ابو الريحان البيروني ودوره في الجغرافيا والفلك

أ.د. عباس فاضل السعدي
مركز احياء التراث العلمي العربي/ جامعة بغداد

تمهيد

اختلفت الآراء حول مكان وزمان ولادة البيروني فمنهم من يرى انه ولد في بلدة (بيرون) احدى ضواحي مدينة (كاث) عاصمة الدولة الخوارزمية، حيث توجد في موضعها حالياً بلدة صغيرة تابعة لجمهورية اوزبكستان[١]. ويرى اخرون ان مكان ولادته هي مدينة (قاص) من خوارزم، وهي حالياً (شاه عباس دلي)[٢]. وقد وهم " ابن ابي اصيبعة " حين اشار الى وقوع (بيرون) في السند[٣]، وتابعه في ذلك الاستاذ احمد امين[٤]. والواقع لا وجود لمدينة بالاسم المذكور في السند.

والراجح انه ولد في (خيوة) احدى ضواحي خوارزم في الثاني من ذي الحجة عام ٣٦٢هـ/٤ايلول ٩٧٣م[٥]، والبيروني تعني بالفارسية البراني او الضاحية اي خارج المدينة. وتوفي في الثاني من رجب عام ٤٤٠ هـ / ١٠٤٨م.

يرى البعض انه كان ينتمي الى العرق الفارسي لكنه كان عربي الثقافة ولا يدين بالولاء الا لعروبته. قال "ماسينيون" ان البيروني فهم " الدور العالمي للغة العربية بوضعها – بين اللغات السامية – اهم لغة حضارة وتكمن قيمتها في توحيد المتكلمين بها"[٦].

ويرى آخرون انه لم يكن فارسياً وانما كان تركياً في الارجح ثم تعلم العربية والفارسية[٧]. وعلى اية حال فإن لغته الوطنية كانت الخوارزمية[٨]، وكان من سكان (خيوة)، وهي واحة نائية تقع في اسيا الوسطى. وفي ايام البيروني كانت اللغة الفارسية لا تزال هي السائدة فيها وقد تخلت عن مكانتها ابتداء من القرن الثامن الهجري / الرابع عشر الميلادي الى اللهجات التركية[٩].

وقد تعلم البيروني تعلماً جيداً، دعمته اسفاره العديدة وتجواله وتعطشه الشديد الى المعرفة الذي الهب مشاعره منذ سن مبكرة. وكان يتردد الى عالم يوناني عاش بخوارزم حاملاً معه انواع النباتات والبذور يسأله عن اسمائها اليونانية[١٠]. حفظ البيروني القرآن الكريم ودرس الفقه والحديث الشريف، وفي بيرون خالط التجار الهنود واليونانيين وغيرهم[١١].

وقد عاش حياة مضطربة تنقل خلالها بين مناطق مختلفة من اسيا الوسطى في كل من تركستان وافغانستان وايران والهند[١٢].

وبالإضافة الى الحياة العلمية التي انصرف اليها البيروني في شبابه، فإنه اشترك في الحياة السياسية في خوارزم وانضم الى انصار (خوارزمشاه ابي العباس). ولما اغتيل الامير نتيجة لنضاله ضد العائلة الملكية، اضطر البيروني الى مغادرة وطنه وهو في سن العشرين متوجهاً الى جرجان في الجنوب الشرقي لبحر قزوين حيث اقام فيها نحو من ١٥ عاماً في ظل السلطان ابو الحسن قابوس ين شمس المعالي[١٣]. عاد الى وطنه خوارزم سنة ٤٠٠ هـ / ١٠٠٩ م[١٤]. وتمكن من زيارة مسقط رأسه مرة ثانية سنة ٤٢٦ هـ / ١٠٣٤م[١٥].

وفي جرجان عاصمة الدولة الخوارزمية لقي البيروني التقدير من امير البلاد ابو العباس مأمون بن مأمون فأتيحت له الفرصة لان يجتمع بكبار العلماء مثل ابن سينا[١٦]. وبعد ان قتل ابو العباس مأمون سنة ٤٠٧ هـ / ١٠١٦ م استغل صهره محمود الغزنوي هذا الظرف فاحتل الدولة الخوارزمية، وبضمنها خيوة، بحجة الانتقام من القتلة وجعل "غزنة" عاصمة لمملكته. وكان البيروني من جملة الاسرى واتهمه السلطان الجديد بالكفر والزندقة وسجنه ولقي في سجنه بغزنة عنتاً شديداً وحددت اقامته، وفي مرحلة لاحقة عفا عنه.

وقد رافق البيروني السلطان محمود الغزنوي في معظم حملاته على الهند[*] التي استمرت الى عام ٤١٥هـ/ ١٠٢٤م[١٧]، وشهد معه ثلاث عشر غزوة وطالت اقامته في غزنة مع السلطان محمود وحلفائه. وقد خلفه ابنه مسعود

(٤٢١ هـ/١٠٣٠م–٤٣٢هـ/١٠٤٠م) فقرب البيروني منه للاستفادة منه[١٨]. وكانت اقامته في غزنة من العوامل التي ساعدت على القيام بعدة رحلات علمية الى الهند[١٩]. وقد تمخضت تلك الرحلات عن تأليف كتاب عن (الهند) الذي ضم قسمه الاول ٨٠ فصلاً تناولت الفصول (من ١٨–٣١) مواضيع في الجغرافة الوصفية والرياضية والاخبارية[٢٠].

وترك في كتابه وصفاً غزيراً عن الهند مستنداً على دراسته للمصادر الهندية، اذ تعلم اللغة السنسكريتية، وعلى ابحاثه الميدانية[٢١]. وفي غزنة كتب مؤلفه عن الجغرافة الرياضية والمعروف بإسم "القانون المسعودي" الذي عرض فيه المواقع الفلكية لكل بلدان العالم المعروف. اما بالنسبة لبلدان الشرق الاقصى فقد استقى المعلومات عنها من (سفارة خيطاي) Khitay التي زارت غزنة، وهي اسرة ملوكية اصلها من منشورها الحالية. وعرفت تلك السفارة على اثر اكتشاف كتاب (طبائع الحيوان) في لندن والذي تشتمل مقدمته على عدد من التفاصيل المفيدة عن اسيا الوسطى والهند والصين[٢٢].

ابداع البيروني في اللغات

ومن مظاهر ذكائه اتقانه عدة لغات كالسريانية والخوارزمية والفارسية والعبرية والسنسكريتية بالإضافة الى العربية، كما كان يعرف لغات اخرى كاليونانية والتركية[٢٣]. واخذ ينقل من السنسكريتية الى العربية وبالعكس.

اهتمامه بالفلسفة

درس البيروني الفلسفة اليونانية بالهند، وكانت بينه وبين ابن سينا مراسلات وموازنات قيمة بين المذاهب الفلسفية والصوفية عند المسلمين والهنود والمسيحيين. وقد اظهر وجود التوافق بين الفلسفة الفيثاغورية والدفلاطونية والحكمة الهندية والمذاهب الصوفية. واشاد بالفلسفة اليونانية، اذ لاحظ ان بلاد الهند لم تنجب فيلسوفاً مثل سقراط. ورأى ان العالم اليقيني يحصل من احساسات مختلفة يؤلف بينها العقل تأليفاً منطقياً، وان الحياة تقضينا فلسفة عملية تميز بها العدو من الصديق. وكان له الفضل الاكبر في تغيير المفهوم الاغريقي الاستاتيكي للكون الى المفهوم الاسلامي الديناميكي.

مؤلفاته

اختلفت التقديرات حول عدد مؤلفات البيروني فمنهم من عدها بمئة مؤلف، ومنهم من اوصلها الى ١٨٣ مؤلفاً، ضاع الكثير منها ولم يبق الا القليل منها. واقدم مخطوط له يرجع الى عام ٤٤٧ هـ / ١٠٥٦ م، اي انه معاصر لحياة البيروني.

غير ان التنقيب عن مؤلفاته في مكتبات العالم اظهر وجود (١٩٠) كتاباً. ومن الكتب الجديدة (غرة الزيجات) الذي ترجمه عن السنسكريتية واضاف اليه من الامثلة للشرح والتدليل والتطبيق، وتوجد نسخة منه في مكتبة محمد شاه بأحمد آباد الدكن في الهند[٢٤].

وفيما يأتي ابرز مؤلفاته:

الاثار الباقية عن القرون الخالية

وهو اول كتاب وضعه عندما كان في بلاط جرجان واهداه الى اميرها قابوس سنة ٣٩٠ هـ (١٠٠٠م)[٢٥]، وهو يبحث عن التقاويم والشهور عند مختلف الامم. ويتخلل ذلك بحوث رياضية وطبيعية وفلكية عديدة. كما يحوي معلومات تاريخية عن ملوك اشور وبابل والكلدان والقبط والروم واليونان. وعُنيَ " سخاو " بنشر نص هذا الكتاب وطبعه في (ليبزك) عام ١٨٧٨ م، كما ترجمه الى الانكليزية ونشره في لندن سنة ١٨٧٩ م[٢٦].

القانون المسعودي

مصنف ضخم يحتوي على ١٤٣ باباً في ١١ مقالة وقسم كل مقالة الى ابواب وكل باب الى فصول. الفه في غزنة واهداه الى سلطانها مسعود بن محمود سنة ٤٢١ هـ، فمنحه السلطان اموالاً طائلة ولكنه ردها الى الخزينة بحجة انه انما يخدم العلم للعلم، لا للمال[٢٧]. والكتاب يبحث في علم الفلك والهندسة والجغرافيا. وعندما يتناول المسائل الهندسية

والحسابية يورد الرسوم والاشكال المناسبة للبحث. طبعته مطبعة دائرة المعارف العثمانية بحيدر اباد الدكن بالهند في ثلاث اجزاء : الاول سنة ١٩٥٤، والثاني ١٩٥٥، والثالث ١٩٥٦[٢٨]. اعتنى بطبعه المستشرق الالماني كراوزة.

وفي المقالة الثانية من الكتاب يشرح البيروني تقاويم الامم التي مرت قبله، فهو يتحدث عن تواريخ الهنود والفرس والمكدونيون والروم والمجوس ويشرح التغييرات التي حصلت في كل طريقة من طرق التاريخ هذه[٢٩].

تحقيق ما للهند من مقولة في العقل او مرذولة

يحتوي هذا الكتاب على (٨٠) باباً، تناول فيه احوال الهند واعيادها وتقويمها وقوانينها وسكانها. وذكر معتقداتهم بالله والموجودات العقلية والحسية وغيرها[٣٠]. نشره (سخاو) في لندن سنة ١٨٨٧ م. وترجمه الى الانكليزية في جزئين سنة ١٨٨٨ م. طبع طبعة جديدة في لندن سنة ١٩١٠ م[٣١]. كما طبعته مطبعة مجلة دائرة المعارف العثمانية بحيدر اباد الدكن سنة ١٩٥٧ عن نسخة قديمة محفوظة في المكتبة الاهلية بباريس.

التفهيم لأوائل صناعة التنجيم

الفه في غزنة، بالعربية والفارسية، سنة ٤٢٠ هـ / ١٠٢٩ م وقبل سنة ٤٢٥ هـ على طريقة السؤال والجواب في الفلك والرياضيات، وقدمه لريحانه بنت الحسن الخوارزمي، نشره (رامزاي رايت)[٣٢]، مع ترجمة انكليزية في سنة ١٩٣٤ م عن مخطوطة محفوظة في المتحف البريطاني. وهناك نسخة خطية موجودة في تطوان عن اسرة المرحوم الحاج عبد السلام بن العربي[٣٣].

الصيدنة

وهو اخر مؤلفات البيروني، ترجمه في الهند الى اللغة ا لفارسية ابو بكر بن عثمان الاصغر الكاساني في عام ٦٠٧هـ/١٢١١م[٣٤]. استقصى فيه معرفة ماهيات الادوية واسمائها واختلاف اراء المتقدمين وما تكلم كل واحد من الاطباء وغيرهم فيه. وقد رتبه على حروف المعجم، نشره مع ترجمة مقدمته في برلين عام ١٩٣٢ م (ماكس مايرهوف) وقام بتحقيقه المستشرق السوفيتي الكيميائي عبد الله كاديموف من كلية الدراسات الشرقية بجامعة البيروني بطشقند، وقد اطلق عليها الروس اسم "البيروني" تمجيداً له[٣٥].

الجماهر في معرفة الجواهر

الفه البيروني واهداه للملك مودود بن مسعود المتوفى سنة ٤٤٠هـ/١٠٤٨م[٣٦]، ويبحث الكتاب في علم الجيولوجيا والمعادن والاحجار الكريمة، قام بتحقيقه المستشرق السوفيتي (كرمكوف)[٣٧]. كما طبعته جمعية المعارف العثمانية بحيدر اباد الدكن سنة ١٣٥٥هـ/١٩٣٦م، وفي هذا الكتاب يعرض البيروني اجتماع علماء السلف على ان الزمرد يسيل عيون الافاعي ولكنه اثبت خلاف ذلك، اذ زادها حدة[٣٨].

تحديد نهايات الاماكن لتصحيح مسافات المساكن

يحوي هذا الكتاب على معلومات دقيقة في علم الجيولوجيا، توجد منه نسخة مكتوبة بخط المؤلف في مكتبة استانبول، ويعود تاريخها الى سنة ٤١٦ هـ. وقد نشر (زكي وليدي) بعض اقسام هذا الكتاب في مجلة مسح الاثار القديمة الهندية (مذكرة رقم ٩٣، ص٥٨ وما بعدها) وطبع النص الكامل سنة ١٩٦٢ في انقرة بتحقيق محمد بن تاويت الطنجي، وتقع هذه الطبعة في ٢٩٤ صفحة وقام المستشرق السوفيتي (د. بوكاكوف) بتحقيقه[٣٩].

الفلسفة الهندية

ذكر فيه احوال الهند، واعتقادهم في الله وفي الموجودات العقلية والحسية، وفي سبب الفعل وتعلق النفس بالمادة وغير ذلك من الامور الفلسفية. راجعه وقدم له الدكتور عبد الحليم محمود، وعثمان عبد المنعم يوسف، طبع بالقاهرة بمطبعة احمد علي مخيمر.

استخراج الاوتار في الدائرة

صنفها البيروني في رجب سنة ٤١٨ هـ، وتعود كتابة النسخة الموجودة في حيدر اباد الدكن الى اخر ذي القعدة سنة ٦٣١ هـ، حققها احمد سعيد الدمرداش وطبعت بالقاهرة. وهي مسائل هندسية ادخل البيروني فيها طريقته التي ابتكرها في حل بعض الاعمار.

رسائل البيروني

طبعت بمطبعة دائرة المعارف العثمانية بحيدر اباد الدكن سنة ١٩٤٨، وتتكون من اربع رسائل في الرياضيات وعلى الاخص الهندسة.

تاريخ الهند

طبع اصل الكتاب في لندن سنة ١٨٨٧، وترجمه "سخاو" الى الانكليزية سنة ١٨٨٨. وفيه تناول البيروني لغة اهل الهند وعاداتهم وعلومهم. واعتمد عليه "سمث" وغيره في بحوثهم في رياضيات الهند والعرب[٤٠].

كتاب مقاليد علم الهيئة وما يحدث في بسيطة الكرة

بحث البيروني في هذا الكتاب شكل الظل واعترف فيه بأن الفضل في استنباط الشكل الظلي لابي الوفاء بلا تنازع[٤١].

ومن مؤلفاته الاخرى " مقالة في النسب " ويتضمن خلاصة ابحاثه في الوزن النوعي و" الاسطرلاب " وقد وردت فيه نظرية لاستخراج محيط الارض وتقاسيم " الاقاليم " الذي كتبه بخطه سنة ٤٢٢ هـ عندما كان بغزنة.

وله مؤلفات غيرها منها : تسطيح الصور، تحديد المعمورة، جوامع الموجود لخواطر الهنود في حساب التنجيم، الدستور، تنقيح التواريخ، تاريخ ايام السلطان محمود واخبار ابيه، المسامرة في اخبار خوارزم، تصحيف المنقول من العروض والطول، التعلل باحالة الوهم في معاني نظم اولي الفضل.

وللبيروني رسالة عن الصلة بين احجار المعادن والجواهر (مخطوط بمكتبة الاقمار الثلاثة للروم الارثوذكس) في بيروت[٤٢]. وله ايضاً كتاب (العجائب الطبيعية والغرائب الصناعية) والارشاد الالهي[٤٣]. ايضاً: كتاب "تاريخ الامم الشرقية"[٤٤].

ويقدر الدكتور "ادوارد كنيدي" ان اربعة اخماس اعمال البيروني قد فقدت دون ان يكون لنا امل في استعادتها[٤٥].

وللبيروني كتب متنوعة غير ما ذكر في مختلف الاختصاصات يمكن اجمالها فيما يأتي[٤٦] :

- **مقالة في التحليل والتقطيع للتعديل.**
- **كتاب العمل بالاسطرلاب.**
- **كتاب جمع الطرق السائرة في معرفة اوتار الدائرة.**
- **كتاب جلاء الاذهان في زيج البتاني.**
- **كتاب التطبيق الى تحقيق حركة الشمس.**
- **كتاب في تحقيق منازل القمر.**
- **كتاب الارشاد في احكام النجوم.**
- **كتاب استشهاد باختلاف الارصاد :** وقد الفه البيروني لان اهل الرصد عجزوا عن ضبط اجزاء الدائرة العظمى باجزاء الدائرة الصغرى.
- **كتاب "العقاقير"** ويتضمن وصف خصائص وفوائد الف عقار مستخرج من النباتات والاعشاب والحيوانات والمعادن[٤٧].
- **كتاب تكميل زيج "حبش" بالعلل وتهذيب اعماله في الزلل.**

- مقالة في نقل ضواحي شكل القطاع الى ما يغني عنه.
- كتاب اختلاف الاقاويل لاستخراج التحاويل.
- كتاب مفتاح علم الهيئة.
- كتاب تهذيب فصول الفرغاني.
- كتاب في تهذيب الاقوال في تصحيح العرض والاطوال.
- مقالة في تصحيح الطول والعرض لمساكن المعمور من الارض.
- مقالة في تعيين البلد من العرض والطول كلاهما.
- مقالة في استخراج قدر الارض برصد انحطاط الافق عن قلل الجبل.
- مقالة في اختلاف ذوي الفضل في استخراج العرض والميل.
- كتاب ايضاح الادلة على كيفية سمت القبلة.
- كتاب تكميل صناعة التسطيح.
- مقالة في استخراج الكتاب والاضلاع ما وراء من مراتب الحساب.
- مقالة في تصفح كلام " ابي سهل الكوهي " في الكواكب المنقضة.
- كتاب تصور امر الفجر والشفق في جهة الشرق والغرب من الافق.
- كتاب امتحان الشمس.
- كتاب جدول التقويم.
- كتاب جدول الدقائق.
- كتاب رؤية الاهلة.
- كتاب القسي الفلكية.
- كتاب كرية السماء.
- كتاب المسائل الهندسية.
- كتاب مواقع السمت.
- كتاب اصلاح شكل منالاوس.
- كتاب منازعة اعمال الاسطرلاب.
- كتاب دوائر السماوات في الاسطرلاب.
- كتاب الاحجار ذكر فيه البيروني خاصية ٦٠١ من الاحجار الموجودة في العالم[٤٨].

وللبيروني كتب اخرى في الطب والرياضيات والتاريخ والفلك والظواهر الجوية والآلات العلمية والمذنبات والخوارق.

وذكر المستشرق الالماني "سخاو" في مقدمته لكتاب (الاثار الباقية) الإحصاء الاتي لكتبه[٤٩] :

١- في الهندسة والفلك ١٨ تصنيفاً
٢- في الحساب ٨ تصانيف
٣- في الاسطرلاب ٥ تصانيف
٤- المواقيت والفصول ٥ تصانيف
٥- منازل القمر ١٢ تصنيف
٦- المذنبات ٥ تصانيف
٧- التنجيم ٧ تصانيف

٨- الضوء ٤ تصانيف

٩- الجغرافيا ١٥ تصنيف

١٠- حصص وتصانيف غير عربية ١٣ تصنيف

١١- الاديان ٦ تصانيف

١٢- تصانيف لم يبق البيروني منها نسخاً لنفسه ٥ تصانيف

١٣- كتب غير مستكملة ١٠ تصانيف

المجموع ١١٣ تصنيفاً

غير ان التنقيب عن مؤلفاته في مكتبات العالم اظهر وجود (١٩٠) كتاباً، ومن هذه الكتب الجديدة (غرة الزيجات) الذي ترجمه عن السنسكريتية واضاف اليه من الامثلة للشرح والتدليل والتطبيق وتوجد نسخة خطية منه في مكتبة محمد شاه بأحمد اباد الدكن في الهند، ويحتوي على ١٤ فصلاً في الفلك والارصاد وقياس ابعاد الارض(٥٠).

اهتمام البيروني بعلم الجغرافيا

في حقل الجغرافيا ادى البيروني دوراً مهماً فيها، فقد قام بتحديد خطوط الطول ودوائر العرض، وتحديد الاماكن والمسافات بين البلدان. وله في الجغرافيا الرياضية عشرة مؤلفات. والف اربعة كتب في هيئة الارض، وقام برسم الخرائط الفلكية بطريقة تشبه مانشره (باترنو) فيما بعد. وله فيها مبتكرات كثيرة في كيفية نقل صورة الارض الكروية الى الورق المسطح، وكذا في كيفية رسم الخرائط الفلكية للسموات. مما جعل فضل البيروني على فن رسم الخرائط غير منكور. وقد خص ابو الريحان بهذا الفن عدداً من مؤلفاته اهمها كتاب (تسطيح الصور وتبطيح الكور)، وكتاب (تحديد المعمورة وتصحيحها في الصورة)، وكتاب (تكميل صناعة التسطيح) عدا فصول متفرقة في (القانون المسعودي)(٥١)

ومن مظاهر اهتمامه بالجغرافيا تفسيره لكيفية تكوين سهل هندستان، فذكر ان مكانه قاع بحر ملأته الترسبات الطموية. وهو تفسير قريب من الفكرة الحديثة(٥٢). وورد في كتابه "تحديد نهايات الاماكن لتصحيح مسافات المساكن "اراء في كيفية تكوين القشرة الارضية. من ذلك قوله في كتابه المذكور، وهو مخطوط في استنبول : "ينتقل البحر الى البر والبر الى البحر في ازمنة... فهذه بادية العرب وقد كانت بحراً فانكبس، حتى ان اثار ذلك ظاهرة عند حفر الابار والحياض بها. فإنها تبدي اطباقاً من تراب ورمال ورضراض، ثم يوجد فيها من الخزف والزجاج والعظام... بل يخرج منها احجار اذا كسرت كانت مشتملة على اصداف وودع وما يسمى اذان السمك، إما باقية على حالها وإما بالية قد تلاشت، وبقي مكانها خلاء متشكلاً بشكلها"(٥٣).

مما يعني بنظر البيروني :

١- انه كان يعلم ان تغيرات القشرة الارضية كانت تحدث ببطء شديد "جزء بعد جزء" خلال ما نسميه اليوم بالعصور الجيولوجية "قبل كون الناس في العالم".

٢- انه كان يدرك حقيقة الحفريات التي يكشف عنها التنقيب في الطبقات الارضية وانها تمثل كائنات حية كانت تعيش في الازمنة القديمة. وهذان الامران كانا مجهولين في العصور الوسطى(٥٤).

وبالإضافة الى ما تقدم للبيروني اراء في العصور الجيولوجية، وصنف عدة مؤلفات على قدم الارض وعمرها وما اعتراها من ثورات بركانية وزلازل وتعرية. وهو من المتحدثين عن حفر قناة السويس في كتابه "تحديد نهايات الاماكن". ففي القرن الخامس عشر نجد المقريزي يستشهد بكتاب البيروني المذكور عند كلامه عن محاولات القدماء لحفر قناة بين البحرين الاحمر والمتوسط(٥٥).

ولعل البيروني خير من درس مساحة الارض المسكونة، وهي الجزء الذي اطلق عليه اسم (الربع المعمور) من الارض والذي سبق ان حدده بطليموس بين دائرتي عرض ١٦ جنوباً و٦٣ شمالاً. بينما حدده الجغرافيون العرب بين

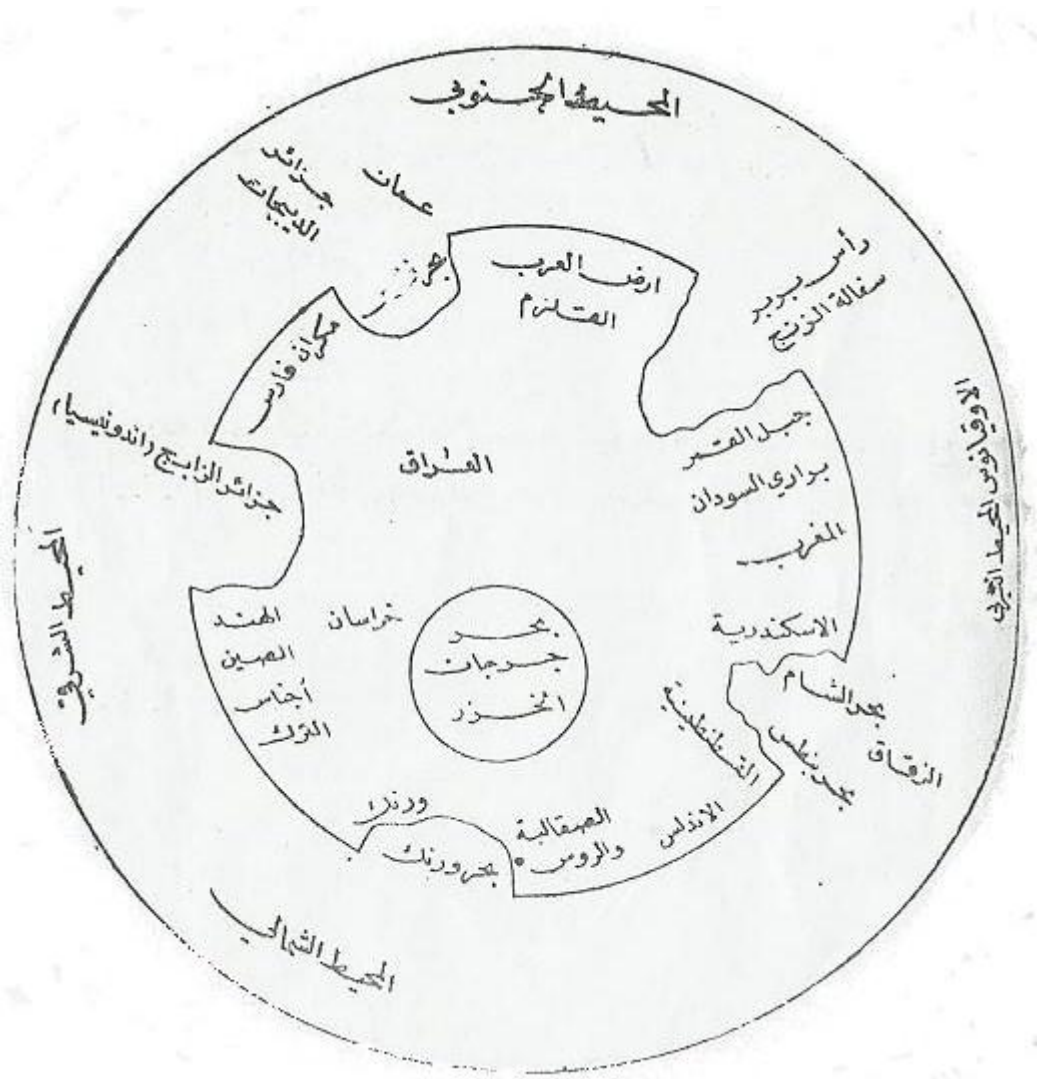
دائرتي ٢١ جنوباً و٦٣ شمالاً. فقد اوضح البيروني مساحات الاقاليم السبعة التي تمثل الجهات المعمورة من الارض مستنداً الى المراجع المختلفة. واورد التقديرات النهائية التي توصل اليها والتي قد تمثل افضل التقديرات القديمة ونقلها عنه (ابو الفدا) في كتابه (تقويم البلدان) بعد ان شرح المقاييس التي استخدمها البيروني[٥٦].

فقد قسم البيروني المعمور الى سبعة اقاليم واتبع طريقة الخوارزمي في هذا التقسيم وحذا حذوه، فقسمها على اساس مناطق عرضية متوازية تمتد شمال خط الاستواء من المشرق الى المغرب. وقد استند في هذا التقسيم الى ساعات النهار والاطوال في كل اقليم يبدأها من خط الاستواء الى الدائرة القطبية. بمعنى اظهار الاختلافات ما بين النهار والليل بخطوط متوازية تبدأ من اقصى العمارة في الشرق الى منتهاها في الغرب[٥٧].

كما صحح ابو الريحان كثيراً من الاخطاء التي كانت شائعة عند الاغريق، فهو لم يسلم بما كان يعتقد الاغريق من ان المعمور من الارض هو احد الربعين الشماليين من كرة الارض فقط. وبذلك لم يستبعد – من الجهة النظرية – احتمال ان يكون النصف الغربي من الكرة الارضية معموراً، وذلك قبل اكتشاف العالم الجديد بقرون عديدة، اي عهد كريستوف كولمبس الذي القى مرساه في جزر الهند الغربية وبالتالي معرفة القارة الامريكية[٥٨]، وان ظن باحثون عرب قدامى وجود عالم اخر بعد المحيط الاطلسي (بحر الظلمات).

واهتم البيروني ايضاً بالجغرافية الطبيعية للهند حيث اشتملت تفصيلاته عنها على دراسة بنيتها الطبيعية وسهولها وجبالها ومناخها وطرق نقلها وتجارتها وزراعتها وثرواتها الحيوانية وعاداتها وعقائدها وآدابها وتاريخها واخلاق سكانها. وله معلومات وافيه عن أوربا الشرقية والشمالية وكذلك عن اسيا الشرقية والشمالية.

يمكن اعطاء فكرة جيدة عن مدى اتساع افق المعلومات الجغرافية في عصر البيروني مما دونه بصدد توزيع البحار واحاطتها بالأرض واعتقاده باتصال المحيط الهندي بالأطلسي في جنوبي القارة الافريقية[٥٩]. كما ذكر اسماء البحار مثل البحرالمحيط وسماه اليونانيون ب (الاوقيانوس) وبحر ورنك وبحر الصين وبحر فارس وبحر البصرة والقلزم وبحر الحبشة وبحر اليمن. وقد ثبت وصفه عن البحار بعد قرنين عند ياقوت وقرن اخر بعده عند ابي الفدا. واستعرض ابو الريحان ايضاً اسماء بعض الجبال منها جبال القمر التي تنبع منها عيون نيل مصر. وهو اول من اورد اسم نهر (انغرا) في سيبيريا والاقوام التي تقطن بحيرة بايكال وكانت معروفة لدى البلدان الافريقية والواقعة جنوب خط الاستواء. كما يستعرض اسماء الجزر والبحيرات والمستنقعات[٦٠]. وفسر ظاهرة المد والجزر. ومعلومات البيروني جاءت من مؤلفات السابقين والتي حصل عليها ايضاً من الرحالة والتجار ومن دراساته الميدانية.



شكل يمثل توزيع البحار للبيروني

ويرى البيروني ان العرب اتبعوا ثلاثة مذاهب في تحديد المسافات، اما ان يكونوا قد اخذوا حسابات بطليموس كما هي، او اجروا ارصادهم الخاص بهم وفقا لمذهبه، او استقوا معلوماتهم من اسفار الرحالة وسير البريد، والبيروني طبق المذاهب الثلاثة مستعملاً ملاحظاته الشخصية فيما يتعلق بشرق ايران.

اهتمام البيروني بعلم الفلك

كان البيروني فلكياً بامتياز بشهادة علماء الفرنجة والعرب. ومؤلفاته في هذا العلم كانت مرجعاً لنصير الدين الطوسي في مرصده بالمراغة (٥٩٨–٦٧٣هـ/١٢٠١–١٢٧٤م)، ولجمشيد غياث الدين الكاشي في مرصده بسمرقند (٨٣٣هـ/١٤٢٩م)[٦١].

وبحث البيروني في امكانية دوران الارض حول محورها قبل غاليلو بستة قرون. كما قام بإجراء قياسات (جيوديسية)، وبالاستعانة بالرياضيات تمكن من تحديد سمت القبلة (اتجاه مكة المكرمة) في جميع انحاء العالم[٦٢].

والف البيروني كتاباً متخصصاً في الفلك يعد من اشهر الكتب التي ظهرت في القرن الحادي عشر للميلاد وهو كتاب "التفهيم لأوائل صناعة التنجيم". يبحث الكتاب في الحساب والهندسة والجبر والعدد وهيئة العالم واحكام النجوم

وضعه على طريقة السؤال والجواب، ولغته سهلة وموضح بالأشكال والرسوم[٦٣]. وقد نشر (رامزاي رايت) النص العربي للكتاب بالزنكراف مع ترجمة انكليزية في لندن سنة ١٩٣٤.

وبحث البيروني في موسوعته الفلكية الثانية المعروفة (بالقانون المسعودي) الكواكب الثابتة (اي النجوم) حيث وضع جدول لجميع النجوم التي ترى بالعين. وهو بهذا يقلد الجداول الواردة في المجسطي مع بعض التعديلات.

وفي مطلع المقال يقول "وقد اثبت في هذه الجداول ما في كتاب المجسطي من مواضع الكواكب بزيادة ثلاث عشرة درجة على اطوالها، ثم الحاق ما وجب الحاقه بها". وقد عمل البيروني جداوله الفلكية الدقيقة بناءً على ارصاده حيث نقد وعدل الجداول التي وضعه سابقوه ومعاصروه. وبذلك فهو يضفي الهالة على المجسطي وعده الاساس في كل بحث فلكي عربي[٦٤].

اما تغير اطوال النجوم فهو يعود الى تقدم الاعتدالين، وهي الحركة نفسها التي ذكرت في بعثة المأمون لقياس طول درجة واحدة من الارض.

ان القطب الفلكي يتغير وهذه الحركة تغير نقطة تقاطع دائرة البروج مع خط الاستواء الفلكي. وكانت نقطة التقاطع ايام بطليموس في برج الثور وفي ايام البيروني في برج الحمل، وفي ايامنا هذه في برج الحوت.

على اي حال فان نقطة تقاطع دائرة البروج مع خط الاستواء الفلكي هي في حركة وتتغير باستمرار. كان بطليموس قد حسبها على انها بمقدار درجة واحدة كل مائة سنة. وهذا غير صحيح وحسبها العرب على انها بمقدار درجة واحدة كل ٦٦ او ٦٨ او ٧٠ سنة (بحسب الفلكيين الذين قاموا بهذا الحساب).

ومن عادة واضعي جداول الكواكب ان يذكروا اولاً كم زادوا على درجات الطول الواردة في المجسطي، وبذلك فقد زاد البيروني ١٣ درجة بحسب مجموعة السنين التي مضت بينه وبين سنة وضع المجسطي[٦٥]. كما وضع ابو الريحان البيروني جهازاً يقيس حركات الشمس والقمر.

وابتكر ابو الريحان ايضاً الاسطرلاب الاسطواني المستخدم في رصد الكواكب والنجوم وتحديد ابعاد الاجسام البعيدة وارتفاعاتها عن سطح الارض، ويعد من اشهر الآلات الفلكية واكثرها استعمالاً في العصور الوسطى. وهو عبارة عن صفائح مستديرة نقشت عليها رسوم الدوائر والخطوط والنقاط الاساسية في الفلك، مثل الافق ومعدل النهار ومنطقة البروج والقطب وغيرها. كما استعمل الاسطرلاب في تحديد الاوقات وغير ذلك من الاعمال الفلكية والقياسات البسيطة. وورد في الرسائل التي تصف هذه الالة اهم الاصطلاحات الفلكية الموضوعة لوصف الظواهر الاساسية التي تشاهد في السماء وهي بمجموعها اكثر من خمسين اصطلاحاً وزال استعمالها بمرور الايام عند الفلكيين عدا ثلاثة باقية لحد الان[٦٦].

وورد الجانب الاكبر من ابحاث البيروني الفلكية في كتابيه (التفهيم لأوائل صناعة التنجيم) و(القانون المسعودي) الذي طبعته لجنة دائرة المعارف العثمانية بحيدر اباد الدكن في الهند[٦٧].

وقد ورد على لسان البيروني قوله بأنه رأى الاسطرلاب المسمى بالزرقاني الذي اخترعه ابو سعيد السجزي فاعجبه ويستحق مبدعه الثناء. وهذا الاسطرلاب مؤسس على ما ذهب اليه البعض من ان الحركة المشاهدة لنا هي حركة الارض لا حركة الفلك، ولعمري هذه عقدة يصعب حلها[٦٨].

وتتحرك الارض حول محورها من المغرب الى المشرق اي عكس الجهة التي تدور اليها النجوم، هذا في حالة بأن الارض متحركة على محورها في حين ان اكثر العلماء اليونان (ومنهم بطليموس) والعرب كانوا يقولون بأن الارض كروية ولكنها ساكنة في مركز العالم لا حركة لها في الفضاء وان السماء تمثل كرة عظيمة ركزت في بسطها النجوم وانهار تدورعلى قطبين متحركين احدهما يقع الى الشمال والاخر الى الجنوب وان دوران الكرة السماوية من المشرق الى المغرب[٦٩]. وبذلك فإن مناقشة البيروني لمسألة دوران الارض حول محورها قد سبقت غاليلو وكوبر نيكوس.

وكان البيروني من اكثر الجغرافيين المسلمين عنايةً بشرح نظرية كروية الارض. واورد بالتفصيل البراهين التي ذكرها العلماء الاغريق والرومان عن هذه النظرية ولاسيما براهين ارسطو وبطليموس واضاف اليها براهين جديدة[٧٠]. وختم براهينه قائلاً: "ومما ذكرنا يعرف سبب كُرية الارض... اجزاءها متماسكة مخرجة عن وجهها عن الاستواء الى التضريس بالجبال والانجاد... فان سطح الماء مستدير واصدق كرية من الارض لأنه ان نوهم مستوياً كان وسطه اقرب الى المركز من حواشيه..."[٧١].

وقال البيروني مبرهناً على ثبات الارض ومؤيداً بذلك فرضية بطليموس، ثم "نعود الى القسم الثاني من حركة الارض وهي نفسها نحو المشرق من غير انتقال من مكانها وقد قال بها اصحاب (ارجيهد) من علماء الهند ونظن بالداعي اليها الزام السماء ما يرى من حركات الكواكب فيها بالحركة الثانية الشرقية والزام الارض لوازم الحركة الاولى الغربية كلاً تجتمع على السماء حركتان مختلفتان معاً..."[٧٢].

وبالرغم من اجماع الجغرافيين والفلكيين العرب والمسلمين على ثبات الارض وعدم حركتها فإن نفراً قليلاً منهم قد ضامرته الشكوك في سكون الارض، واشاروا الى احتمال تعرضها لدورة يومية حول مركزها من امثال عمر الكاتبي وابي الفرج الشامي. بل ان نفراً آخر، ومن بينهم ابي سعيد السجزي، قد المح الى امكان حدوث حركة الارض حول الشمس[٧٣].

وذكر ابو الريحان ان طول قطر الارض يعادل $2163\frac{2}{3}$ فرسخ ودورها ٦٨٠٠ فرسخ، وعلى هذا تكون مساحة سطحها الخارجي منكسراً ويساوي (٢٤٢، ٢ ٧٤٤ ١٤) فرسخ[٧٤].

ابتكر البيروني طريقة جديدة لتحديد خطوط الطول سميت بالطريقة الارضية في الحساب وذلك بتحديد اقصر مسافة طولية بين نقطتين وتعيين خط عرض كل منهما، ثم حساب الفروق في خطوط الطول بناء على النتائج المتوفرة[٧٥]. واستطاع البيروني ان يقيس فرق الطول بين بغداد وغزنة وتوصل الى نتيجة دقيقة للغاية[٧٦]. وقد استخدم قديماً مصطلح (خط نصف النهار) او منتصف النهار ليعني خط الطول الممتد بين القطبين الشمالي والجنوبي، ويمثل نصف دائرة ويسمى ايضاً (خط الهاجرة).

ومن الامور الفلكية التي تناولها الفلكيون العرب (الازياج). وقد عرف ابن خلدون في مقدمته الزيج بأنه "من فروع علم الهيئة... وهي صناعة حسابية على قوانين عددية فيما يخص كل كوكب... كالمقدمات والاصول لها في معرفة الشهور والايام والتواريخ الماضية... يضعونها في جداول مرتبة تسهيلاً على المتعلمين وتسمى الازياج..."[٧٧]. وهناك ٢٨ جدولاً فلكياً (زيجاً) تمثل الارصاد العربية التي ادت الى تصحيح الارصاد التي سبقتها وتحمل اصالة عربية وهي تقترب من واقعها الحالي[٧٨]. ومنها زيج ابراهيم الفزاري والزيج المأموني الممتحن وزيج ابن البلخي. وبحث البيروني ايضاً في ظاهرة الكسوف والخسوف وكيفية حسابهما بالإضافة الى ما يتصل بدراسة الكواكب الاخرى[٧٩].

محيط الارض

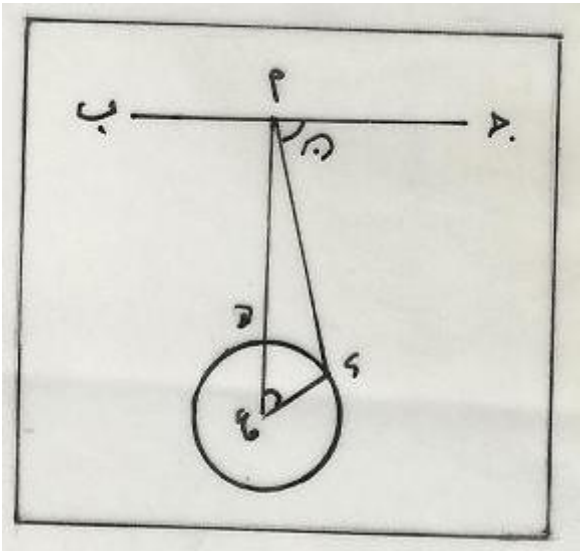
جاءت محاولة معرفة محيط الارض على يد (اراتو ستين)، احد علماء الاغريق عندما كان في الاسكندرية[٨٠]. وجرت محاولات لقياس محيط الارض ومعرفة خطوط منتصف النهار (خطوط الطول) في مناطق صحراوية فوجدوا ان تدمر وسنجار تقعان على خط واحد وكذلك تدمر والرقة. ايضاً اسوان والاسكندرية فهما تقعان على خط واحد[٨١]. واختلفت التقديرات بين ٥٦,٢٥ و٥٧ ميلاً فاتخذ متوسطهما وهو ٥٦,٦٦ ميلاً، وهو يمثل قياس درجة واحدة من محيط الارض زمن المأمون[٨٢]. اي ان طول الدرجة عند فلكيي المأمون هو (١١١٨١٥ متراً). وعلى هذا فان طول المحيط يعادل ٤١٢٤٨ كم. وهو كما لا يخفى قريب من الحقيقة. وهو دليل على "ما كان للعرب من الباع الطويل، في الارصاد واعمال المساحة..."[٨٣]. ويعد ذلك القياس "من اعمال العرب العلمية المجيدة المأثورة"[٨٤].

واراد البيروني، صاحب العقلية الجبارة، التثبت من نتيجة القياسات التي تمت زمن المأمون فأجرى مسحاً عملياً في احدى سهول داهستان الشمالية من اقليم جرجان. كما اشار الى ذلك في المقالة السابعة من كتابه " القانون المسعودي " الا ان محاولته لم تنجح. ثم عاد فابتكر طريقة اخرى لقياس درجة من خط منتصف النهار فوجد انها تساوي ٥٦,٠٥ ميل[٨٥].

ويمكن القول ان البيروني ابتكر نظرية لاستخراج محيط الارض فاستعمل معادلة لحساب نصف قطر الارض بعد ان قاس مساحة الارض بالذراع العربي وكانت نتائج رصده في قلعة(تندا) من ارض الهند فتوصل الى طول خط الاستواء الذي بلغ ٢٢٤٣٨٩ ذراعاً[٨٦]، وان طول المحيط على خط الاستواء هو (٨٠٧٨٠٠٤٠) ذراعاً[٨٧].

وجاءت طريقة البيروني المبتكرة لقياس محيط الارض في اخر كتابه (الاسطرلاب) حيث قال : "وفي معرفة ذلك هو ان نصعد جبلاً مشرفاً على بحر او تربة ملساء ونرصد غروب الشمس، فنجد مقدار عمود ذلك الجبل ثم نضرب في الجيب المستوى لتمام الانحطاط الموجود، ونقسم المجموع على الجيب المنكوس لذلك الانحطاط نفسه ثم نضرب ما خرج من القسمة في اثنين وعشرين، ثم نقسم الباقي على سبعة فيخرج مقدار احاطة الارض بالمقدار الذي قدرت به عمود الجبل"[٨٨]. وبعد ان يبرهن " نللينو" على ما جاء في مقال البيروني يورد المعادلة الاتية وهي التي استعملها البيروني لإثبات طريقته:

$$\text{س} = \frac{\text{ب جتا ن}}{\text{أ جتا ن}}$$



حيث ان (س) هي نصف قطر الارض و(ب) هي ارتفاع الجبل

و(أ) هي قمة الجبل و(أ ع) هو الخط الواصل من (أ) الى مركز الارض (ع). ويطلق البيروني على زاوية ع أ د اسم (انحطاط الافق) و(ن) هي الانحطاط. ويطلق على هذه المعادلة اسم "قاعدة البيروني" حيث طبق البيروني هذه القاعدة وحققها في كتابه (القانون المسعودي).

وبذلك، وكما قال نللينو، فإن البيروني قد اخرج تلك الطريقة المذكورة من القوة الى الفعل. فروى في كتابه المسمى بالقانون المسعودي انه اراد تحقيق قياس " المأمون " فإختار جبلاً في بلاد الهند مشرفاً على البحر وعلى برية مستوية، ثم قاس ارتفاع الجبل وذلك بأخذ ارتفاع ذروته في موضعين فوجده (٦٥٢,٠٥) ذراع، وقاس الانحطاط فوجده ٣٤ دقيقة[٨٩].

ويعلق نللينو على هذه العملية بقوله بأننا لو اجرينا الحساب بجداول اللوغاريتمات لوجدنا ان درجة واحدة من خط نصف النهار تساوي ٥٦,٩٣ ميلاً[٩٠].

وخاتمة القول: لقد ابدع البيروني في مختلف انواع المعرفة وبخاصةً حقول الجغرافيا والفلك. ففي حقل الجغرافيا كتب عشرة مؤلفات في الجغرافية الرياضية، واربعة مؤلفات في هيئة الارض. وقام برسم الخرائط الفلكية وبذل جهداً في تفسير تكوين سهل هندستان وكيفية تكوين القشرة الارضية ومتغيراتها. وهو من المتحدثين بحفر قناة السويس. واهتم بالربع المسكون من الارض. ولم يستبعد احتمال ان يكون النصف الغربي من الكرة الارضية معموراً. وتحدث عن الحفريات في الطبقات الارضية وانها كائنات حية حيث كانت تعيش في الازمنة القديمة.

الهوامش والمصادر

١- الانترنيت.

٢- صلاح الدين عبد اللطيف الناهي، الخوالد من اراء ابي الريحان البيروني في اسباب التمدن والمنهج الموازن واستعراض الثقافات، دار الفكر للنشر والتوزيع، عمان، الاردن، ١٩٨٥، ص١٢.

٣- عيون الانباء في طبقات الاطباء، تحقيق نزار رضا، ج٢، دار مكتبة الحياة، بيروت، ١٩٦٥، ص٢٠

٤- احمد امين، ظهر الاسلام، ط٣، ج١، دار الكتاب العربي، بيروت، ١٩٦٩، ص٢٨٧.

٥- اسماعيل باشا البغدادي، هدية العارفين، المجلد الثاني، مطبعة وكالة المعارف، استانبول، ١٩٥٥، منشورات مكتبة المثنى في بغداد، ص٦٥، محقق كتاب استخراج الاوتار في الدائرة بخواص الخط المنحني فيها لابي الريحان محمد بن احمد البيروني، تحقيق الاستاذ احمد سعيد الدمرداش، الدار المصرية للتأليف والترجمة (سلسلة تراثنا)، القاهرة، د. ت، (تعليق المحقق)، ص٦٥، بروكلمان، " البيروني"، دائرة المعارف الاسلامية، المجلد الرابع، دار الفكر، ١٩٣٣، ص٣٩٧، كراتشكو فسكي، تاريخ الادب الجغرافي العربي، القسم الاول، مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر، القاهرة، ١٩٦٣، ص٢٤٥.

٦- المجلد التذكاري للبيروني، ص٢١٨ (عن : جمال مرسي بدر، ٣ / ١٣٥).

٧- صلاح الدين عبد اللطيف الناهي، ص١٢.

٨- مايرهوف، كتاب الصيدنة، ص٧ (عن : كراتشكو فسكي، ١ / ٢٤٦ – ٢٤٧).

٩- م. ف. مينورسكي، الجغرافيون والرحالة المسلمون، ترجمة عبد الرحمن حميدة، نشرة يصدرها قسم الجغرافيا والجمعية الجغرافية الكويتية (رقم ٧٣)، يناير ١٩٨٥، ص١٨.

١٠- مايرهوف، الصيدنة، ص٧ (عن : كراتشكو فسكي، ١ / ٢٤٦ – ٧).

١١- انترنت.

١٢- شاكر خصباك، كتابات مضيئة في التراث الجغرافي العربي، مطبعة دار السلام، بغداد، ١٩٧٩، ص١٢٤.

١٣- مايرهوف، كتاب الصيدنة، ص٧ (عن : كراتشكو فسكي، ١ / ٢٤٦ – ٧)، فاضل احمد الطائي، اعلام العرب في الكيمياء، ط٤، دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٦، ص٢٢٠.٢٢١.

١٤- المصدر نفسه، ص٢٢١.

١٥- مايرهوف، كتاب الصيدنة، ص٧ (عن : كراتشكو فسكي، ١ / ٢٤٦ – ٧).

١٦- انترنت.

(*) يرى غوستاف لوبون ان اولى حملات محمود الغزنوي على الهند كانت سنة ١٠٠٠ م (حضارة العرب : نقلها الى العربية عادل زعيتر، ط٢، مطبعة دار احياء الكتب العربية، ١٩٤٨، ص٥٦٤).

١٧- جمال مرسي بدر، ٣ / ١٣٣.
١٨- جمال مرسي بدر، ٣ / ١٣٣، محقق كتاب استخراج الاوتار للبيروني، ص٢١.
١٩- انترنيت.
٢٠- محقق كتاب استخراج الاوتار للبيروني، ص٢٣ – ٢٤.
٢١- مينورسكي، ص١٨.
٢٢- المصدر نفسه، ص١٨.
٢٣- باقر امين الورد، معجم العلماء العرب، ج١، مراجعة كوركيس عواد، بغداد، ١٩٨٢، ص٩٨.
٢٤- عادل البكري، البيروني واثره في الحضارة العربية، بحوث الندوة القطرية الرابعة لتاريخ العلوم عند العرب، ج٢، مركز احياء التراث العلمي العربي، جامعة بغداد، مطابع التعليم العالي، الموصل، ١٩٩٠، ص١٤٨.
٢٥- قدري حافظ طوقان، تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك، دار الشروق، بيروت – القاهرة، د. ت، ص٣١٧.
٢٦- بروكلمان، ٤ / ٣٩٧ – ٣٩٨، طوقان، ص٣١٧، صبري محمد حسن، الجغرافيون العرب، ج١، مطبعة القضاء، النجف، ١٩٥٨، ص١٣١.
٢٧- جمال مرسي بدر، ج٣، ١٣٤، ياقوت، معجم الادباء، ج١٧، دار احياء التراث العربي، بيروت، د. ت، ص١٨١.
٢٨- صبري محمد حسن، ص١٣٠.
٢٩- عبد الرحيم بدر، الفلك عند العرب، مؤسسة مصري للتوزيع، طرابلس – لبنان، ص٨١.
٣٠- ابو الريحان البيروني، تحقيق ما للهند من مقولة مقبولة في العقل او مرذولة، صححت عن نسخة باريس (رقم ٦٠٨٠)، مطبوعات دائرة المعارف العثمانية، حيدر اباد الدكن (الهند)، ١٩٥٨، ص٢ وما بعدها.
٣١- بروكلمان، ٤ / ٣٩٨.
٣٢- كراتشكو فسكي، ١ / ٢٥٥.
٣٣- صبري محمد حسن، ١ / ١٣٠ (عن : طوقان، ص١٦١).
٣٤- بروكلمان، ٤ / ٣٩٨.
٣٥- محقق كتاب استخراج الاوتار للبيروني، ص٢٣.
٣٦- بروكلمان، مجلد ٤، ص٣٩٩.
٣٧- محقق كتاب استخراج الاوتار للبيروني، ص٢٣.
٣٨- جمال مرسي بدر، ٣ / ١٣٩.
٣٩- عباس فاضل السعدي. دراسات في تراث العرب الفكري، ط١، مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠٠١، ص١٨٤.
٤٠- طوقان، ص٣١٧ – ٣١٨.
٤١- المصدر نفسه، ص٣١٨.
٤٢- لويس شيخو، مجلة المشرق، ١٩٠٦، ص١٩، المجلد ٢٨، ١٩٠٦، ص١٦٣–١٦٦ (عن : بروكلمان، ص٣٩٩).
٤٣- حاجي خليفة، كشف الظنون، المجلد الثاني، منشورات مكتبة المثنى، بغداد، د. ت، ص١٣٨٥، ١٧٨٤.
٤٤- الزركلي، الاعلام، ج٦، ط٣، ص٢٠٦.
٤٥- عبد الرحيم بدر، ص٧٢.
٤٦- طوقان، ص٣١٩ – ٣٢١.
٤٧- باقر امين الورد، ١ / ٩٨.

٤٨- حاجي خليفة، ٢ / ١٣٨٥.
٤٩- عادل البكري، ص١٤٨.
٥٠- المصدر نفسه، ص١٤٨.
٥١- جمال مرسي بدر، ٣ / ١٣٨، طوقان، ص٣١٧.
٥٢- صلاح الدين علي الشامي، الاسلام والفكر الجغرافي العربي، منشأة المعارف، الاسكندرية، سلسلة الكتب الجغرافية (رقم ٢٠)، مطبعة اطلس، القاهرة، ١٩٧٨، ص١١٩.
٥٣- جمال مرسي بدر، ٣ / ١٣٩.
٥٤- المصدر نفسه، ٣ / ١٣٩.
٥٥- كراتشكو فسكي، ١ / ٢٥٣.
٥٦- ابي الفدا، ص١٦-١٨ (عن: شاكر خصباك، في الجغرافية العربية : دراسة في التراث الجغرافي العربي، مطبعة دار السلام، بغداد، ١٩٧٥، ص٣٣٥-٣٣٧).
٥٧- زكي وليدي توغان، صفة المعمور على البيروني، مطبعة استانبول، ١٩٣٤، ص٤، ٥٣، ٦٢ (عن : نداء نجم الدين آلاء نافع جاسم، ص٧٤).
٥٨- جمال مرسي بدر، ٣ / ١٣٨.
٥٩- شاكر خصباك، كتابات مضيئة، ص١٢٥، في الجغرافية العربية، ص٣٨٠.
٦٠- كراتشكو فسكي، ١ / ٢٤٨ – ٢٤٩.
٦١- محقق كتاب استخراج الاوتار، ص٢٣.
٦٢- علي عبد الله الدفاع، اسهامات علماء المسلمين في الرياضيات، ١٩٨١، ص٩٠.
٦٣- طه باقر، ص٢٥٢، طوقان، ص٣١٤.
٦٤- عبد الرحيم بدر، ص٧٥.
٦٥- المصدر نفسه، ص٧٥.
٦٦- المصدر نفسه، ص٨٣.
٦٧- جمال مرسي بدر، ج٣، ص١٣٦.
٦٨- كارلو نللينو، علم الفلك وتاريخه عند العرب في القرون الوسطى، روما، ١٩١١، ص٢٥١-٢٥٢ (عن : شاكر خصياك، في الجغرافية العربية : دراسة في التراث الجغرافي العربي، مطبعة دار السلام، بغداد، ١٩٧٥، ص٣٢٦، طوقان، ص٣١٤، طه باقر، ص٢٥٢، ياسين خليل، العلوم الطبيعية عند العرب، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٠، ص١٠٢.
٦٩- احمد سوسة، الشريف الادريسي في الجغرافية العربية، الباب الاول، طبع مكتب صبري، نشر مؤسسة كولبنكيان ونقابة المهندسيين العراقية، بغداد، ١٩٧٤، ص٢٠٦، نداء نجم الدين احمد، الاء نافع جاسم، " قراءة في بعض منجزات البيروني الجغرافية "، مجلة التراث العلمي العربي، العدد الثاني، ٢٠١١، ص٧٢.
٧٠- شاكر خصباك، في الجغرافية العربية، ص٣١٧.
٧١- ابو الريحان البيروني، القانون المسعودي، ج١، مطبعة دائرة المعارف العثمانية، حيدر اباد الدكن، ١٩٥٤، ص٢٥-٣٧، ص٤٧-٤٩.
٧٢- عن : شاكر خصباك، في الجغرافية العربية، ص٣٢٤.
٧٣- المصدر نفسه، ص٣٢٦.

٧٤- شاكر خصباك، في الجغرافية العربية، ص٣٣٩.

٧٥- نفيس احمد، ص٨٩ (عن : شاكر خصباك، علي محمد المياح، الفكر الجغرافي : تطوره وطرق بحثه، مطبعة جامعة بغداد، ١٩٨٣، ص٧٤).

٧٦- كراتشكو فسكي، ص٨٥.

٧٧- ابن خلدون، المقدمة، المكتبة التجارية الكبرى، القاهرة، د. ت، ص٤٨٨ – ٤٨٩.

٧٨- عبد خليل فضيل، ابراهيم عبد الجبار المشهداني، الفكر الجغرافي، مطبعة دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل، ١٩٩٠، ص١٥٨.

٧٩- امام ابراهيم احمد، تاريخ الفلك عند العرب، القاهرة، ١٩٦٥، ص٦٢، عبد خليل فضيل، ابراهيم عبد الجبار المشهداني، ص١٥٨.

٨٠- المصدر نفسه (عبد خليل فضيل)، ص١٥٨.

٨١- عبد الرحيم بدر، ص٥٥ – ٥٦.

٨٢- البيروني، القانون المسعودي، ج١، ص٥٢.

٨٣- طوقان، ص١٢٣.

٨٤- نللينو، علم الفلك عند العرب في القرون الوسطى، ص٢٨٩ (عن : طوقان، ص٣١٤).

٨٥- ابو الريحان البيروني، القانون المسعودي، ١٩٥٤، ص٢٩٠ – ٢٩١.

٨٦- احمد سوسة، الشريف الادريسي، الباب الاول، ٢٠٥.

٨٧- المصدر نفسه، ص٢٠٦.

٨٨- صبري محمد حسن، ص١٢٩ – ١٣٠، طوقان، ص١٢٣ – ١٢٤، نللينو، ص٢٩٠ – ٢٩١.

٨٩- طوقان، ص٣١٤، عبد الرحيم بدر، ص٥٥ – ٥٦، طه باقر، ص٢٥٥.

٩٠- نللينو، ص٢٩٠ – ٢٩١ (عن : شاكر خصباك، في الجغرافية العربية، هامش ص٢٩٢).