الخطء لخط الطول أولغ بك في الزيج الجديد السلطاني

Ihsan Kamil Lathif
UIN Walisanga Semarang
(Email:Ihsan.elhasany@gmail.com)

ملخص

أولغ بك (797 - 852 ه) أحد الفلكيين المسلمين المشهورين، وله الزيج تسمى بالزيج الجديد السلطاني، وضمن فيه 252 عدد أطوال المدن من جزائر الخالدات. وهو أحد مبدأ الطول عند المتقمين. فعدد أطوال المدن عند أولغ بك مخالف بعدد طولنا. فهذه المقالة تناقش عن خط طول المدن عند أولغ بك، حيث دقتها والارتباط الذي بين طول المدن أولغ بك والطول الجرينتشية. واستخدمنا في تشريح مناقشة النوعية المكتبية *(Research Library)* باستفادة المنهج التاريخي *(Historical Approach)*, وفي تحليل البيانات التحليل النوعي. والمضمون (*content analisis*) والانحدار (*regression analysis*) . نتائج البحث في هذه المقالة أن معظم عدد الأطوال في زيج أولغ بك تختلف الواقع، ولم يرتبط تماما بأطوال البلدان من جرينتش، **ويكون بسبب** عدة **عوامل متنوعة محتمالة**، ومن عوامل محتملة مخطئ في المقدار للمسافات والتحويل الخاطئ لقياس المسافة إلى الدرجات. **ويتحقق واحدا منها، وهو الخطء في قياس محيط الأرض**.

الكلمة الأساسية: أولغ بك, خط الطول أولغ بك, مقارنة خط الطول

أ. مقدمة

أولغ بك (797 - 852 هـ[1]) **أحد الفلكيين المسلمين المشهورين، وله الزيج تسمى بالزيج** الجديد السلطاني، وهو خاتم لسلسلة المصنفات الفلاكية التي اقتفت أثر العلماء المأمونية وضمن فيه 252 عدد أطوال المدن من الجزائر الخالدات.[2] وهو أحد مبدأ الطول عند المتقمين.[3] وعدد أطوال المدن يشير على فضله في تصنف الزيج فإن خطء عدد أطوال دل إلى خطء الزيج ولا عكس، وخطئه أثر على معظم الحساب، حيث خالف الواقع، فانحرف سمت القبلة من النقطة الفعلية وكذا غيره، ولذا كانت معرفة دقة أطواله تشرح لنا خزنة من خزائن العلماء المتقدمين وتوضح تطور عدد الأطوال من فترة أولغ بك إلى وقتنا الحاضر

فالتناقش في هذه المقالة، إظهار **الخطء في خط الطول أولغ بك وإعادة حسابه**، والبحث السابق لمن تقدم لم يظهر **الخطء في خط الطول أولغ بك**، ومعظم الباحثين السابقين يتناقش ما يتعلق باحداثيات الجغرافية لبطليموس (ت. 170 م), حيث دقتها وخطئها. وأما إ. س كينيدي و ح.م. ريجيه (E. S. Kennedy and M. H. Regier[4]) فيظهر العلاقات الخطية لعدد خط الطول عند العلماء المسلمين في العصور الوسطى على الجملة. ونتيجته أن

[1] اسمه محمد طور غاي بن شاه رخ بن تيمور كوركان السمارقندي اشتهر باسم ألوغ بك ولد في سلطانية عام 796 هجرية وتوفي في هراة سنة 852 هجرية. و لـه زيج تسمى بالزيج الجديد السلطاني، وهو شهير عظيم في بلاد الغرب، فترجم الى الغة اللاتنيية سنة 1076 هجرية في بريطنية و نشرها بباريس سنة 1296 هجرية نقلا عن : علي عبد الله, رواد علم الفلك في الحضارة العربية و الإسلامية, **الرياض: التوبة, الطبعة الثانية, 1993, ص. 126–128**.

[2] انظر جدول أطوال أولغ بك في. أولغ بك، **زيج الغ بك لرفاعي (تعريب: يحي الرفاعي)**، 107-110، **المخطوطة**،. https://dl.wdl.org/3951/service/3951.pdf

[3] خليفة النبهاني، **ثمرة الوسيلة**، مصرى: دار الكتب المصرية، بدون التاريخ، ص.57

[4] E. S. Kennedy and M. H. Regier, *"Prime Meridians In Medieval Islamic Astronomy*, Vitas in Astronomy، vol. 28، No 1 (1985):29-32 accessed 1 March 2017,doi: 10.1016/0083-6656(85)90005-4.

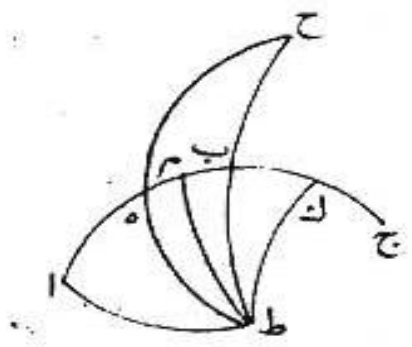
الأخطاء في خط الطول عند العلماء المسلمين ليست عشوائية ويمكن أنها سبب من القراءة أو النسخ غير صحيحة بلا ملاحظة ومقارنة للبيانات الآخرى، فكانت هذه المقالة متممة موضحة للدراسة السابقة ب الناحية التي لم تبحث بها على التفصيل يعني خط الطول عند أولغ بك خاصة.

و بالإضافة إلى منهجية، تصنف هذه الرسالة في فئة البحث النوعية المكتبية (*Research Library*)[5] باستفادة المنهج التاريخي (*Historical Approach*[6]). مصدر البيانات في هذه الدراسة إنقسم إلى مصدرين: الأول، مصدر البيانات الأساسية، والثاني المصدر الثانوية. فالأساسية عبارة عن البيانات التي ترتبط مباشرة في المناقشة، واستفادت من الزيج الجديد السلطاني لأولغ بك . أما الثانوية فهي عبارة عن البيانات التي توضح المصدر الأساسية كمثل الوثائق والكتب وغيرها مما يرتبط موضوع البحث.

ب. فرضية شرح خطء أولغ بك في تحديد خط الطول

حينما قرر مبدأ الطول كجرينتش فتحديد طول المنطقة أبسط من تحديد خط العرض، بحكم دوران الأرض، حيث أربع وعشرين ساعة يتوافق مع 360 درجة، فالفرق في الطول يساوي الفرق في متوسط التوقيت المحلي بين المكانين. ولكن في الممارسة العملية هو الأصعب لندر إشارة الوقت المتحد في كل من المحليات ولعدم وجود وسائل الاتصال كراديو في عهد أولغ بك (797-852 هـ.)

أولغ بك حدد في زيجه كل مكان ببعدها عن الجزائر الخالدات كما حددنا مكانا الأن ببعدها عن جرينتش، وعدد طول المدن عندنا يخالف بالطول عنده، فطول بغداد عندنا يخالف بطوله، وكيفة تحديد الأطوال في عهده بالساعة المضبوطة من الأجرام السموية كالكواكب والقمر وبطريقة جيوديسية[7]. والإشارة لوقت متحد في عهد أولغ بك الساعة المضبوطة من الأجرام السموية كالكواكب والقمر, ولكن كسوفات قدمت من غيرها لأن غيرها لاتؤثر في حس البصر إلا في مدة مديدة لا يمكن فيها تمييز نت البدو وغيرها وتكون أوقاتها غالبا المختلفة في المواضع خلافا لكسوفات[8], فيمكن للزوج من المراقبين، أحدهما في كل منطقة، أن يراعي الأوقات المحلية ذات الصلة التي يبدأ فيها الاتصال وينتهي به أقصى قدر من الانغماس أو الكلي. فنمكن أن نرسما هندسية تصحيح الأطوال باكسوفات على الرسم التالي:



رسم 1: تصحيح الأطوال باكسوفات علي خط العرض الواحد. (المصدر: أبوالريحان البيروني, قانون المسعودي, ج الثاني ص.510)

[5] Nazir, Moh, *Metode Penelitian*، (Jakarta: Ghalia Indonesia، 1988) cet, III, hlm. 63

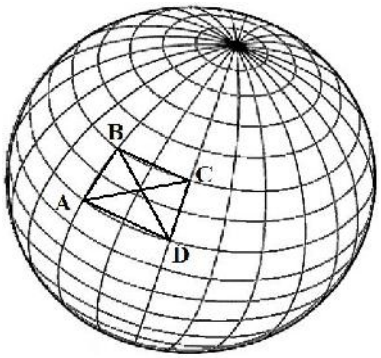
[6] Suharsimi Arikunto، *Prosedur Penelitian*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2013), 121.

[7] Edward S. Kennedy, *Mathematical Geography*, P. 190, in Encylopedia of The History of Arabic Scince, Vol. I (Editet: Rashed, Roshidi and Morelon, Règis), (London: Routledge، 1996)

[8] أبو الريحان البيروني، **قانون المسعودي، ج. الثاني**، الهند: دائرة المعارف العسمانية، 1955، ص.509.

ا ب ج معدل النهار بين بلدين, ط ب ح خط العرض بلد الأول وطوله من المغرب ج ب , ط 5 ح خط طول بلد الثاني وطوله ج ب 5, فإذا فرضنا كسوف إتفق في كلا بلدين غربيا على نقطة ك فيكون في بلد الأول ب ك, وبلد الثاني 5 ك, وفضل ما بينهما م الذي إذا زيد في طول ج ب حصل ج 5 (طول بلد الثاني). وكذلك إذا فرضنا كسوف إتفق شرقيا فالكسوف في نقطة ا, فيكون احد بلدين ا ب, والأخر ا 5, وفضل بينهما م الذي إذا زيد في طول ا 5 حصل ا ب (طول بلد الأول).

أما طريقة جيوديسية فتصحيح طول البلدان بالمسافات. فنفترض أن خطوط العرض في بلدان معروفة (A و C في الرسم الثاني), وكذا مسافة التي بينهما بالدائرة الكبيرة (AC في الرسم الثاني). وخط الطول وموازية من خط العرض يمر بنقطتين سابقين, وتتقاطع هذه الدوائر الأربع في أربع نقاط التي بأجزاء مستقيمة على شبه منحرف.



رسم 2: شبه منحرف متساوي الساقين لمكانين A و C على الأرض.
(المصدر: جوجل)

ظهر في ذلك الرسم أن AC = و AB = CD
DB ف $AC^2 = .AB^2 + BC.AD$ فالمعلوم
أن AC مسافة و فضل خطي العرض بين المكانين,
فوجدنا منها جيب فضل ما بين طولي المكانين
باستخدام وظيفة المثلثية، وكان صيغته ما يلي:.

$$\Delta\lambda = \text{arc crd}\sqrt{\left[\frac{\text{crd}^2(\widehat{AB}) - \text{crd}^2(\Delta\phi)}{\cos\phi_A \cos\phi_B}\right]}$$

Δ يشير إلى فضل الطولين، λ هو خط الطول الأرضي، crd θ هو مســـافة من دائرة وحدة تحتها زاوية مركزية θ وA وB هي المحليات المعنية (بلدان), وما حصل يزاد على طول غربيهما أو ينقص من الشرقي فيحصل الطول الآخر. ومقدر مسافات دائرة كبيرة من خلال الحصول على مسافة طرقها القافلة (فرسخ) ثم حولها إلى ميل ودرجات. فالذاتية الفردية في طريقة جيوديسية هي أكبر من الطريق قبله, إذ كانت مسافة التي طرقها قافلة أمر نسبي لم يتحقق فيها, لاسيما مسافة التي أخبرها مسافر. وللطريقين في العصور الوسطى هي الذاتية الفردية, فإن انحرف عدد طول أولغ بك عن الواقع لكان بخطأ فني في قياسه أو بأمر آخر، إذ كان الخطاء ليس بالقياس فقط ولم يكن عدد الطول عندهم بالامتحان محضا.

مقدر محيط الأرض في العصور الوسطى مخالف للمقدر الحديثة، فيمكّن عدد أطوال أولغ بك مخالف الواقع، لاختلافه البيانات الحديثية في كيفية تحديد الأطوال و مقدر محيط الأرض، ولم تصل إلينا مقدر محيط الأرض الذي استخدم أولغ بك، ولكن مقدر محيط الأرص عند علماء المسلمين مذهبان المأمونية و البيروني وهو 20400 ميل[9] و 20135 ميل[10]، وكلهما حيث حوّل إلى كم[11] مخالفان المقدر الحديثة وإن كان قاربا بالواقع.

فالبيانات الطولية عند أولغ بك مبني على رصدية وجيوديسية خلافا لنا، فنستفيدها من القمر الصناعي وهو وافق الواقع لفقدان الذاتية الفردية. وأما

---

[9] شاكر خصباك، الجغرافية عند العرب، بيروت: المؤسسة العربية، 1986، الطبعة الأولى، ص. 37–38

[10] سنيُور كرلونلّينو، **علم الفلك تاريخه عند العرب في الفرون الوسطى**، بيرووت: ذو القثرقية، 1991، ص.292

[11] ضبط كرلونلّينو أن ميل العربي بقدر 1973,2 متراً. انظر سنيُور كرلونلّينو، **علم الفلك تاريخه عند العرب في الفرون الوسطى**، ص.288

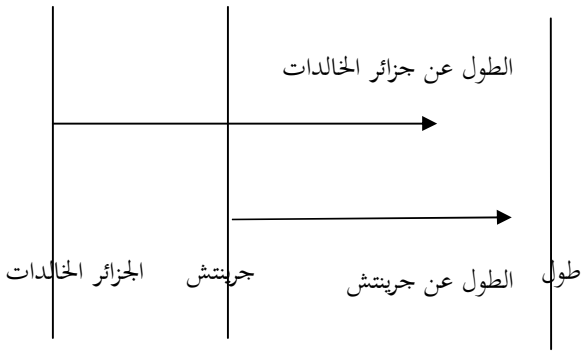
بياناته فلا تزال في الذاتية الفردية، فتباين البيانات الطولية عند أولغ بك من الواقع لا يمكن تجنبها.

ج. مقارنة خطوط الطول أولغ بك مع خطوط الطول الحديثة

ومن المعلوم أن المناقشة في علم الفلك على الموقع الجغرافي في سطح الأرض، ويحدد بالعرض والطول، فدقة البيانات من الطول والعرض تأثر على دقة الحساب، معيار الدقة في أزمننا من البيانات الحديثية كنظام التوقيع العالمي (Global Positioning System) و**جوجل إيرث**. وفي تحليل مقارنة أطوال البلدان عند أولغ بك مع أطوال البلدان الحديثية نستخدم جوجل إيرث لإمكان حصول المقارنة بغير حضور على الموقع المعيّنة.

مقارنة خطوط الطول أولغ بك مع خطوط الطول الحديثة لا تكون الا بتحويل خطوط الطول من جزائر الخالدات إلى خطوط الطول من جرينتش، وكذا عكسه. أبسط نهج هو أن نفترض أن هذا التحويل بطريق ترجمة الإحداثيات من دون تغيير الحجم أي محيط الأرض.

علما، بما سبق أن أولغ بك حدد المكان ببعده عن جزائر الخالدات خلافا للبيانات الحديثية حدد ببعده عن جرينتش، ولم يكن عند أولوغ بك عدد الطول بقيمة النقص (–) إذ كان الأرض المعمور عنده يسع 180 جه طولا، فكالحصير المقوس وجزائر الخالدات وقع في غربي جرينتش فاقتضى به أن مناطق المغرب والأندلس بالنسبة إلى جرينتش بقيمة نقص. وعلى النظرية أن الطريقة في المقارنة تعادل جزائر الخالدات بجرينتش في القيمة الثابتة، وكانت المعادلة بطرح عدد طول المدن من جرينتش بعدد طول المدن من جزائر الخالدات. فما خرج فضل مبدأين وموقف جزائر الخالدات عن جرينتش.



رسم 3: معادلة طول من جزائر الخالدات مع طول جرينتشية.

بناء على الرسم السابق، إن عادلنا أطوال المدن من مبدأين لكان فضل المبدأين مستويا في سائر المدن، وإلا لكانت المسألة في عدد الطول من جزائر الخالدات. وفترة التوقف بين أولغ بك وأزمنا كبيرة جدا، وهو ستة القرن، ولكنها لاتؤثر لتغيير تخطيط المدن كابرا، ففرضنا أن تغيير التخطيط لايزيد على ثلاثين دقيقة، إذ كان توسيع مدينة منذ أيام أولوغ بك حتى الآن لا يتجاوز الحد من ثلاثين دقيقة, فالثلاثون هامش الخطإ الذي تسمّح عليه و الذي استقبل التغيرات التخطيط التي وقعت في مدينة من أولوغ بك حتى عصرنا.

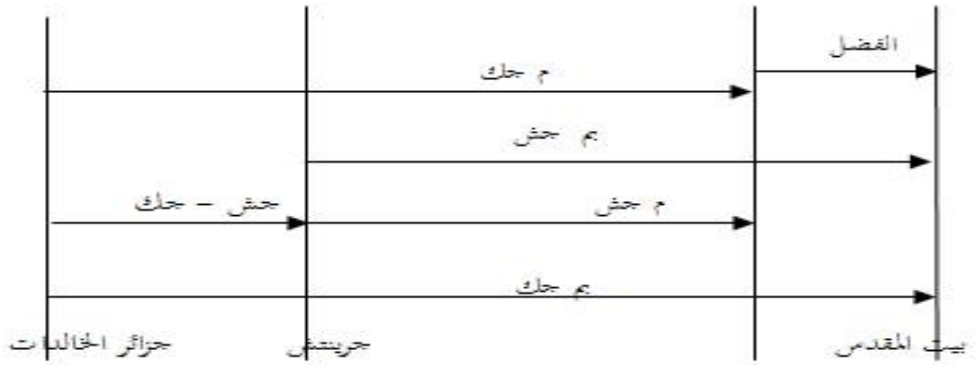
أسمآء المدن	طول البلدان		فضل مبدأين
	جزائر الخالدات	جرينتش	
طبرية	٦٨,١٣	٣٥,٥٢	٣٢,٦٢
صور	٦٨,١٣	٣٥,٢٠	٣٢,٩٣
صردا	٦٨,٥٨	٣٥,٢٠	٣٣,٣٨
طرابلس لبناءن	٦٩,٦٧	٣٥,٨٣	٣٣,٨٣
دمشق	٧٠,٠٨	٣٦,٢٧	٣٣,٨٢
بعلبك	٧٠,٧٥	٣٦,٢٠	٣٤,٥٥
حمص	٧٠,٧٥	٣٦,٧٠	٣٤,٠٥
أنطاكيا	٧١,٤٣	٣٦,١٥	٣٥,٢٨
سرمين	٧١,١٢	٣٦,٧٢	٣٤,٤٠
قنسرين	٧٢,١٣	٠٠,٣٧	٣٥,١٣

جدول 1: إقليم الشام لأولغ بك من مبدأين جزائر الخالدات وجرينتش

اتضح من الجدول السابق أن في عدد الطول عند أولغ بك لم يكن له فضل ثابت بأطوال البلدان من جرينتش، فاندفع به ما زعم به صاحب سلم النيرين بأن فضل مبدأين ثابت، وهو 36 جه 51 قه[12].ويحقق به أن لكل عدد الطول فضل مبدأين ليس ثابتا فاقتضى اختلاف عدد المدن عندهم بالواقع، إذن يجرى الخطأ في حساب موضوع علم الفلك كسمت القبلة وأوقات الصلوة وغيرها.

فاستحال علينا تحويل عدد الطول من جزائر الخالدات إلى الطول الجرينتشية الا باختيار النقطة المرجعية من أحد المدن أو باستخدام قيمة متوسطة فضل مبدأين. حقيقة التحويل نسعى فضل مبدأين ثابت ليتم إضافته إلى أي خط الطول جرينتش، والواقع لم يكن في فضل ثابت بين جزائر الخالدات وجرينتش، ولذا آخذنا فضل مبدأين في أحد المدن ثابتا يتمثل كل طول البلدان. فاخترنا أحد طول المدن مرجيعية (بم جك) لغيره، ثم نعادله إلى خط الطول جرينتش، فما حصل النقطة المرجعية (م جش) لطول المدن الآخر، ثم نطرح خط الطول الذي اخترناه أي النقطة المرجعية (بم جك) من خط الطول للمدن الأخر (م جك)، فحصل فضل بين طولين، ثم النقطة المرجعية (م جش) يطرح بما حصل من الطرح السابق (الفضل) إن كان خط الطول للمدن الأخر (م جك) أقصر من طول المدن مرجيعية (بم جك) ونزيده إن كان أكبر فما خرج عدد التحويل المطلوب ،لإيضاح صيغة التي كانت الماضية أن نرسمها على النحو التالي:

[12] محمد منصور، **سلم النيرين**،كادري: الفلاح فالوصا، بدون التاريخ، الجدول التاسع عشر.



رسم 4: التحويل طول من جزائر الخالدات إلى طول جرينتشية.

نختار بيت المقدس مرجيعية لغيره، إذ كان عدد طوله مستويا عند علماء المسلمين في العصور الوسطى، فيمكن عدد طوله بالممتحن. كل عدد طول المدن طرحناه بطول بيت مقدس، وعادلنا فضله بقيمة جرينتش كما سبق. ولم نلاحظ في معادلته عدد العرض لكل المدن، ففرضنا أن عدد العرض عندهم مساوي بعدد العرض الحديثية، وإن كان بعضه مختلف. أما حاصل التحويل لأطوال مذكورة فوضعنا في الجدول سيأتي، و رسمنا الحاصل في خريطة. وهو ما يلي:

أسمآء المدن	طول البلدان		فضل مبدأين	التحويل الى جرينش	الخطأ
	جزائر الخالدات	جرينتش			
طبرية	٦٨,١٣	٣٥,٥٢	٣٢,٦٢	٨٥,٣٦	٠١,٣٣
صور	٦٨,١٣	٣٥,٢٠	٣٢,٩٣	٣٦,٨٥	٠١,٦٥
صردا	٦٨,٥٨	٣٥,٢٠	٣٣,٣٨	٣٧,٣٠	٠٢,١٠
طرابلس لبنان	٦٩,٦٧	٣٥,٨٣	٣٣,٨٣	٣٨,٣٨	٠٢,٥٥
دمشق	٧٠,٠٨	٣٦,٢٧	٣٣,٨٢	٣٨,٨٠	٠٢,٥٣
بعلبك	٧٠,٧٥	٣٦,٢٠	٣٤,٥٥	٣٩,٤٧	٠٣,٢٧
حمص	٧٠,٧٥	٣٦,٧٠	٣٤,٠٥	٣٩,٤٧	٠٢,٧٧
أنطاكيا	٧١,٤٣	٣٦,١٥	٣٥,٢٨	٤٠,١٥	٠٤,٠٠
سرمين	٧١,١٢	٣٦,٧٢	٣٤,٤٠	٣٩,٨٣	٠٣,١٢
قنسرين	٧٢,١٣	٣٧,٠٠	٣٥,١٣	٤٠,٨٥	٠٣,٨٥

جدول 2: تحويل إقليم الشام لأولغ بك إلى الخط جرينتشية.

اتضح من العيّنة الماضية في الجدول أن أطوال البلدان عند أولغ بك لم يرتبط تماما بأطوال البلدان من جرينتش. وكان بعض المتأخرين الذين استخدمون جزائر الخالدات مبدأ الطول كصاحب سلم النيرين زعم أن فضل مبدأين ثابت. فإذا سلمنا معلومته لكان الخطأ في تحديد أطوال عند أولغ بك أكبر من التحويل السابق في منطقة الشام كدمشق للفضل الثابت بين المبدأين عند سلم النيرين أكبر من الثابت الذي أخذناه من النقطة المرجعية التي تقدم. وأما المنطقة الأخرى فيقتضي كذلك الا أن فضل مبدأين مساوي أو قارب ب36 جه 51 قه.

= طول المدن أولغ بك وكان مستنبطا من نقطة بيت المقدس

= طول المدن بالفعلي (الواقع)

رسم 5: مقارنة خط الطول من جزائر الخالدات عند أولغ بك مع خط الطول من جرينتش في إقليم الشام. النقطة المرجعية هو بيت المقدس.

دل الرسم إلى أن كل عدد طول المدن عند أولغ بك في منطقة الشام وقع في شرقي من الحقائق الفعلية، فدل إلى أن محيط الأرض عنده أصغر من الواقع. وفضل الطولين أكبر من هامش الخطإ ويصل 4 جه في منطقة أنطاكيا. وإن طبقنا التحويل في طول مكة المكرمة انحرف طولها بقدر 6 جه 2 قه من الحقائق الفعلية، فالفضل الذي حدث في أطوال أولغ بك يأثر في دقة حسابهم كسمت القبلة وغيره. وسبب الخطء فيه عوامل محتملة مخطئ في المقدار للمسافات والتحويل الخاطئ لقياس المسافة إلى الدرجات. **ويتحقق واحدا منها،وهو الخطء في قياس محيط الأرض**

لنا طريقة التحويل الأخر المناسب وهو باستخدام قيمة متوسطة فضلا ثابتا. ونحن في حاجة إلى الكثير من البيانات في تحديد القيمة المتوسطة، بحيث متوسط فضل مبدأين والخطإ العشوائي أدقة بكثير البيانات، فاخترنا 108 بيانات مختلفة من 252 بيانات عند أولغ بك. فقدر القيمة المتوسطة عند أولغ بك 33 جه 42 قه 59 بي. فالمثير للاهتمام أن الأطلس الحديثة لايدل إلى الجزر من الجزائر، بل إلى المحيط الأطلسي محضا، لكننا اختبرنا التحويل إلى أي خط فقط، إذ كان مسائل موقف جزائر الخالدات ليس موضوع البحث. وكان تفصيل التحويل فيما يلي:

م جش = م جك – ف – خ

م جك = م جش + ف + خ

التحويل = م جك – ف

معلومة الصيغة :

م جش = طول المدن عن جرينتش

م جك = طول المدن عن جزائر الخالدات

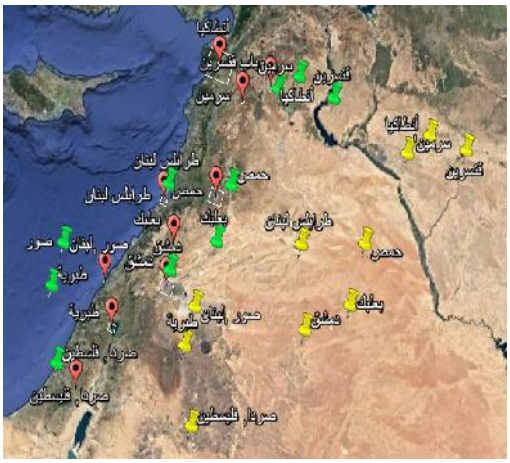
ف = متوسط من م جك – م جش

خ = عنصر الخطإ من متوسط م جك – م جش.

استنادا إلى الصيغة في الأعلا، يجب علينا مقدما بالضرورة الاكتشاف على القيمة متوسطة من كافة البيانات كلها، ويمكننا بها أن نحلل كمية الخطأ من أطوال المدن عند أولغ بك، فاختبرنا بيانات الأطوال الممكنات تحديدها في عصرنا ولكننا نقيم العينات السوابق في الكتابة، لاختصار ولتناسب مع النموذج السابق في تحويله. وكان حاصل التحويل من العينات نرسمه في الجدول وفي خريطة. وهو ما يلي:

أسمآء المدن	طول البلدان		فضل مبدأين (ف)	الخطإ العشوائي (خ)	التحويل
	جزائر الخالدات	جرينتش			
طبرية	٦٨,١٣	٣٥,٥٢	٣٢,٦٢	−١,١٠	٣٤,٤٢
صور	٦٨,١٣	٣٥,٢٠	٣٢,٩٣	−٠,٧٨	٣٤,٤٢
صردا	٦٨,٥٨	٣٥,٢٠	٣٣,٣٨	−٠,٣٣	٨٧,٣٤
طرابلس لبنان	٦٩,٦٧	٣٥,٨٣	٣٣,٨٣	٠,١٢	٣٥,٩٥
دمشق	٧٠,٠٨	٣٦,٢٧	٣٣,٨٢	٠,١٠	٣٦,٣٧
بعلبك	٧٠,٧٥	٣٦,٢٠	٣٤,٥٥	٠,٨٣	٣٧,٠٣
حمص	٧٠,٧٥	٣٦,٧٠	٣٤,٠٥	٠,٣٣	٣٧,٠٣
أنطاكيا	٧١,٤٣	٣٦,١٥	٣٥,٢٨	١,٥٧	٣٧,٧٢
سرمين	٧١,١٢	٣٦,٧٢	٣٤,٤٠	٠,٦٨	٣٧,٤٠
قنسرين	٧٢,١٣	٣٧,٠٠	٣٥,١٣	١,٤٢	٣٨,٤٢

جدول 2: تحويل إقليم الشام لأولغ بك إلى الخط جرينتشية.



= طول المدن بالفعلي (الواقع)

= طول المدن عند أولغ بك وكان مستنبطا من نقطة ست المقدس

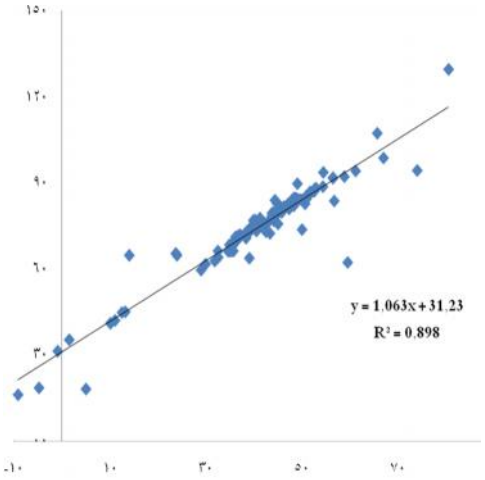
= طول المدن عند أولغ بك وكان مستنبطا من القيمة المتوسطة

رسم 6: مقارنة خط الطول من جزائر الخالدات عند أولغ بك مع خط الطول من جرينتش في إقليم الشام.

وكان مستنبطا من القيمة المتوسطة في فضل المبدأين اتضح من الخريطة السابقة أن تحويل طول المدن إلي خط طول جرينتش بالقيمة المتوسطة من فضل المبدأين أدقق من التحويل باستخدام نقطة المرجعية بيت المقدس. والخطأ فيه نحو درجة. فطول المدن عند أولغ بك أدقق في أوانه.

الارتباط والمقارنة بين البيانات أولغ بك والبيانات الحديثة عن طريق تحليل الانحدار (*regression analysis*) فبتحليلها موضح البيانات الطولية المردودة ومصور معادلة جديدة لتحويل البيانات الطولية أولغ بك إلى البيانات الحديثة، والانحدار ن بياناتهما (أولغ بك والحديثة) محدد بالمعادلات الخطية. إذا حللنا مقارنة بين بيانات الطولية عند أولغ بك والحديثة بالمعادلات الخطية

حصل لنا الانحدار والإرتباط (r) بينهما، فإن كان العدد (r) هو صفر، لا توجد الارتباط بين x وy. وإن كان ما بين 0 و1، كان الارتباط بين x وy، لكنه لم يكمل تماما .وإن كان +1 أو−1 لكان المتغيران مترابطة.



رسم 7:خط طول أولغ بك (المحور العمودي) مقابل خط طول جرينتش بالفعلي (المحور الأفقي) لعاصمة وثمانية مدن من العينة المختارة. وانظر أيضا الملحق السادس

دلت التصميمات إلى أن البيانات الطولية عند أولغ بك لايناسب ولا يقارب الواقع الا منطقة عراق وفارسيي وخوارزم. ولخط الانحدار معادلة y=1,063x+31,23 . فدلت إلى أن موقف مبدإ الطول عند أولغ بك عن غربي جرينتش بقدر 31,23 وأما 1,063 فالانحدار بين طول الكاشي والطول الجرينتشية. وقيمة R^2 بعيدة من 1 فتظهر بوضوح أن عدد الطول عند أولغ بك بطريقة خطية كان أدقة في أوانه، وأن الارتباط طول أولغ بك مع طول الحديثة لم يرتبط تماما. وبناء على المعادلة التي كانت السابقة يمكننا وضع عدد طول المدن عند أولغ بك معيدا بالصيغة التالية ونسمها ب"صيغة الانحدار". إعادة حساب الطول = (طول أولغ بك − 1,063/(31,23.

د. خاتمة

معظم عدد الأطوال في زيج أولغ بك تختلف الواقع، ولم يرتبط تماما بأطوال البلدان من جرينتش، **ويكون بسبب** عدة **عوامل متنوعة محتمالة**، ومن عوامل محتملة مخطئ في المقدار للمسافات والتحويل الخاطئ لقياس المسافة إلى الدرجات، **ويتحقق واحدا منها، وهو الخطء في قياس محيط الأرض**. نتائج البحث لدينا يمكن تفصيلها وتصحيحها والمنازع عليها, والمقصود من هذا البحث هو دعوة لمزيد من المناقشة خط الطول في العصور الوسطى. وكان نتائجنا لا تدحض حال الفرضية التي كانت بمثابة نقطة انطلاق لبحثنا، ولكنها غير كافية لتفسير تشوه خط الطول في زيج أولغ بك على وجه الخصوص. وآمل أن تصبح هذه المقالة خطوة صغيرة في فهم زيج أولغ بك، حيث خط طوله.

أسمآء المدن	طول البلدان		فضـــل الطـــولين	التحويل		
	جزائر الخالدات	جرينتش		نقطة مرجعية بيت المقدس	قيمة متوسطة	صيغة الانحدار
السوس الأقصى	٣٥,٥٠	٠٨,٥٨	٢٦,٩٢	٠٤,٢٢	٠١,٧٨	٠٤,٠٢
فاس	١٨,١٣	٥	١٣,١٣	−١٣,١٥	−١٥,٥٨	−١٢,٣٢
تاهرت	٣٥,٥٠	٠١,٥٢	٣٣,٩٨	٠٤,٢٢	٠١,٧٨	٠٤,٠٢
قرطبة	٣٨,٤٣	−٤,٧٨	٣٣,٦٥	٠٧,١٥	٠٤,٧٢	٠٦,٧٨
القيروان	٤١,٠٨	٠٨,١٠	٣١,٠٠	٠٩,٨٠	٠٧,٣٧	٠٩,٢٧
مهدية	٤٢,١٣	١١,٠٥	٣١,٠٨	١٠,٨٥	٠٨,٤٢	١٠,٢٦
طرابلس المغرب	٤٥,١٣	١٣,١٨	٣١,٩٥	١٣,٨٥	١١,٤٢	١٣,٠٨
إسكندرية	٦١,٩٠	٢٩,٩٢	٣١,٩٨	٣٠,٦٢	٢٨,١٨	٢٨,٨٥
دمياط	٥٨,٥٠	٣١,٨٢	٢٦,٦٨	٢٧,٢٢	٢٤,٧٨	٢٥,٦٥
قلزم (السويس)	٦٤,١٣	٣٢,٥٥	٣١,٥٨	٣٢,٨٥	٣٠,٤٢	٣٠,٩٥
زبيد	٧٤,١٧	٤٣,٣٢	٣٠,٨٥	٤٢,٨٨	٤٠,٤٥	٣٩,٤٠
مدينة المنورة	٧٥,٣٣	٣٩,٥٧	٣٥,٧٧	٤٤,٠٥	٤١,٦٢	٤١,٤٩
عدن	٧٦,١٣	٤٥,٠٠	٣١,١٣	٤٤,٨٥	٤٢,٤٢	٤٢,٢٤
صنعاء	٧٧,١٣	٤٤,١٨	٣٢,٩٥	٤٥,٨٥	٤٣,٤٢	٤٣,١٨
مكة الكرمة	٧٧,١٧	٣٩,٨٥	٣٧,٣٢	٤٥,٨٨	٤٣,٤٥	٤٣,٢١
طائف	٧٧,٥٠	٤٠,٥٠	٣٧,٠٠	٤٦,٢٢	٤٣,٧٨	٤٣,٥٣
صحار	٨٤,١٣	٥٦,٧٠	٢٧,٤٣	٥٢,٨٥	٥٠,٤٢	٤٩,٧٧
يمامة	٧٢,٥٠	٤٧,٣٠	٢٥,٢٠	٤١,٢٢	٣٨,٧٨	٣٨,٨٢
قطيف	٧٤,١٣	٥٠,٠٠	٢٤,١٣	٤٢,٨٥	٤٠,٤٢	٤٠,٣٦
هجر	٧٠,١٣	٥٠,٦٣	١٩,٥٠	٣٨,٨٥	٣٦,٤٢	٣٦,٦٠
بيت المقدس	٦٦,٥٠	٣٥,٢٢	٣١,٢٨	٣٥,٢٢	٣٢,٧٨	٣٣,١٨
عسقلان فلسطين	٦٦,٥٠	٣٤,٥٧	٣١,٩٣	٣٥,٢٢	٣٢,٧٨	٣٣,١٨
قيسارية	٦٦,٥٠	٣٥,٦٨	٣٠,٨٢	٣٥,٢٢	٣٢,٧٨	٣٣,١٨
رملة فلسطين	٦٦,٨٣	٣٤,٨٧	٣١,٩٧	٣٥,٥٥	٣٣,١٢	٣٣,٤٩
طبرية	٦٨,١٣	٣٥,٥٢	٣٢,٦٢	٣٦,٨٥	٣٤,٤٢	٣٤,٧٢

صور	٦٨,٥٠	٣٥,٢٠	٣٣,٣٠	٣٧,٢٢	٣٤,٧٨	٣٥,٠٦
صردا	٦٨,٥٨	٣٥,٢٠	٣٣,٣٨	٣٧,٣٠	٣٤,٨٧	٣٥,١٤
طرابلس لبنان	٦٩,٦٧	٣٥,٨٣	٣٣,٨٣	٣٨,٣٨	٣٥,٩٥	٣٦,١٦
دمشق	٧٠,٠٨	٣٦,٢٧	٣٣,٨٢	٣٨,٨٠	٣٦,٣٧	٣٦,٥٥
بعلبك	٧٠,٧٥	٣٦,٢٠	٣٤,٥٥	٣٩,٤٧	٣٧,٠٣	٣٧,١٨
حمص	٧٠,٧٥	٣٦,٧٠	٣٤,٠٥	٣٩,٤٧	٣٧,٠٣	٣٧,١٨
أنطاكيا	٧١,٤٣	٣٦,١٥	٣٥,٢٨	٤٠,١٥	٣٧,٧٢	٣٧,٨٢
سرمين	٧١,١٢	٣٦,٧٢	٣٤,٤٠	٣٩,٨٣	٣٧,٤٠	٣٧,٥٢
قنسرين	٧٢,١٣	٣٧,٠٠	٣٥,١٣	٤٠,٨٥	٤٢,٣٨	٣٨,٤٨
حلب	٧٢,١٧	٣٧,١٣	٣٥,٠٣	٤٠,٨٨	٣٨,٤٥	٣٨,٥١
طرسوس	٦٨,٨٣	٣٤,٨٨	٣٣,٩٥	٣٧,٥٥	٣٥,١٢	٣٥,٣٧
مصيصة	٤٩,٩٢	٣٥,٦٢	١٤,٣٠	١٨,٦٣	١٦,٢٠	١٧,٥٨
ملطية	٧١,١٣	٣٨,٣٣	٣٢,٨٠	٣٩,٨٥	٣٧,٤٢	٣٧,٥٤
صقيلية	٦٥,١٣	١٤,٠٢	٥١,١٢	٣٣,٨٥	٣١,٤٢	٣١,٨٩
رمية كبرى	٣٥,٤٥	١٢,٥٠	٢٢,٩٥	٠٤,١٧	٠١,٧٣	٠٣,٩٧
قسطنطنية	٥٩,٨٣	٢٨,٩٧	٣٠,٨٧	٢٨,٥٥	٢٦,١٢	٢٦,٩١
أثينة	٦٥,٦٧	٢٣,٧٢	٤١,٩٥	٣٤,٣٨	٣١,٩٥	٣٢,٤٠
ماقندونيا	٦٠,١٣	٢٣,٩٥	٣٦,١٨	٢٨,٨٥	٢٦,٤٢	٢٧,١٩
عمورية	٦٤,١٣	٣٩,٠٢	٢٥,١٢	٣٢,٨٥	٣٠,٤٢	٣٠,٩٥
إرزالروم (أرضروم)	٧٧,١٣	٤١,٢٥	٣٥,٨٨	٤٥,٨٥	٤٣,٤٢	٤٣,١٨
سيواس	٧١,٦٧	٣٧,٠٠	٣٤,٦٧	٤٠,٣٨	٣٧,٩٥	٣٨,٠٤
سميساط	٧٢,٥٨	٣٨,٤٥	٣٤,١٣	٤١,٣٠	٣٨,٨٧	٣٨,٩٠
قاليقلا	٧٨,٤٢	٤٢,٤٨	٣٥,٩٣	٤٧,١٣	٤٤,٧٠	٤٤,٣٩
قوينة	٦٦,٥٠	٣٢,٤٨	٣٤,٠٢	٣٥,٢٢	٣٢,٧٨	٣٣,١٨
حران	٧٨,١٣	٣٩,٠٢	٣٩,١٢	٤٦,٨٥	٤٤,٤٢	٤٤,١٢
الرقة	٧٨,٠٨	٣٩,٠٠	٣٩,٠٨	٤٦,٨٠	٤٤,٣٧	٤٤,٠٨
رأس العين	٧٤,١٣	٤٠,٠٧	٣٤,٠٧	٤٢,٨٥	٤٠,٤٢	٤٠,٣٦
ماردين	٧٤,١٣	٤٠,٧٣	٣٣,٤٠	٤٢,٨٥	٤٠,٤٢	٤٠,٣٦
قرقيشيا	٧٤,٦٧	٤٠,٤٢	٣٤,٢٥	٤٣,٣٨	٤٠,٩٥	٤٠,٨٦
نصيبين	٧٥,٣٣	٤١,٢٠	٣٤,١٣	٤٤,٠٥	٤١,٦٢	٤١,٤٩

عانة	٧٦,٥٠	٤١,٩٨	٣٤,٥٢	٤٥,٢٢	٤٢,٧٨	٤٢,٥٩
موصل	٧٧,١٣	٤٣,١٥	٣٣,٩٨	٤٥,٨٥	٤٣,٤٢	٤٣,١٨
أربيل	٧٧,٣٣	٤٤,٠٠	٣٣,٣٣	٤٦,٠٥	٤٣,٦٢	٤٣,٣٧
تكريت	٧٨,٣٣	٤٣,٦٥	٣٤,٦٨	٤٧,٠٥	٤٤,٦٢	٤٤,٣١
آمد (ديار بكر)	٧٨,٦٧	٤٠,٢٠	٣٨,٤٧	٤٧,٣٨	٤٤,٩٥	٤٤,٦٣
أخلاط	٧٥,٨٣	٤٢,٤٨	٣٣,٣٥	٤٤,٥٥	٤٢,١٢	٤١,٩٦
أنب	٧٩,١٣	٤٣,٧٠	٣٥,٤٣	٤٧,٨٥	٤٥,٤٢	٤٥,٠٦
سلماس	٧٩,٠٨	٤٤,٧٧	٣٤,٣٢	٤٧,٨٠	٤٥,٣٧	٠٢,٤٥
خوى	٧٩,٦٧	٤٣,٧٢	٣٥,٩٥	٤٨,٣٨	٤٥,٩٥	٤٥,٥٧
مرند	٨٠,٧٥	٤٥,٧٥	٣٥,٠٠	٤٩,٤٧	٤٧,٠٣	٤٦,٥٩
نحجوان	٨١,٥٨	٤٥,٤٠	٣٦,١٨	٥٠,٣٠	٤٧,٨٧	٤٧,٣٧
مراغة	٨٢,١٣	٤٦,٢٥	٣٥,٨٨	٥٠,٨٥	٤٨,٤٢	٤٧,٨٩
تبريز	٨٢,١٣	٤٦,٢٨	٣٥,٨٥	٥٠,٨٥	٤٨,٤٢	٤٧,٨٩
أردبيل	٨٢,٥٠	٤٨,٢٨	٣٤,٢٢	٥١,٢٢	٤٨,٧٨	٢٣,٤٨
بردعة	٨٨,١٣	٤٧,١٢	٤١,٠٢	٥٦,٨٥	٥٤,٤٢	٥٣,٥٣
تفليس (تبليس)	٨٨,١٣	٤٤,٨٢	٤٣,٣٢	٥٦,٨٥	٥٤,٤٢	٥٣,٥٣
باكو	٨٤,٥٠	٤٩,٧٧	٣٤,٧٣	٥٣,٢٢	٥٠,٧٨	٥٠,١١
شماخي	٨٤,٥٠	٤٨,٦٣	٣٥,٨٧	٥٣,٢٢	٥٠,٧٨	٥٠,١١
باب الأبواب	٨٥,١٣	٤٨,٢٨	٣٦,٨٥	٥٣,٨٥	٥١,٤٢	٥٠,٧١
بلغار	٩٠,١٣	٤٩,٠٣	٤١,١٠	٥٨,٨٥	٥٦,٤٢	٥٥,٤١
كوفة	٧٩,٥٠	٤٤,٣٧	٣٥,١٣	٤٨,٢٢	٤٥,٧٨	٤٥,٤١
مداين (مدائن)	٧٢,١٣	٤٤,٥٨	٢٧,٥٥	٤٠,٨٥	٣٨,٤٢	٣٨,٤٨
واسط	٨١,٥٠	٤٥,٧٥	٣٥,٧٥	٥٠,٢٢	٤٧,٧٨	٤٧,٢٩
بغداد	٨٠,١٣	٤٤,٣٥	٣٥,٧٨	٤٨,٨٥	٤٦,٤٢	٤٦,٠١
بصرة	٨٤,١٣	٤٧,٨٠	٣٣,٣٦	٥٢,٨٥	٥٠,٤٢	٤٩,٧٧
أبلة	٨٤,١٣	٤٧,٧٧	٣٦,٣٧	٥٢,٨٥	٥٠,٤٢	٤٩,٧٧
عبادان	٨٤,٥٠	٤٨,٢٨	٣٦,٢٢	٥٣,٢٢	٥٠,٧٨	٥٠,١١
ستر (تُستَر)	٨٤,٥٠	٤٨,٨٥	٣٥,٦٥	٥٣,٢٢	٥٠,٧٨	٥٠,١١
أهواز	٨٥,٠٨	٤٨,٦٧	٣٦,٤٢	٥٣,٨٠	٥١,٣٧	٥٠,٦٦
أرجان (بهبهان)	٨٦,٠٨	٥٠,٢٣	٣٥,٨٥	٥٤,٨٠	٥٢,٣٧	٥١,٦٠

كازرون	٨٧,١٣	٥١,٦٥	٣٥,٤٨	٥٥,٨٥	٥٣,٤٢	٥٩,٥٢
فيروز ابد	٨٧,٥٠	٥٢,٥٧	٣٤,٩٣	٥٦,٢٢	٥٣,٧٨	٥٢,٩٤
إصطخر	٨٨,٥٠	٥٢,٩٠	٣٥,٦٠	٥٧,٢٢	٥٤,٧٨	٥٣,٨٨
يزد	٨٩,١٣	٥٤,٣٥	٣٤,٧٨	٥٧,٨٥	٥٥,٤٢	٥٤,٤٧
نهر حلوان	٨٢,٥٠	٤٥,٣٥	٣٧,١٥	٥١,٢٢	٤٨,٧٨	٤٨,٢٣
زنكان (زنجان)	٨٨,٦٧	٤٨,٤٧	٤٠,٢٠	٥٧,٣٨	٥٤,٩٥	٥٤,٠٣
أبهار	٨٤,٥٠	٤٩,٢٣	٣٥,٢٧	٥٣,٢٢	٥٠,٧٨	٥٠,١١
همدان	٨٨,١٣	٤٨,٥٠	٣٩,٦٣	٥٦,٨٥	٥٤,٤٢	٥٣,٥٣
كرج	٨٤,٧٥	٥٠,٩٣	٣٣,٨٢	٥٣,٤٧	٥١,٠٣	٥٠,٣٥
قم	٨٥,٦٧	٥٠,٨٧	٣٤,٨٠	٥٤,٣٨	٥١,٩٥	٥١,٢١
ري	٨٦,٣٣	٥١,٤٥	٣٤,٨٨	٥٥,٠٥	٥٢,٦٢	٥١,٨٤
إصفهان	٨٦,٦٧	٥١,٦٧	٣٥,٠٠	٥٥,٣٨	٥٢,٩٥	٥٢,١٥
طوس	٦٢,٥٠	٥٩,٥٠	٠٣,٠٠	٣١,٢٢	٢٨,٧٨	٢٩,٤٢
آمل	٨٨,٣٣	٥٢,٣٥	٣٥,٩٨	٥٧,٠٥	٥٤,٦٢	٥٣,٧٢
سرخس	٩٤,٥٠	٦١,١٥	٣٣,٣٥	٦٣,٢٢	٦٠,٧٨	٥٩,٥٢
جرجان	٩٠,١٣	٥٤,٤٣	٣٥,٧٠	٥٨,٨٥	٥٦,٤٢	٥٥,٤١
مروالرود (رود مُرغاب)	٩٧,١٣	٧٣,٩٨	٢٣,١٥	٦٥,٨٥	٦٣,٤٢	٦٢,٠٠
سرندب	١٣٠,١٣	٨٠,٥٢	٤٩,٦٢	٩٨,٨٥	٩٦,٤٢	٩٣,٠٤
سمرقند	٩٩,٦٠	٦٦,٩٧	٣٢,٦٣	٦٨,٣٢	٦٥,٨٨	٦٤,٣٢
قندهار	١٠٧,٦٧	٦٥,٧٣	٤١,٩٣	٧٦,٣٨	٧٣,٩٥	٧١,٩١
نيشابور	٩٢,٣٥	٥٨,٨٠	٣٣,٥٥	٦١,٠٧	٥٨,٦٣	٥٧,٥٠
شيراز	٨٨,١٣	٥٢,٥٨	٣٥,٥٥	٥٦,٨٥	٥٤,٤٢	٥٣,٥٣
هرموز	٩٤,١٣	٥٦,٤٥	٣٧,٦٨	٦٢,٨٥	٦٠,٤٢	٥٩,١٨

مراجع

أبو الريحان البيروني، **قانون المسعودي، ج. الثاني،** الهند: دائرة المعارف العسمانية، 1955

أولغ بك, **زيج الغ بك لرفاعي (تعريب: يحي الرفاعي)، المخطوطة**. https://dl.wdl.org/3951/service/3951.pdf

خليفة النبهاني، **ثمرة الوسيلة**، مصرى: دار الكتب المصرية، بدون التاريخ.

سنيُور كرلونلّينو، **علم الفلك تاريخه عند العرب في الفرون الوسطى**، بيرووت: ذو القثرقية، 1991.

شاكر خصبك، الجغرافية عند العرب، بيروت: المؤسسة العربية، 1986، الطبعة الأولى

علي عبد الله, رواد علم الفلك في الحضارة العربية و الإسلامية, **الرياض**: **التوبة**, **الطبعة الثانية**, **1993**.

محمد منصور، **سلم النيرين**،كادري: الفلاح فالوصا، بدون التاريخ.

Edward S. Kennedy, *Mathematical Geography*, in Encylopedia of The History of Arabic Scince, Vol. I (Editet: Rashed, Roshidi and Morelon, Règis), (London: Routledge، 1996)

E. S. Kennedy and M. H. Regier, *"Prime Meridians In Medieval Islamic Astronomy*, Vitas in Astronomy، vol. 28، No 1 (1985) accessed 1 March 2017,doi: 10.1016/0083-6656(85)90005-4.

Nazir, Moh, *Metode Penelitian*، Jakarta: Ghalia Indonesia، 1988.

Suharsimi Arikunto، *Prosedur Penelitian*, Jakarta: Rineka Cipta, 2013.