Vol. 9, No. 17 and 18, P. (17-28),Jun, 2019

دراسة تحليلية لحركة القمر في ظل عزم الدوران الخارجي للأرض والشمس

أحمد قادر عزت

الكلية التقنية كركوك، الجامعة التقنية الشمالية، العراق

تاريخ الاستلام: 13 / 9 / 2017

تاريخ قبول النشر: 1 / 2 / 2018

Abstract

The moon is one of the closest celestial bodies to the earth and to understand its movement accurately we need to solve the equation of the movement of the three objects system (Earth - Moon - Sun) Celestial mechanics program was used to obtain the orbital and orientation elements of the moon for the year 2015 and the next hundred years, this program depends on numerical integrations in solving Equation of motion of the three objects. After mapping the results using the Matlab2010 program, it was observed that the change in the orbital elements was most likely periodically. Also, the orientation characteristics and the Euler angles of the moon were studied. In addition, the physical and optical liberation was calculated for the next hundred years.

Keywords

Moon orbit, Orbital elements, Orientation characteristics, Euler angles، Physical liberation, Optical liberation.

الخلاصة

يعد القمر من أقرب الأجرام السماوية للأرض ولفهم حركته بشكل دقيق نحتاج الى حل معادلة الحركة للنظام الثلاثي (الارض – القمر – الشمس)، لقد تم الاستعانة ببرنامج (Celestial mechanics) للحصول على العناصر المدارية والدورانية للقمر لسنة 2015 ولمئة سنة القادمة، ويعتمد هذا البرنامج على التكاملات العددية في حل معادلة الحركة للأجسام الثلاثة. وبعد رسم النتائج باستخدام برنامج (Matlab2010)، لوحظ من النتائج أن التغير في العناصر المدارية تكون على الأغلب بشكل دوري، وكذلك تم دراسة وتحليل العناصر الدورانية وزوايا اويلر للقمر وبالإضافة إلى ذلك تم احتساب مقدار المَيسان الفيزيائي والبصري لمئة سنة القادمة.

الكلمات المفتاحية

مدار القمر، العناصر المدارية، الخصائص الدورانية، زوايا اويلر، المَيسان الفيزيائي، المَيسان البصري.

1. المقدمة:

يعد القمر من اقرب الأجرام السماوية من الأرض وقد تمكن الإنسان من مشاهدته وقياس بعده باستخدام تقنية المدى الليزري للقمر Lunar Laser Ranging(LLR) بدقة تصل إلى عدة سنتمترات، إن دراسة مدار القمر وخصائصه الدورانية أصبحت إحدى التحديات التي جذب العلماء الفلكيين والرياضيين لدراسته بدأً من إسحاق نيوتن (1643 – 1727) واويلر (1713 – 1765) ولامبرت (1717 – 1783) وتبعهم مايرا (1723 – 1762) الذي وضع الأزياج القمرية lunar ephemerides [1]، واعتمد Hill على التغيرات الدورانية من اجل صياغة نظرية القمر في (1878) واستعان (1938 – 1866) Brown بمعادلاته من اجل حساب الأزياج للقمر، وقام Chapront [2] وجماعته بتحليل المشاهدات باستخدام تقنية المدى الليزري للفترة من (1972 – 2001) لأجل وضع حل جديد للحركة المدارية للقمر كما استعان Calame [3]بنفس التقنية لأجل دراسة حركة القمر حول مركز ثقله والتي تسمى بالمَيسان الفيزيائي Physical libration، وقد قام Chapront وجماعته[4,5] باستخدام طريقة ELP2000 لدراسة خصائص الدورانية للقمر. وقام عبد الرحمن [6] بحساب موقع القمر لأجل حساب بعض العناصر المدارية وبيان تأثير الاضطراب عليها. وقام الباحثان عبد الرحمن وفؤاد [7] بدراسة مدة الأشهر الاقترانية للقمر وبناء برنامج لأجل حساب ذلك. كما قام الباحث عبد الرحمن وجماعته [8] بحساب التغيرات في العناصر المدارية وذلك باستخدام المعادلات الفلكية للعالم Meeus. ان قوى التجاذب بين الشمس والقمر أكبر بمرتين من تلك التي بين الارض والقمر، وتلعب الشمس الدور الاساسي في التأثير على حركة القمر المدارية حيث تهيمن الاضطراب الجذبي الناشئ من الشمس على مركبات التعجيل الجذبي لحركة القمر المدارية، ان الترنح والتمايد في محور الأرض اثناء دورانه حول الشمس هي الأخرى تؤثر على العناصر المدارية للقمر. وفي هذا البحث سنعمل على حساب العناصر المدارية للقمر ودراسة اهم الخصائص الدورانية للقمر وحساب التغيرات التي تحدث في هذه العناصر إضافة إلى التغيرات في زوايا اويلر لمئة سنة القادمة اعتبارا من (2015) وذلك باستخدام برنامج Celestial Mechanics، ويعتمد هذا البرنامج على حل معادلات الحركة باستخدام التكاملات العددية.

2. دراسة تحليلية لمعادلات الحركة:

استنادا الى قانون نيوتن الثاني وبافتراض ان الكتل لا تتغير مع الزمن، يمكننا صياغة قانون الحركة ل (n) من الكتل النقطية كما يلي [1]:

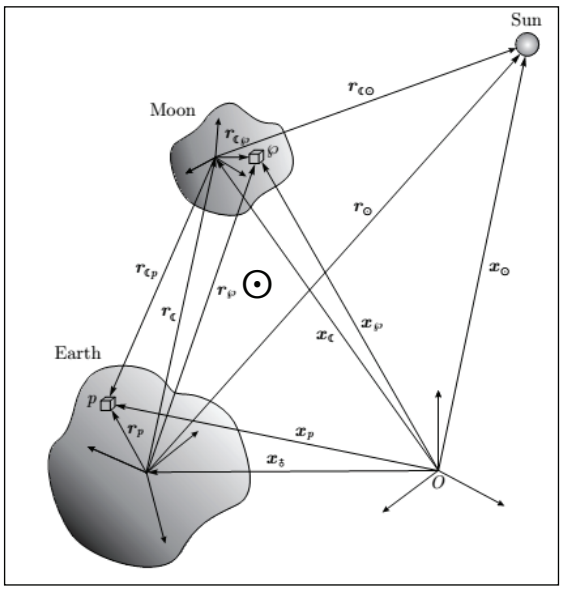
$$\ddot{\vec{x}}_\iota = -k^2 \sum_{j=0,j\neq\iota}^{n} m_j \frac{\vec{x}_\iota - \vec{x}_j}{|\vec{x}_\iota - \vec{x}_j|^3} \quad \ldots\ldots 1$$

Where Gussian constant.

يمكننا استخدام متجه الموقع $\vec{r}_\iota$ لأجل صياغة معادلة الحركة لمجموعة الكواكب في نظامنا الشمسي وذلك باعتبار نظام مركزية الشمس.

$$\ddot{\vec{r}}_\iota = -k^2(m_\odot + m_\iota)\frac{\vec{r}_\iota}{r_\iota^3} - \sum_{j=1,j\neq\iota}^{n} m_j \left\{\frac{\vec{r}_\iota - \vec{r}_j}{|\vec{r}_\iota - \vec{r}_j|^3} + \frac{\vec{r}_j}{r_j^3}\right\} \quad \ldots\ldots 2$$
$$\iota = 1,2\ldots,n$$

ان الحد الاول في الجهة اليمنى من المعادلة رقم (2) تمثل الحد الأساسي للقوة المؤثرة على الكتلة النقطية m_ι، حيث ان $m_\odot$ تمثل الكتلة المركزية (الشمس) اما الحد الثاني تمثل الاضطراب من الكتل الاخرى. الشكل (1) يمثل منظومة الأرض والقمر والشمس ومتجهات الموقع بين هذه الأجرام الثلاثة حيث اعتبر الشمس ككتلة نقطية في حين تم اعتبار الأرض والقمر ذات ابعاد محددة.



الشكل (1): نظام الاجرام الثلاثة الارض – القمر – الشمس [1].

وبسب كروية الأرض والقمر، والمسافات الكبيرة بين هذه الأجرام مقارنة مع أبعاد القمر والأرض فإن التمثل النقطي تكون مناسبة لوصف الحركة المدارية.

لذلك فإن المعادلة التي تصف حركة القمر يكن كتابتها بدلالة الانحدار للدالة العددية كما يلي [1]:

$$\ddot{\vec{r}}_{\mathbb{c}} = G(m_{\odot}+m_{\mathbb{c}})\nabla_{\mathbb{c}}\left\{\int_{V_{\mathbb{c}}}\int_{V_{\oplus}}\frac{\rho_{pr}\rho_{\varrho r}}{|\vec{r}_{\mathbb{c}}+\vec{r}_{\mathbb{c}\varrho}-\vec{r}_{p}|}dV_{\oplus}dV_{\mathbb{c}}\right\}+Gm_{\oplus}\nabla_{\mathbb{c}}\left\{\int_{V_{\mathbb{c}}}\frac{\rho_{\varrho r}}{|\vec{r}_{\mathbb{c}}+\vec{r}_{\mathbb{c}\varrho}-\vec{r}_{\odot}|}dV_{\mathbb{c}}\nabla_{\mathbb{c}}-\int_{V_{\oplus}}\rho_{pr}\frac{(\vec{r}_{\odot}-\vec{r}_{p})\cdot\vec{r}_{\mathbb{c}}}{|\vec{r}_{\odot}-\vec{r}_{p}|^{3}}dV_{\oplus}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots 3$$

وان معادلة دوران القمر يعطى بالمعادلة [1]:

$$\vec{h}_{\mathbb{c}} = G(m_{\odot})\int_{V_{\mathbb{c}}}\rho_{\varrho}\nabla_{\odot\mathbb{c}}\left\{\frac{1}{|\vec{r}_{\odot}-\vec{r}_{\mathbb{c}}-\vec{r}_{\mathbb{c}\varrho}|}\right\}\times(\vec{r}_{\odot}-\vec{r}_{\mathbb{c}})dV_{\mathbb{c}}-G\int_{V_{\oplus}}\int_{V_{\mathbb{c}}}\rho_{\varrho}\rho_{p}\nabla_{\mathbb{c}}\left\{\frac{1}{|\vec{r}_{p}-\vec{r}_{\mathbb{c}}-\vec{r}_{\mathbb{c}\varrho}|}\right\}\times(\vec{r}_{p}-\vec{r}_{\mathbb{c}})dV_{\mathbb{c}}\,dV_{\oplus} \quad \ldots\ldots\ldots 4$$

حيث أعطيت الرمز $\oplus$ دلالة للأرض، c دلالة للقمر h تمثل الزخم الزاوي و v تمثل الحجم.

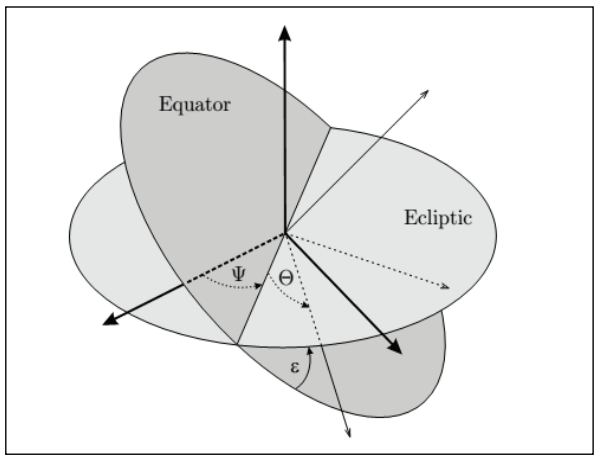
و ρ تمثل الكثافة.

$$\rho_p=\rho(x_p)$$
$$\rho_{\varrho}=\rho(x_{\varrho})$$
$$\rho_p=\rho(x_p)/m_{\oplus}$$
$$\rho_{\varrho}=\rho(x_{\varrho})/m_{\mathbb{c}}$$

3. زوايا اويلر:

ان دوران القمر يعطى بدلالة ثلاث زوايا تدعى بزوايا اويلر والذي يربط مركز دوران القمر مع مرجع الأزياج الفلكي والمعروفة بقاعدة المرجع الدولي السماوي international celestial reference frame ICRF[10,9]، وان القمر المرن (المتمدد) يحرف بسبب المد والدوران ويكون معدل المحاور الأساسية مُحدد ويدعى المرجع اليقمُري Selenographic frame. الزاوية (ϵ) تمثل ميل مستوي الاستواء القمري من دائرة البروج، في حين ان Θ هي الزاوية Ψ من نقطة الزيج الفلكي الى نقطة التقاطع لمستوي الاستواء القمري مع دائرة البروج.

والزاوية يمثل خط الطول القمري، من نقطة التقاطع إلى دائرة الزوال الأساسية للمحور القمري وكما موضح في الشكل (2)



الشكل (2): زوايا اويلر بين مستوي دائرة البروج ودائرة الاستواء القمر [1].

وان العلاقة بين متجه الزخم الزاوي وزوايا اويلر يعطى بالعلاقة [1]:

$$\begin{pmatrix}\dot{\Psi}_{\mathbb{c}}\\ \dot{\epsilon}_{\mathbb{c}}\\ \dot{\Theta}_{\mathbb{c}}\end{pmatrix} = X_{\mathbb{c}\varkappa}I^{-1}_{\mathbb{c}\varkappa}h_{\mathbb{c}\varkappa} = X_{\mathbb{c}\varkappa}T_{\mathbb{c}}I^{-1}_{\mathbb{c}\mathcal{F}}T^{T}_{\mathbb{c}}h_{\mathbb{c}\varkappa} = Y_{\mathbb{c}\varkappa} \quad \ldots\ldots\ldots 5$$

ان مصفوفات التحويل ومعكوسها (T , X , I , Y) يتم حسابه في كل خطوة من خطوات التكامل ولمزيد من

التفاصيل انظر للمصدر [1].

إن المعادلتين 4 و5 تصف الحركة الدورانية للقمر في نظام الأجرام الثلاثة الارض – القمر – الشمس.

4. المَيَسان:

إن القمر يدور حول محوره بنفس الفترة التي يستغرقها لإكمال دورته حول الأرض ويقال إن القمر قد أُقتنص، أو أن دورته متزامنة، ومن مراقبة القمر لوحظ أن قرص القمر المشاهد لا يبقى ثابتا بل يتمايل بشكل طفيف للأعلى والأسفل ويهتز جيئةً وذهابا عند كل دورة قمرية، وان مقدار التمايل والاهتزاز يختلف بشكل طفيف من دورة قمرية إلى أخرى ويدعى بالمَيسان البصري. وإذا لم يحدث هذا الميسان للقمر فإننا سنرى فقط خمسين بالمئة من سطح القمر وقد مكننا مَيَسان القمر من رؤية ما يقرب من (58) بالمئة من سطح القمر هذا بالنسبة لمشاهد على سطح الأرض في حين أن الإنسان تمكن أول مرة من رؤية الجانب الأخر من القمر في سنة (1959) وذلك عن طريق القمر الصناعي لونا الذي أطلقه الروس.

أن معادلة دوران القمر يعطى بالعلاقة [1]:

$$\begin{pmatrix}\omega_{\mathbb{c}1}\\ \omega_{\mathbb{c}2}\\ \omega_{\mathbb{c}3}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\gamma_{\mathbb{c}1}\omega_{\mathbb{c}2}\omega_{\mathbb{c}3}\\ \gamma_{\mathbb{c}2}\omega_{\mathbb{c}3}\omega_{\mathbb{c}1}\\ \gamma_{\mathbb{c}3}\omega_{\mathbb{c}1}\omega_{\mathbb{c}2}\end{pmatrix}=\frac{3Gm_{\oplus}}{r_{\mathbb{c}}^{5}}\begin{pmatrix}\gamma_{\mathbb{c}1}r_{\mathbb{c}\oplus2}r_{\mathbb{c}\oplus3}\\ \gamma_{\mathbb{c}2}r_{\mathbb{c}\oplus3}r_{\mathbb{c}\oplus1}\\ \gamma_{\mathbb{c}3}r_{\mathbb{c}\oplus1}r_{\mathbb{c}\oplus2}\end{pmatrix}+\frac{3Gm_{\odot}}{r_{\odot}^{5}}\begin{pmatrix}\gamma_{\mathbb{c}1}r_{\mathbb{c}\odot2}r_{\mathbb{c}\odot3}\\ \gamma_{\mathbb{c}2}r_{\mathbb{c}\odot3}r_{\mathbb{c}\odot1}\\ \gamma_{\mathbb{c}3}r_{\mathbb{c}\odot1}r_{\mathbb{c}\odot2}\end{pmatrix}\quad\ldots\ldots 6$$

اذا اعتبرنا ان عزم الارض الوحيد المؤثر فأن المعادلة رقم 6 ستكتب بالشكل [1]:

$$\begin{pmatrix}\dot{\omega}_{\mathbb{c}1}\\ \dot{\omega}_{\mathbb{c}2}\\ \dot{\omega}_{\mathbb{c}3}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\gamma_{\mathbb{c}1}\omega_{\mathbb{c}2}\omega_{\mathbb{c}3}\\ \gamma_{\mathbb{c}2}\omega_{\mathbb{c}3}\omega_{\mathbb{c}1}\\ \gamma_{\mathbb{c}3}\omega_{\mathbb{c}1}\omega_{\mathbb{c}2}\end{pmatrix}=+\frac{3Gm_{\oplus}}{r_{\mathbb{c}}^{5}}\begin{pmatrix}\gamma_{\mathbb{c}1}r_{\mathbb{c}\oplus2}r_{\mathbb{c}\oplus3}\\ \gamma_{\mathbb{c}2}r_{\mathbb{c}\oplus3}r_{\mathbb{c}\oplus1}\\ \gamma_{\mathbb{c}3}r_{\mathbb{c}\oplus1}r_{\mathbb{c}\oplus2}\end{pmatrix}\quad\ldots\ldots 7$$

ويمكننا التحويل من الاحداثيات القصورية الى احداثي المثبت على القمر بأستخدام مصفوفات التحويل، لذلك يمكن كتابة المعادلة التفاضلية الخطية التي تصف المَيَسان الفيزيائي كما يلي:

$$\ddot{l}_{ph}+\frac{3\gamma_{\mathbb{c}3}Gm_{\oplus}}{r_{\mathbb{c}}^{3}}l_{ph}=\frac{3\gamma_{\mathbb{c}3}Gm_{\oplus}}{r_{\mathbb{c}}^{3}}l_{oph}$$

حيث ان

l_{ph} تمثل المَيسان الفيزيائي

l_{oph} تمثل المَيسان البصري

ω تمثل مركبات السرعة الزاوية للقمر

γ مركبات عامل التفلطح الديناميكي والتي تحسب من القيم العظمى والصغرى لعزم القصور الذاتي.

5. النتائج والمناقشة:

أ) خصائص القمر المدارية:

لقد تم في هذا البحث دراسة التغيرات في العناصر المدارية الستة اللازمة لوصف مدار القمر حول الارض ومدى تأثرها بالاضطرابات الناشئة من الشمس والارض وكذلك يتضمن دراسة تحليلية لاهم التغيرات التي تسببها الاضطرابات على الخواص الدورانية للقمر.

استخدم برنامج celestial mechanics لآجل الحصول على البيانات عن العناصر المدارية وأهم الخصائص الدورانية للقمر والتي سيتم مناقشة نتائجه في الفقرة اللاحقة، إن مدى التغيرات التي تحدث في هذه العناصر بسبب الاضطرابات الخارجية حيث إن هذا البرنامج يعتمد التكاملات العددية لحل معادلات الحركة لمنظومة الأرض – القمر – الشمس [11]، وتم رسم البيانات بمساعدة برنامج Matlab 2010.

إن قوة الاضطراب المؤثرة على القمر لها ثلاث مركبات الأولى (S) والتي تكون عمودية على مستوي المدار، والثانية (T) المماسية وتكون مماسة باتجاه مسار القمر والمركبة الثالثة (N) والتي تكون عمودية على المركبة (T) وباتجاه مركز المدار [12].

ولوصف حركة القمر حول الأرض نحتاج إلى ستة

عناصر، ثلاثة لوصف شكل المدار وحجمه وموقعه في المدار، بينما العناصر الثلاثة الأخرى تصف اتجاه دوران مستوي مدار القمر في الفضاء وهي ميل مدار القمر عن دائرة البروج والمطلع المستقيم للعقدة الصاعدة الإزاحة الزاوية للأوج.

الأشكال (3،4،5) تمثل العناصر المدارية للقمر لعام 2015، وعشرة أعوام ولمئة سنة القادمة.

ويلاحظ أن نصف المحور الكبير تتغير بشكل دوري وبسعة تصل إلى (4000) كم حيث أن المركبة المماسية لقوة الاضطراب تؤثر في سرعة القمر في مداره وتكون قيمتها أكبر عندما تكون القمر في نقطة الحضيض. ولا تتأثر قيمة المحور الكبير بالمركبة العمودية لقوة الاضطراب.

تؤثر المركبة العمودية لقوة الاضطراب على شذوذيه مدار القمر ويكون تأثيرها اقل عندما تكون القمر في الحضيض بينما ينعدم تأثير المركبة المماسية على القمر عندما يكون القمر عند نهاية المحور الصغير للمدار. الشكل (3b) يمثل الشذوذية في مدار القمر لسنة (2015) ويلاحظ إن التغير في السعة ينحصر

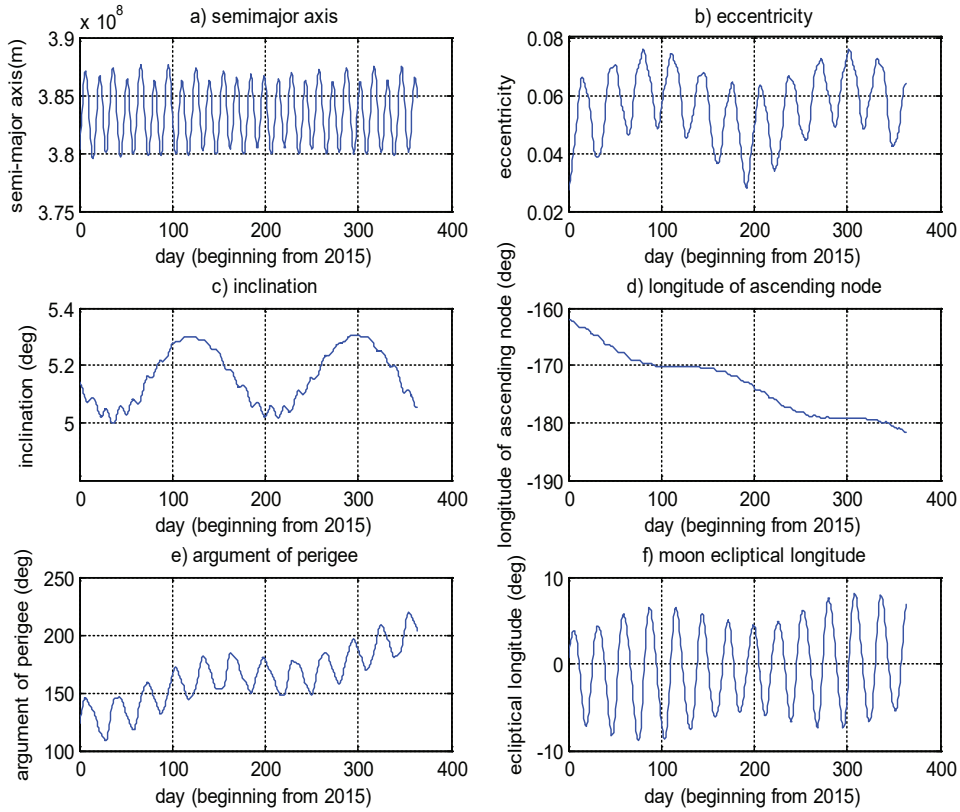
بين (0.02 – 0.034) ويلاحظ إن أعلى قيمة للتغير في السعة لشذوذية مدار القمر لمئة السنة القادمة لا تتجاوز (0.05) كما مبين في الشكل (5b) ويكون تأثير الاضطراب بشكل دوري حيث يعود إلى قيمته الأولية ولا تظهر اي تغير دائمي في شذوذية المدار بعد إكمال دورته الكاملة.

إن قوى الاضطراب تعمل على تدوير مستوي المدار وبذلك تحدث تغيرا في ميل المدار ونقطة العقدة الصاعدة إضافة إلى الإزاحة الزاوية للأوج. الأشكال (3,4,5c) تبين إن الزاوية بين العمود على مستوي مدار القمر والعمود على مستوي دائرة البروج تتغير بسعة تقدر (0.3) درجة وبذلك يتأرجح المحور العمودي لمدار القمر حول المحور العمودي لدائرة البروج، وبذلك فإن العقدة الصاعدة تتراجع (19.3) درجة في السنة الواحدة كما في الشكل (3d) حيث إن للمركبة العمودية لقوة الاضطراب تأثيرا كبيرا عليها، ويلاحظ من الشكلين (4d,5d) ان العقدة الصاعدة تستغرق (18.6) سنة لكي تعود إلى نفس النقطة التي كانت فيها.

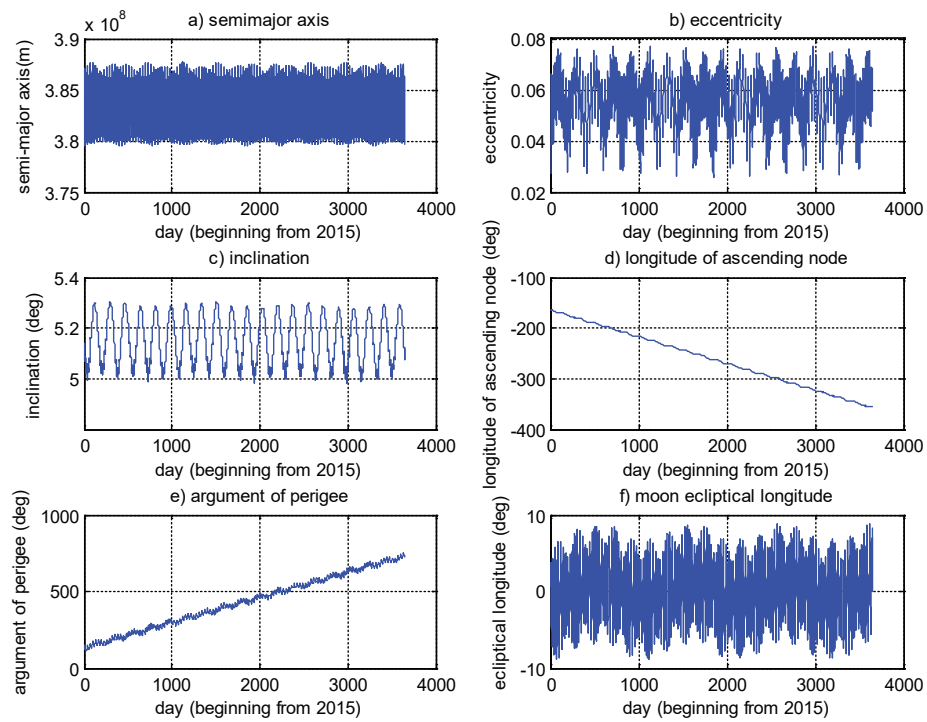
الشكل (3e) يمثل التغير في الإزاحة الزاوية للأوج (اتجاه الأوج عن العقدة الصاعدة) ويلاحظ أن سعة التغير فيه (18) درجة، ويتبين من الشكل (4,5e) ان الفترة الدورية لها تساوي (6.3) سنة.

الشكل (3f) يمثل المعدل الطولي البروجي للقمر لسنة 2015 والتي تقاس في مستويين ويكون التغير فيها بشكل دوري وان التغير في السعة يتراوح بين (5 – 7.5) درجات حيث إن قوة الاضطراب يقلل من شذوذية مدار القمر في فترة النصف الأول للشهر الاقتراني ويزيدها في النصف الثاني من الشهر مما يسب انحراف في خط الطول المركزي وبفترة تقدر (31.8) يوم. ويبين الشكل (4,5f) المعدل الطولي البروجي للقمر لعشرة ومئة سنة القادمة على التعاقب.

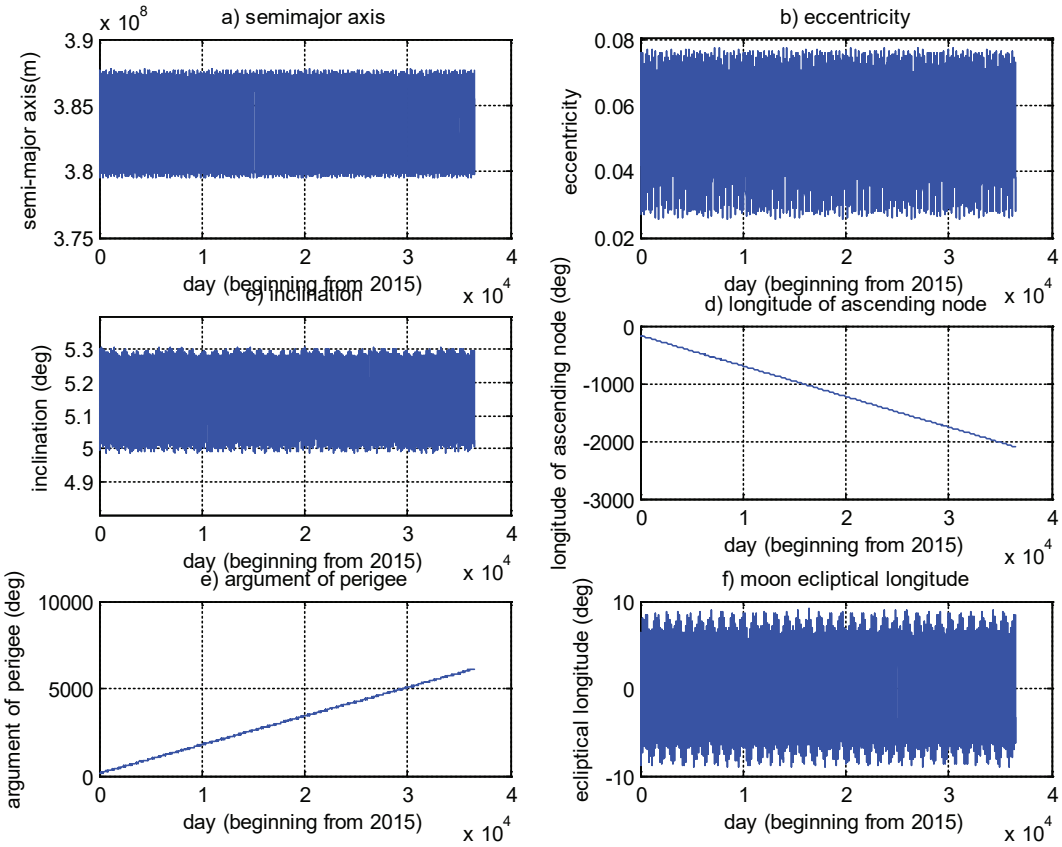
Vol. 9, No. 17 and 18, P. (17-28),Jun, 2019



الشكل (3): العناصر المدارية للقمر لسنة 2015.



الشكل (4): العناصر المدارية للقمر لعشر سنوات



الشكل (5): العناصر المدارية للقمر لمئة سنة القادمة اعتبارا من 2015.

ب) خصائص القمر الدورانية

الأشكال (6-8) تمثل أهم خصائص الدورانية للقمر وهي محكومة بالكامل بتأثير القوة الخارجية للأرض والشمس. الشكل (6a) يمثل مركبات التغير في المحور القطبي للقمر لسنة (2015) ويلاحظ أن سعة التغير الدوري للمركبة الثانية والمبينة باللون الأخضر تصل إلى (40) ثانية قوسية وهذا التغير كبير جدا مقارنة مع التغير في سعة المركبة الأولى للمحور القطبي والمبينة باللون الأزرق، ويلاحظ أيضا أن هناك انحدار كبير في المركبة الأولى مقارنة مع الانحدار في المركبة الثانية، ومن الشكل (7a) يظهر أن التغير في مقدار مركبتي المحور القطبي للقمر لعشر سنوات ويلاحظ أنها تتغير بشكل دوري ويصل الدورة الكاملة إلى ما يقارب (6.3) سنة ويمثل الشكل (8a) التغير في مركبات المحور للمئة السنة القادمة.

الشكل (6b) تمثل العلاقة بين مركبتي المحور القطبي للقمر لسنة 2015 ويليها الشكلين (7b,8b) يمثلان العلاقة بين المركبتين لعشره ومائة السنة القادمة ويلاحظ أن التغير في سعة المركبة الأولى يصل إلى (220) ثانية قوسيه في حين التغير في سعة المركبة الثانية تصل الى (355) ثانية قوسيه.

الشكل (6c) يمثل المبادرة القمرية في خط الطول والذي يرمز له (ψ) وهي احدي زوايا اويلر الذي يستخدم لوصف دوران القمر وكما يظهر إن مقدار الزحف في (ψ) يساوي تقريبا (19.4) درجة ومن الشكل (7c) يمكن حساب

Vol. 9, No. 17 and 18, P. (17-28),Jun, 2019

الزحف في (ψ) والذي يساوي (195) درجة لعشرة

سنوات ويلاحظ ان مقدار الزحف ليكمل دورة كاملة (360) درجة ستستغرق (18.6) سنة وهذا واضح في الشكل (8c).

ان المحور القطبي لدوران القمر يميل عن المحور القطبي لدائرة البروج بحدود (1.54) درجة وبسبب الاضطرابات الناشئة على القمر فإن هذا المحور سيتذبذب حول المحور القطبي لدائرة البروج ويمثل هذا الميل بزاوية اويلر (ويبين الشكل (6d) مقدار التمايد للمحور لسنة 2015 وان اكبر سعة تصل إلى (0.07) درجة وفي الشكلين (7d, 8d) يظهر النمط المعقد للتغير في (ϵ) لعشرة ومئة السنة القادمة.

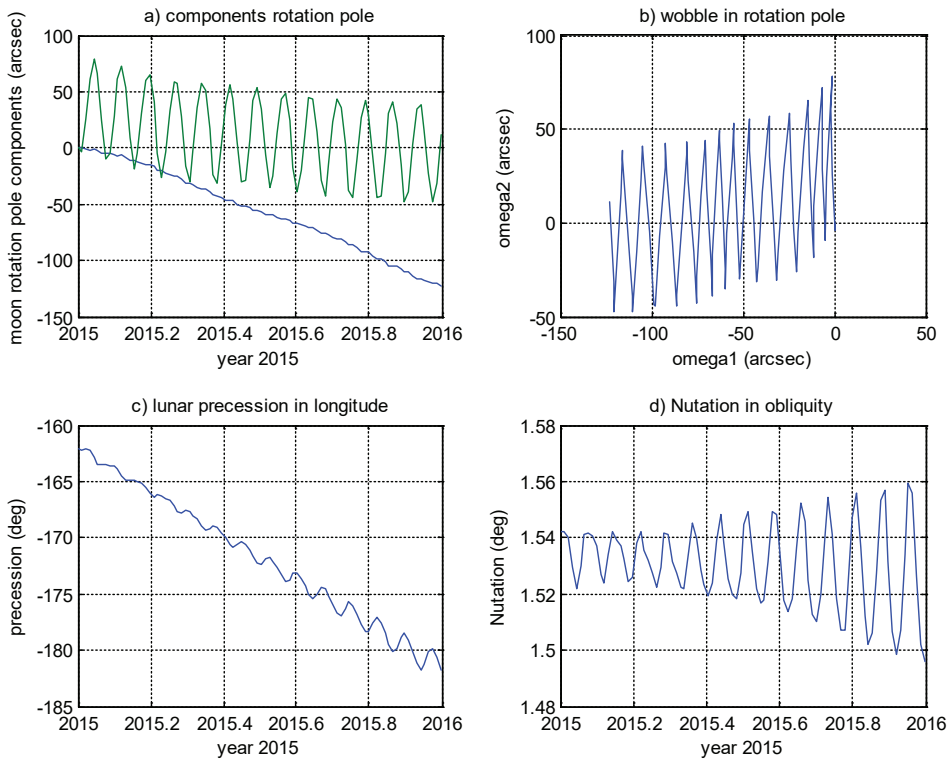
ولحساب مجموع التمايد في الخط الطولي للقمر فإننا سنجمع (ψ) و(θ) ويدعى هذا بالمَيسان الفيزيائي والأشكال (f9,10,11) تبين الميسان الفيزيائي لسنة 2015 ولعشرة ومئة سنة القادمة ويظهر أن التغير يكون بشكل دوري وسعة لا تتجاوز درجة واحدة وهي صغيرة مقارنة مع الميسان البصري.

أن القمر يدور حول محوره بنفس الفترة التي يستغرقها لإكمال دورته حول الأرض لذلك يقال بأن القمر قد أُقتنص أو أن دورته متزامنة، ومن مراقبة القمر لوحظ إن قرص القمر المشاهد لا يبقى ثابتا بل يتمايل بشكل طفيف للأعلى والأسفل ويهتز جيئةً وذهابا عند كل دورة قمرية، وان مقدار التمايل والاهتزاز يختلف بشكل طفيف من دورة قمرية إلى أخرى ويدعى بالمَيسان البصري. وإذا لم يحدث هذا الميسان للقمر فإننا سنرى فقط خمسين بالمئة من سطح القمر وقد مكننا مَيَسان القمر من رؤية ما يقرب من (58) بالمئة من سطح القمر وكما موضح في الشكل (9c,9d) يمثل المَيسان الطولي والعرضي للقمر لسنة 2015.

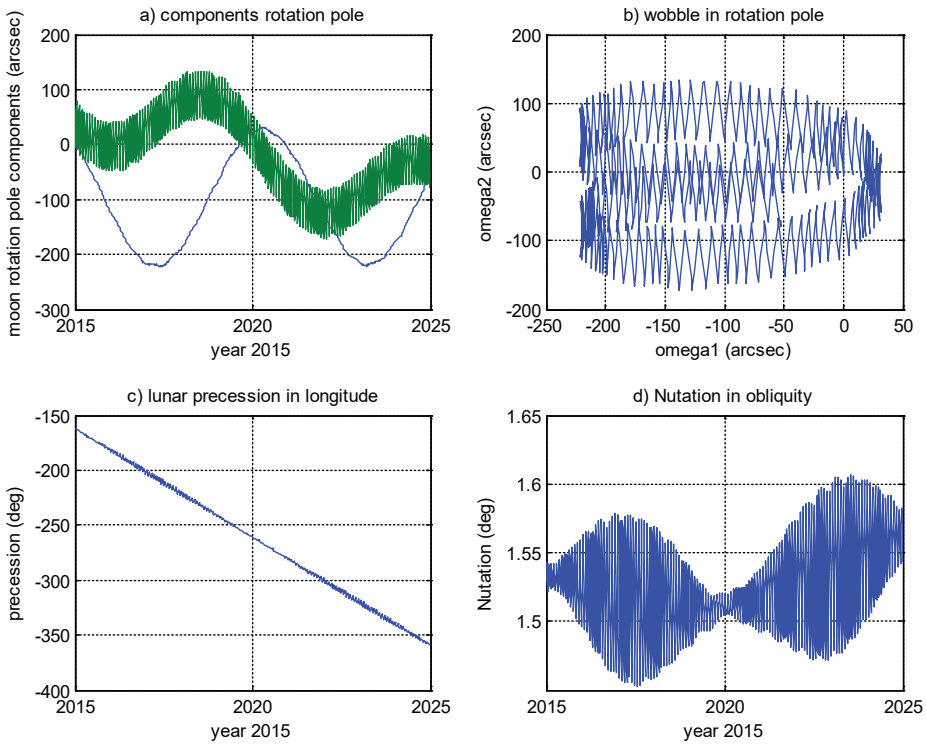
إن مقدار المَيسان الطولي يصل إلى (7) درجات ويعود السبب إلى أن مدار القمر البيضوي والى التغيير في سرعته مع المسافة عن الأرض في حين إن دورانها حول محورها يبقى ثابتا والمحصلة هي رؤية ما يقارب من (7) درجات من أفقه الشرقي والغربي في الدورة الاقترانية.

إن المحور القطبي للقمر ليست عمودية على مستوي مداره وإنما يميل بمقدار (1.54) درجة وان مدار القمر يميل عن دائرة البروج (5) درجات وبذلك يصبح المجموع (6.54) درجة، ويسمى بالمَيسان العرضي وكما هو واضح في الأشكال (9,10,11d) ويلاحظ انها تتغير بشكل دوري ومنتظم لمئة السنة القادمة.

إن الزاوية بين دائرة البروج (المسار الظاهري للشمس) ومستوي استواء الأرض هي بحدود (23.45) درجة والزاوية بين مستوي مدار القمر ودائرة البروج يساوي (5.15) درجة ويتأرجح المحور العمودي على مستوي مدار القمر حول المحور العمودي لمستوي البروج ويكمل تأرجحه (18.6) سنة، في حين إن محور دوران الأرض يكمل تأرجحه حول المحور العمودي لدائرة البروج في (25000) سنة [1]، وبذلك يتأثر ميل مستوي مدار القمر عن مستوي الاستواء الأرضي بشكل كبير مسببا تغيرا دوريا وقد تصل سعته إلى (5) درجات والأشكال (9,10,11a) تمثل ميل مستوي مدار القمر عن مستوي الاستواء الأرضي لسنة (2015) وعشر ومئة سنة القادمة.

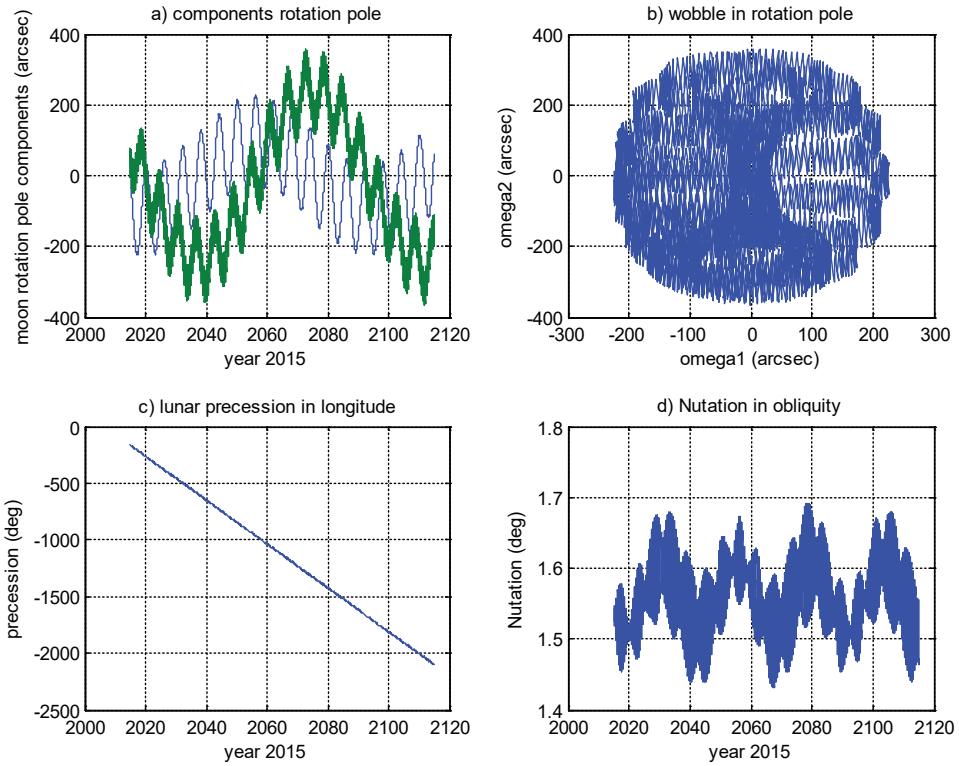


الشكل (6): حركة المحور القطبي للقمر وزوايا اويلر لسنة 2015.

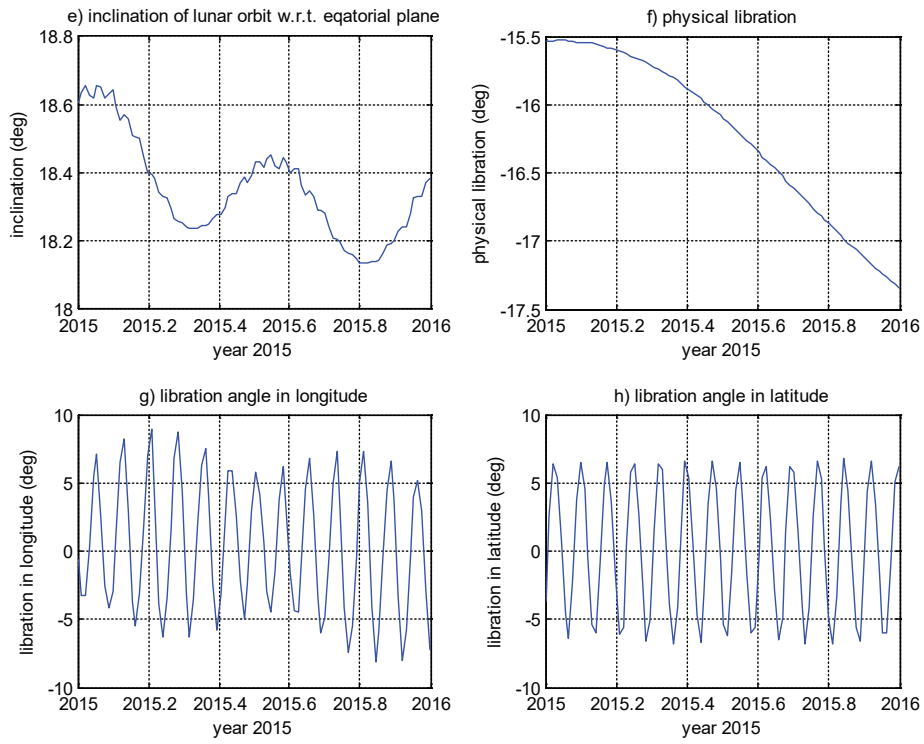


الشكل (7): حركة المحور القطبي للقمر وزوايا اويلر لعشر سنوات

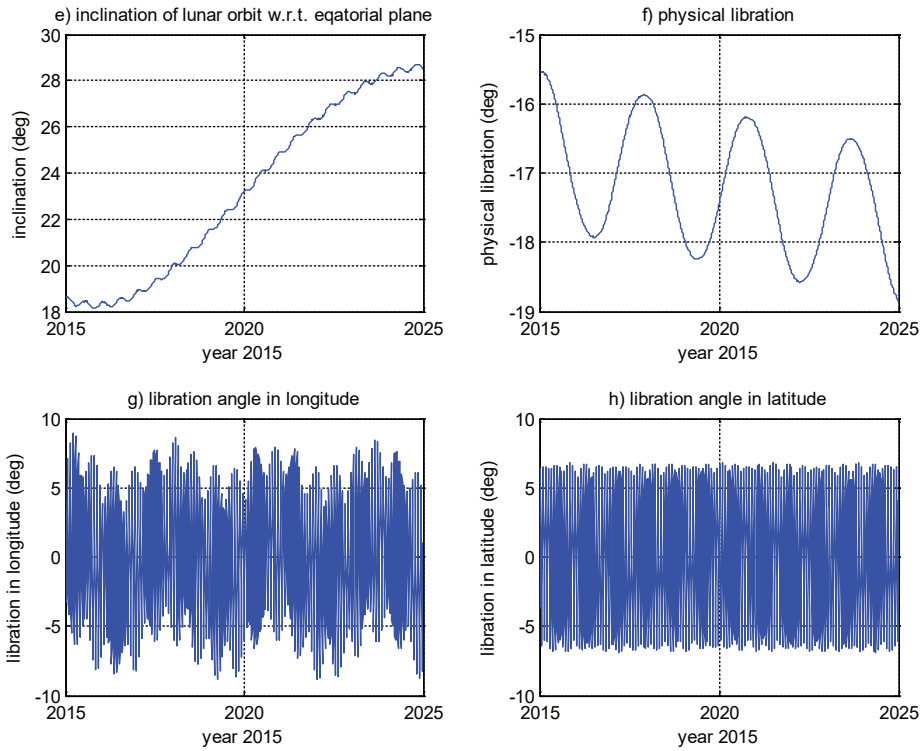
Vol. 9, No. 17 and 18, P. (17-28),Jun, 2019



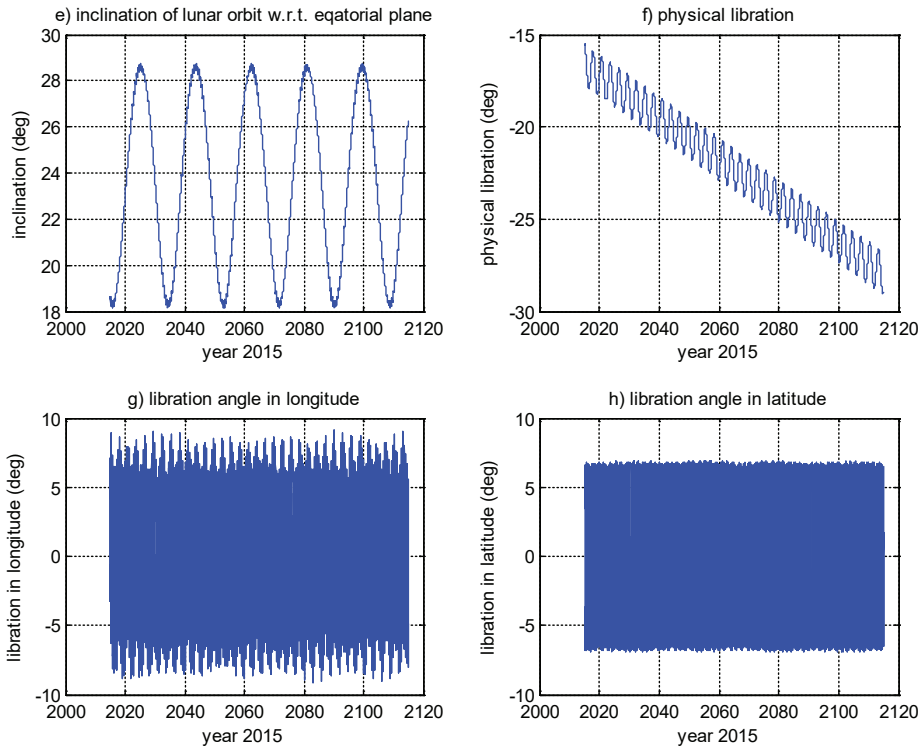
الشكل (8): حركة المحور القطبي للقمر وزوايا اويلر لمئة سنة.



الشكل (9): ميل مدار القمر عن دائرة الاستواء والميسان الفيزيائي والبصري لسنة 2015.



الشكل (10): ميل مار القمر عن دائرة الاستواء والميسان الفيزيائي والبصري لعشر سنوات.



الشكل (11): ميل مدار القمر عن دائرة الاستواء والميسان الفيزيائي والبصري لمئة سنة القادمة.

6. الاستنتاجات:

تم حساب العناصر المدارية والدورانية للقمر لمئة سنة القادمة من اجل دراستها وتحليلها وقد تبين من النتائج ان العناصر المدارية للقمر تتغير بشكل دوري بالنسبة لعنصر نصف المحور الكبير والشذوذية ويكون التغير في مقدار الشذوذية صغيرا جدا، وان قوة الاضطراب تعمل على تدوير مستوي مدار القمر وذلك من خلال التغير الحاصل في ميل المدار والتي ترافقها تراجع في نقطة العقدة الصاعدة بمقدار يقارب (19) درجة في السنة الواحدة وكذلك لوحظ إن هنالك تغير في الإزاحة الزاوية للأوج. ومن تحليل الخصائص الدورانية للقمر لوحظ التغير الكبير في مركبات المحور القطبي للقمر ، ومن حساب التغيرات الحاصلة لزاويا اويلر لوحظ إن المبادرة القمرية (ψ) يصل الزحف فيها إلى (19.4) درجة للسنة الواحدة، في حين إن هنالك تغير صغير في التمايد الحاصل في المحور القطبي للقمر (ϵ)، ولوحظ ان المَيسان الفيزيائي تكون دوري وصغير مقارنة مع تلك التي تحدث في المَيسان البصري وتكون ايضا دورية وتصل الى ما يقارب (7) درجات من افقه الشرقي والغربي وما يقارب (6) من المَيسان العُرضي.

المصادر:

[1] Beutler G. "Method of Celestial Mechanics" Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2005).

[2] Chapront J., Chapront M. and Francou G., A&A Vol 387, 700–709, (2002).

[3] O. Calame A&A vol 22, 75–80, (1973).

[4] Chapront J. and Chapront M, celestial MechanicsVol 26, 83 – 94, (1982).

[5] Chapront J. and Chapront M.، A&A Vol 124, 50 – 62, (1983).

[6] Abdul Rahman H.S., Al- Mustansiriyah J. Sci. vol 24, No. 4 ,125 – 138, (2013).

[7] Abdul Rahman H.S., Fouad M. Abdulla، Iraqi Journal of Physics Vol.14, No.29, 138-144, (2016).

[8] Abdul Rahman H. Salih، Majed M. Jarad, Fouad M. Abdulla، Iraqi Journal of Science, Vol. 57, No.1B, 530 - 539,(2016).

[9] Seidelmann P.K. " Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac" University Science Books, Mill Valley, California, (1992).

[10] Standish E. M., Astron. Astrophys, Vol. 233, 252–271,(1990).

[11] Moulton F. R. " an introduction to celestial mechanics" second edition the Macmillan company (1960).

[12] Danby J. M. A. " fundamental of celestial mechanics " second edition Willmann – Bell Inc, (1992).