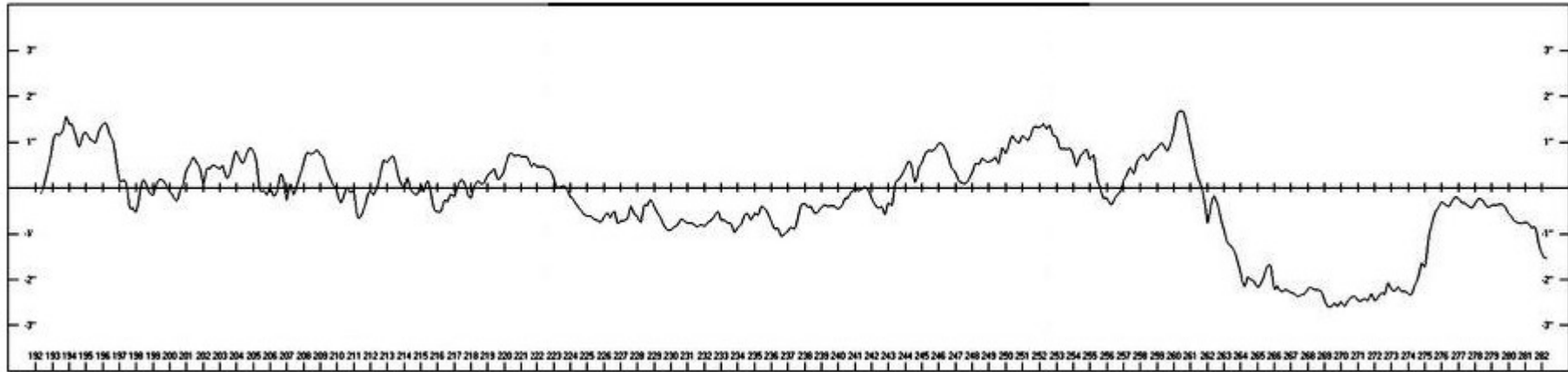
شکل ۵. تغییرات طول کمان بر اساس محاسبه طول سایه کوهها

جدول ۲. مقادیر طول کمان پیش بینی شده با فرض وجود کوههایی با ارتفاع حدود ۱ کیلومتر

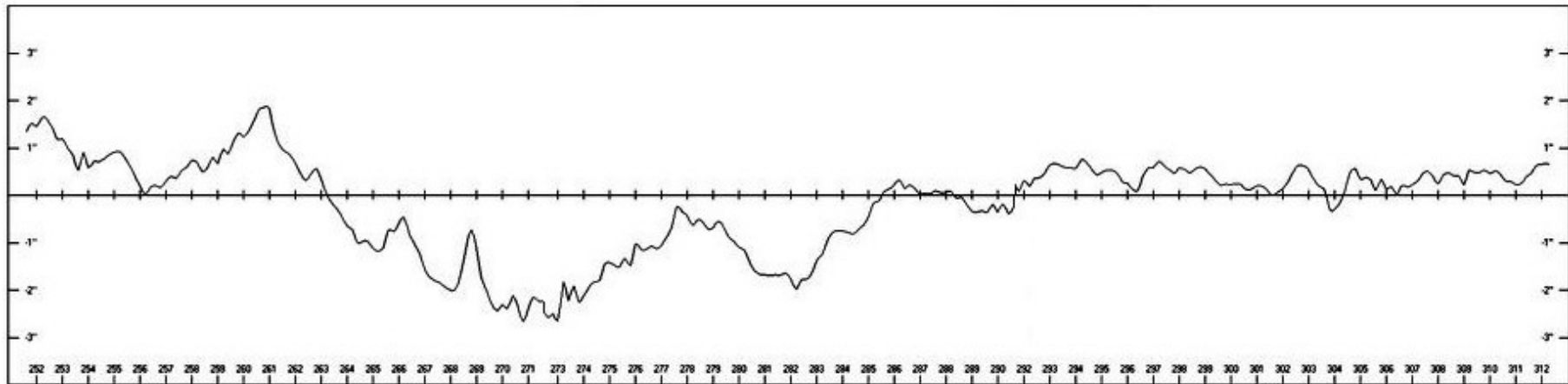
جدایی زاویه ای ماه و خورشید (درجه)	طول کمان هلال پیش بینی شده (درجه)	جدایی زاویه ای ماه و خورشید (درجه)	طول کمان هلال پیش بینی شده (درجه)
۱۲	۱۲۰	۵,۵	۰
۱۲,۵	۱۲۰	۶	۱۰
۱۳	۱۲۵	۶,۵	۵۰
۱۳,۵	۱۲۵	۷	۶۰
۱۴	۱۳۰	۷,۵	۷۰
۱۴,۵	۱۳۰	۸	۸۰
۱۵	۱۳۰	۸,۵	۹۰
۱۵,۵	۱۳۵	۹	۹۵
۱۶	۱۳۵	۹,۵	۱۰۰
۱۶,۵	۱۳۵	۱۰	۱۰۵
۱۷	۱۴۰	۱۰,۵	۱۱۰
۱۷,۵	۱۴۰	۱۱	۱۱۰
۱۸	۱۴۰	۱۱,۵	۱۱۵

اثر رخگرد در حد دائرون

تغییر رخگرد (لیبراسیون) موجب می شود که عوارض ماه در هلالهای مختلف تغییر کند و در نتیجه رصدگر برای هلالهایی با جدایی زاویه ای یکسان طول کمان متفاوتی را مشاهده کند. گاهی اوقات رخگرد به صورتی خواهد بود که کوههای مرتفع در لبه ماه قرار می گیرند و در نتیجه سایه بلند عوارض ماه موجب می شود که هلال باریک ماه به صورت ناپیوسته دیده شود. در این طرح با کمک نرم افزارهای پیش بینی اختفاء به بررسی عوارض لبه ماه پرداخته شد. به عنوان مثال عوارض لبه هلال ماه در دو هلال رجب ۱۴۲۳ (۱۶ شهریور ۱۳۸۱) و صفر ۱۴۲۷ (۹ اسفند ۱۳۸۴) در منحنی های زیر ارائه شده است. محور افقی زاویه کمان و محور عمودی پستی و بلندی های لبه ماه بر حسب ثانیه قوسی می باشد. محور طول هر دو منحنی ۶۰ درجه است که بخش ضخیم هلال در وسط آن قرار دارد. جدایی زاویه ای این دو رکورد به یکدیگر نزدیک است اما مقدار رخگرد آنها متفاوت است. با نگاه کلی به عوارض لبه این دو هلال مشاهده می شود که دره ها و مناطق کم ارتفاع هلال ماه صفر ۱۴۲۷ بیشتر از کوههای بلند است بنابراین همانطور که انتظار می رفت با وجود آنکه جدایی زاویه ای هلال صفر کمتر است اما شانس رویت آن بالا بود که رصدهای انجام شده این پیش بینی را تایید کرد. (ستاد استهلال استان اصفهان و پایگاه گروه غیر حرفه ای رویت هلال)



شکل ۶. منحنی تغییرات عوارض لبه هلال ماه رجب ۱۴۲۳



شکل ۷. منحنی تغییرات عوارض لبه هلال ماه صفر ۱۴۲۷

مراجع

- ۱- پایگاه اطلاع رسانی کمان آسمانی: www.kamaneasemani.com
- ۲- پایگاه اینترنتی ستاد استهلال استان اصفهان : www.cocip.ir
- ۳- پایگاه اینترنتی گروه غیر حرفه ای رویت هلال : www.ugcs.ir
- 4 – L.F. Fatoohi , R. Stephenson and S. Al-Dagazelli , "The Danjon Limit of First Visibility of the Lunar Crescent", The Observatory, 118,65,1998
- 5 – B.J. Hapkins, "Abnormal Appearance of The Lunar Crescent " , The Observatory, 6, 247, 1883
- 6 – M.Ilyas , "The Danjon Limit of Lunar visibility: A Re-Examination " , J.Roy. Astron. Soc. Can , 77,214, 1983
- 7– Islamic Crescents' Observation Project (ICOP) : www.icoproject.org
- 8– M. J. Koomen, R. T. Seal and T. Tousey , "Moon Photographed at 2 deg Solar Elongation" , Astronomical Journal, 72, 808 ,1967
- 9 – D.McNally , "The Length Of the Lunar Crescent", Royal Astron. Soc. Quarterly Journal, 24, 417, 1983
- 10 – A.M. McRobert , "Beating the Seeing", http://skyandtelescope.com/howto/scopes/article_136_1.asp
- 11– B.E. Schaefer, "Length of Lunar Crescent", Royal Astron. Soc. Quarterly Journal , 32 ,265, 1991
- 12– R.W.Sinnot,"Seeking thin crescent moons", Sky & Telescope , Feb. 2004
- 13– A.H.Sultan, "Explaining and Calculating the Length of the new Crescent Moon" , The Observatory,125, 2005
- 14– A.H.Sultan, "First Visibility of the Lunar Crescent: Beyond Danjon's Limit " , The Observatory,127, 53, 2007