Luxor International Journal of Archaeological Studies
PRINT-ISSN: 2535-1788 / **ONLINE-ISSN:** 2974-4121
HTTPS://LIJAS.JOURNALS.EKB.EG/
Volume 7, Issue 1, July 2024: pp. 40-91

الحيل الهندسية لقياس الارتفاعات والمسافات للتحصينات الحربية والأسلحة في العصرين المملوكي والعثماني "دراسة آثارية معمارية تقنية"

د. المصطفى محمد أحمد الخراط

باحث الآثار الإسلامية وتاريخ العلوم العربية، وزارة السياحة والآثار، مصر

الملخص:

هذه الدراسة المتواضعة ما هي إلا محاولة من الباحث لإلقاء الضوء على فهم جديد للعمارة الإسلامية وتحديدا العمارة الحربية الإسلامية، وتلقي هذه الدراسة الضوء على الآلات التي كان يتم بها قياس الارتفاعات والمسافات للتحصينات الحربية والأسلحة في العصرين المملوكي والعثماني، وكان لهذه الآلات أهمية كبيرة في عمليات الحصار، فمن خلالها يتم معرفة المسافات بين موضع التمركز وبين التحصينات الحربية ومن خلالها أيضا يتم معرفة ارتفاعات هذه التحصينات وكل هذه البيانات تساعد مهندسي الجيوش في احتساب المدى والمدى المؤثر للمقذوفات الحربية، لتصيبها اصابات مباشرة على الأسوار والتحصينات الحربية، ومن هذه الآلات ميزان القريب والبعيد وميزان الربع وميزان عكاز يعقوب وغيرها من الآت القياس المختلفة التي تم تأصيلها من المخطوطات الحربية الأصيلة مع عرض موجز لتأصيل هذه الآلات وتقنية عملها، وقد اجتهد الباحث من خلال محاولة لصنع بعض من هذه الآلات لفهم كيفية عملها وتطبيق تقنيات عملها لفهم الحيل الهندسية لطرق قياس الارتفاعات والمسافات عمليا، والله أسأل أن يكون فيه النفع وأن يسد ثغرة لدى دارسي العمارة الحربية الإسلامية.

الكلمات الدالة:

قياس ارتفاعات التحصينات الإسلامية؛ آلات قياس الارتفاع؛ مخطوطات الحيل المملوكية والعثمانية؛ ميزان القريب والبعيد؛ ميزان عكاز يعقوب؛ ميزان الربع؛ المدى المؤثر.

Article History

Received: 11-12-2023

Accepted: 28-5-2024

DOI: https://doi.org/10.21608/lijas.2024.254851.1025

* مراسلة المؤلف: elkhrat2001@gmail.com

Engineering Mechanical Devices to Measure Heights and Distances for Military Fortifications and Weapons in the Mamluk and Ottoman Period, an Archaeological Architectural Technical Study

Dr. el Mostafa Mohamed Elkhrat

Abstract:

This study sheds about the engineering mechanical devices "*al-hiyal al-handasivya*" to measure heights and distances for military fortifications and weapons in the Mamluk and Ottoman period, These devices had great importance in siege operations, because through them the distances between the place of the military fortifications, and through them the heights of these fortifications and each other were known. This data helps army engineers calculate the range and effective range of projectiles, To achieve direct hits on fortifications, these mechanical devices were taken from authentic military manuscripts, with explain of the origins of these machines and how its work.

Keywords:

measure heights for military fortifications; Devices to measure heights; Engineering Mechanical Devices manuscripts; Mizan alqarb wal-baeid Instrument; Jacob's Staff Instruments; Quadrant Instruments; Effective range.

مقدمة:

كان الاهتمام بالتحصينات الحربية في العصريين المملوكي والعثماني من منطلق فقهي فرضته الشريعة الإسلامية وخاصة أنها تتعلق بحفظ النفس والمال وهو ما أدى إلى محاولة الوصول إلى أفضل درجات التطور والتقدم التقني في هذا المجال، فالعمارة الحربية حظيت باهتمام السلاطين كونها تتعلق بحماية المدن ومن فيها.

هذا الاهتمام والتطور استنفر جهود العلماء للوصول إلى أرقى درجات التقدم التقني والهندسي والذي أدى بطبيعة الحال إلى ابتكار آلات هندسية كانت تستخدم في هذا المجال سواء للدفاع أو الهجوم ومن بين هذه الآلات آلات قياس الارتفاعات للتحصينات الحربية وهي آلات هندسية لمعرفة الارتفاعات لا غنى عنها في الفرق الهندسية للجيوش الإسلامية المتطورة والتي لا يعرف عنها الكثير من حيث تقنياتها أو كيفية استخداماتها الهندسية خلال العصرين المملوكي والعثماني.

وحوت مخطوطات التراث العلمي الحربي في العصريين المملوكي والعثماني بين طيات أوراقها عديد من هذه الآلات الهندسية وحيل استخدامها في أخذ ارتفاعات التحصينات الحربية من حيث أشكالها وأنواعها وطرق استخدامها سواء كان استخدامها في عمليات الدفاع أو الهجوم، وحوت هذه المخطوطات عديد من موازين قياس الارتفاعات وأخذ المسافات أو حساب الطول والعرض كارتفاع برج حصن أو واجهة أو حساب العرض وجميعها طرق هندسية تبين لنا الأساليب المتبعة لأخذ القياسات المختلفة وهي من آكاد الأشياء التي لا غنى عنها في الفرق الهندسية في الجيوش.

وقد حاولت قدر المستطاع دراسة هذه الآلات الحربية دراسة متأنية من حيث بداية استخدامها وتطورها، ولا اكون مبالغا إن قلت ان الأمر كان صعبا ومجهدا فالأمر تطلب البحث في عديد من المخطوطات العلمية وهو جانب بالغ الصعوبة، وزاد من صعوبته هذه محاولة جادة مني لإعادة تصنيع نماذج بعضا من هذه الآلات للوقوف على تقنية عملها وفهم كيفية استخدامها ومعرفة اجزاءها وتفاصيل محتواها.

وأظن أن مثل هذه الدراسات غائبة عن مجال الحقل الأثري رغم اهميتها، فكيف لدارسي العمارة الإسلامية وأخص العمارة الحربية الإسلامية أن يستوعب فلسفة هذه العمارة وتحليلها من دون النظر إلى جوانب مهمة متعلقة بفهم تفاصيل هذه العمارة ومن غيرها تصبح الدراسة منقوصة وغير مفهومة، وقد سبقنا إلى هذا المضمار المتخصصين الغربيين عندما ربطوا تخصص دراسة علم الآثار بعلم تاريخ التقنيات المتعلقة به فلا يتطرق متخصص في جانب من جوانب الآثار إلا ودرس معه تراثه العلمي والتقنيات المختلفة المتعلقة به مثل Archeoa stronomy وهو تخصص يهتم بدارسة تقنيات علم الفلك في سياق الأدلة الأثرية والعكس للربط بين ما هو موجود في التراث العلمي من مخطوطات فلكية وبين ما تبقى من

تراث مادي مثل الآلات الإسطرلاب أو من منشآت المتبقية مثل المراصد الفلكية فلا يمكن فهم تقنية عمل الآسطلاب إلا بعد الرجوع للتراث الفلكي العلمي، وهذا التخصص معني بذلك، وهناك ايضا Archeo military technology وهو معني بدراسة التراث العلمي الحربي من خلال الأدلة الأثرية، فكيف لنا أن نفهم تقنيات الأسلحة وتطورها وتطور الآلات الهندسية الحربية وانعكاسها على تطور العمائر الحربية من تحصينات ومنشآت حربية من دون الرجوع لمصادر هذه التقنيات في مخطوطات التراث العلمي القديمة، وقس على ذلك مجال Navigation Archeo، مجال Geography Archeo، Chemistry Archeo ...الخ، إن مجال البحث في تاريخ العلوم العربية والإسلامية لهو من آكاد الضروريات التي يجب على متخصص الآثار الإسلامية أن يهتم بها لفهم تراثنا الحضاري الإسلامي الفهم الصحيح ولا يمكن تحقيق هذا الفهم الصحيح من غير التطرق إلى ذلك، لذلك أطالب المختصين في الأثار الإسلامية في جامعاتنا بتطبيق ذلك وخاصة أن الغرب سبقنا في هذا الى ذلك منذ سنوات فلا يحق لمتخصص الحضارة الإسلامية عندهم أن يقوم بدراسته إلا من خلال دراسة التراث العلمي الإسلامي، ولا شك اننا أولى بذلك منهم.

وفي هذا الإطار نرى اهمية التوجيه الى عمل ابحاث علمية في إطار توجه الباحثين في المنطقة العربية والإسلامية

تعريف الحيل الهندسية:

علم الحيل من الكلمة الأغريقية "ميكاني Mekhane" ومرادف للكلمة اللاتينية Mecanipue علم الميكاني، وهذه الكلمة تعني في عدد من النصوص القديمة "الآلة والعلم الذي يدرسها"، وتعني وصف الآلات ووظائفها وتقنية عملها في مختلف الحرف والصنائع ودراسة الآلات ومجموع الصنائع والحرف العملية من البناء إلى صناعة الآلات الفلكية وأدوات الحرب المختلفة والبحث في تقنية عملها بالإضافة إلى صنوف الأسلحة واستخدامها، ويجمع بين هذه الصنائع أنها تُطبق في هذه المجالات معارف رياضية من أعداد ومساحات وأحجام وأبعاد مكانية تساعدها على الاستخدام الصحيح[١].

ومصطلح "حيل" فرع هام من العلوم الرياضية يبحث في الحركة والآلات، وليس صحيحا أن العالم الفرنسي "دالمبير" الذي عاش خلال القرن الثاني عشر الهجري/الثامن عشر الميلادي هو مؤسس علم الميكانيكا، فقد سبقه إلى ذلك علماء المسلمين ومنهم الفارابي وبنو موسى والجزري والإسفزاري والخازني ...الخ، وقد عرف الفارابي علم الحيل على أنه "علم وجه التدبير في مطابقة جميع ما يبرهن وجوده في التعاليم التي سلف ذكرها بالقول والبرهان على الأجسام الطبيعية وايجادها ووضعها فيها، فعلوم الحيل هي تعطي وجوه معرفة التدابير والطرق والتلطف لايجاد هذه بالصنعة، واظهارها بالفعل في الأجسام الطبيعية

(١) الإسفزاري "أبي حاتم المظفر اسماعيل الإسفزاري ت حوالي ٥١٠هـ/١١١٦م": متن المظفر الإسفزاري في علمي الأثقال والحيل ، تحقيق محمد أبطوي وسليم الحسيني، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي ٢٠١٣م ، ص٢٤.

المحسوسة"[١].

والحيل على نوعين **حيل عددية** وهو معني بعلم الجبر والمقابلة وما شاكل ذلك فيما يدخل في صميم علم الهندسة والميكانيكا، **والحيل الهندسية** وهي كثيرة منها صناعة رئاسة البناء، والحيل في أصناف الأجسام، والحيل في صناعة الآلات الفلكية الموسيقية، والآلات الحربية وأصناف الأسلحة، ومنها الحيل المختصة بعلم المناظر والابصار والمرايا وخاصة المحرقة منها والحيل فيها، ومنها الحيل المختصة بصناعة الأواني العجيبة وآلات لصنائع كثيرة[٢]

والهندسة على نوعين، هندسة عملية وهندسة نظرية، فالعملية منها تنظر في خطوط وسطوح في أعمال البنيان إن كان الذي يستعملها بناء، أو في أعمال الأخشاب إن كان الذي يستعملها نجارًا، أو في أعمال المعادن والحديد إن كان الذي يستعملها مختص بالمعادن والحدادة، أو مساحًا إن كان يعمل في مسح الأرض والزراعة وإنباط المياه، وكل صاحب هندسة عملية فإنه إنما يصور في نفسه خطوطا وسطوحا وتربيعا تدويرا وتثليثا في مادة هي الموضوعة لتلك الصناعة العملية، فعلم الهندسة العملية يدخل في الصنائع كلها في البنيان والمساحة والنجارة، فكل صانع إذا قدر في صناعته قبل العمل أي جهز لعمله بالرسم أو ما شابه فهو ضرب من الهندسة وخاصة مجال البنيان والمقصود بهم المهندسين المعماريين الذين يختصون بتجهيز التصميمات قبل الشروع في تنفيذها، وذلك عن طريق معرفة الأبعاد وما يعرض فيها من المعاني إذا أضيف بعضها إلى بعض وهي ما يتصور في النفس بالفكر وهي ثلاثة أنواع الطول والعرض والعمق، فكل صانع يؤلف الأجسام بعضها فلابد له أن يقدر أولا المكان في أي موضع ينفذها والزمان في أي وقت ينفذها ويبتدئ فيها، والإمكان هل يقدر عليه أم لا وبأي آلة وأدوات ينفذها وكيف يؤلف اجزاءها حتى تتكيف مع بعضها، فهذه هي الهندسة التي تدخل في أكثر الصنائع التي هي تأليف الأجسام بعضها إلى بعض، وهذه الصناعة تسمى باليونانية جوماطريا، ومصطلح هندسة فهي كلمة فارسية معربة وهي بالفارسية "اندازه" أي المقادير وقلبت الزاي سينا في الإعراب لأنه ليس بعد الدال زاي في كلام العرب. أما الهندسة النظرية إنما تنظر في خطوط وسطوح أجسام على الإطلاق والعموم ويصور المجسمات بالوجه الأعم مثل المكعبات والمخروط والكرة والسطوانة والمنشورات. اما هندسة المناظر فهو علم مختص بالإدراك البصري والعلاقة بين البصر والمبصر وما يتعلق بها من انعكاسات بينهما كشعاع يخرج من

(١) الفارابي "أبو النصر الفارابي": احصاء العلوم، تحقيق عثمان محمد أمين ، مكتبة الخانجي القاهرة ١٩٢٥م، ص٥٠.
(٢) الفارابي "أبو النصر الفارابي": احصاء العلوم، ص٥٠.

الناظر إلى المنظور إليه وقد أفاد هذا العلم كثيرا في ابتكار المرايا المحرقة[١].

وما كان لهذا العلم أن يظهر ويتطور في العالم الإسلامي لولا تهيئة المناخ المناسب لذلك من حيث رعاية أولي الامر على تشجيع العلماء لإبراز أفضل ما عندهم كل في تخصصه من أجل الاستفادة من نتاجهم العلمي في مختلف مناحي الحياة سواء في أوقات السلم أو أوقات الحرب، فلولا رعاية الملوك والسلاطين للعلماء لضاعت علوم وفنون كثيرة وما وصلت إلينا، وربما صدق جانم من قاني صاحب تحفة المملوك حينما قال: "والملوك أسبابا لظهور ثمرات العلوم والآداب ولطائف الصناعات، فلولا الأفاضل من سلف الملوك لضاعت علوم كثيرة وبطلت حكم جليلة، وكانوا يفرغون الحكماء لشؤنهم ويجرون عليهم كفاياتهم حتى نظروا بأنفس مجتمعة وقوى وافرة وأذهان فارغة واستخرجوا الآلات والأدوات والملاهي التي تكون جماما للنفس وراحة بعد الكد وسرور يداوي قرح الهموم، واستخرجوا من العلوم كالطب والتنجيم وآلات الحروب وآلات النفاطين وغيرها ما يطول ذكره"[٢].

فكل كتاب انتجه عالم مسلم كان يحقق أغراض في نفسه أولها خدمة الدين الإسلامي ومن بعده خدمة للناس ابتغاء لوجه الله، وهو الغرض ذاته الذي من أجله أنتج علماء الحيل والتقنيات الحربية مصنفاتهم التي وصلت إلينا وبين أيدينا الأن.

حيل الآلات الحربية:

وما يخص في دراستنا هذه هي الحيل التي تختص بصنع الآلات الحربية والبحث في كيفية صنعها وفائدتها وتقنية عملها، وصنف العلماء علم الآلات الحربية كفرع من علم الحيل الهندسية، وعرفه حاجي خليفة في كشف الظنون على أنه "علم يتعرف منه كيفية اتخاذ الآلات الحربية وهو من فروع علم الهندسة، ومنفعته ظاهرة وهذا العلم أحد أركان الدين، لتوقف أمر الجهاد عليه"[٣] وقد تطرق حاجي خليفة في تعريفه الجامع لهذا العلم على أنه أحد أركان الدين لتوقف أمر الجهاد عليه ومن هنا تأتي أهمية معرفة هذا العلم وسبب اهتمام الملوك والسلاطين بأصحاب هذا العلم والاهتمام بعهم ورعايتهم لتوقف أمر الجهاد عليهم وعلى ما ينتجونه من ثمار علمهم وتحت نهج الشرع الشريف في قوله تعالى "واعدوا لهم ما استطعتم من قوة"، وهو ما نلاحظه أحيانا في الظروف المحيطة لكتابة مخطوط في علم الآلات الحربية فقد كانت بعض المخطوطات تكتب وتنسخ بسبب ظروف حربية تعرضت لها البلاد أو الحاجة إلى التقدم التقني الحربي

(١) الفارابي "أبو النصر الفارابي": احصاء العلوم، تحقيق عثمان محمد أمين، مكتبة الخانجي القاهرة ١٩٢٥م، ص٣٦، ٣٧، ٣٨. جيرار جهامي: موسوعة مصطلحات العلوم عند العرب، ص١٠٧٤، ١٠٧٥، ١٥٥٨، ١٥٥٩، جانم من قاني: تحفة المملوك وعمدة الملوك، مخطوط محفوظ بالمكتبة السليمانية كتبخانةسي برقم ٣٤٦٥، ورقة ١١ b-a- ، ١٢ a -b.

(٢) جانم من قاني: تحفة المملوك وعمدة الملوك، مخطوط محفوظ بالمكتبة السليمانية كتبخانةسي برقم ٣٤٦٥، ورقة ١١ b-a-، ١٢ a -b.

(٣) حاجي خليفة "مصطفى بن عبد الله كاتب جلبي القسطنطيني ت: ١٠٦٧هـ/١٦٥٦م": كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون، دار الكتب العلمية، بيروت، ١٩٤١م، ج١، ص٨١.

لاستعداد للحرب.

وقد افادتنا هذه المصنفات العلمية الحربية في فهم عديد من الأساليب العلمية التي كانت متبعة في العصرين المملوكي والعثماني والخاصة بحيل أخذ الارتفاعات والقياسات للتحصينات الحربية والأسلحة، وفهمها بما يعني أنه لا غنى عنها لدارسي هندسة العمارة الحربية في العصرين المملوكي والعثماني والمرتبطة ارتباطا وثيقا بتقنيات الأسلحة وطرق استخدامها وخاصة داخل التحصينات الحربية من حيث وضعها وكيفية تمركزها بالإضافة إلى اساليب ومعرفة ارتفاع هذه التحصينات، وهي تقنيات لا غنى عنها بالنسبة للجيوش المحاربة، ولا يمكن فهم تطور العمائر الحربية وتطور عناصرها دون التطرق إليها واستيعاب تقنياتها.

والجدير بالذكر أنه من خلال البحث في مخطوطات التراث العلمي العربي والإسلامي وتتبع تأصيل وتأريخ هذه الحيل الهندسية وآلاتها تبين أن تقنيات هذه الآلات كانت مستخدمة ليس فقط للأغراض الحربية فحسب بل أنها استخدمت لعدة أغراض أخرى مثل الملاحة أو الفلك وخاصة أن الآت القياس والرصد كانت تستخدم بكثرة لدى الملاحين أو علماء الفلك فكانت ترصد لهم المسافات بين السفن وارتفاعات النجوم لتحديد الطرق البحرية مثلما كانت تستخدم لقياس ارتفاعات التحصينات الحربية وقياس مسافات مقذوفات الأسلحة. فعلى سبيل المثال نجد أن مخطوطات التراث العلمي الحربي تصف لنا مجموعة من الآلات الحربية التي كانت تستخدم للقياس والرصد لها في مخطوطات علم الملاحة والفلك ، مثل وصف ارنبغا الزردكاش (٧٧٤ – ٧٧٥هـ/١٣٧٢م) "لميزان القريب والبعيد لقياس الارتفاعات بتتبع تأصيل هذه الآلة وجدت أن العالم المسلم الرياضي السموأل المغربي (ت٥٧٠هـ/١١٧٥م) استخدم نفس هذه التقنية وابتكر منها ثلاث الآت لقياس الارتفاعات تشابه "ميزان القريب والبعيد" الذي وصفه الزركداش بعد زمن السموأل بقرنين من الزمان تقريبا كما سنوضح ، وهناك ايضا بن غانم الأندلسي الذي يصف ميزان "عكاز يعقوب" لقياس ارتفاعات التحصينات الحربية وقياس الطول والعرض، نجد أن هذا الميزان هو نفسه مستخدم لدى الملاحين لقياس المسافات بين السفن وخاصة السفن الحربية في المعارك، وقياس ارتفاعات النجوم لتحديد الاتجاهات البحرية، كذلك استخدام ميزان الربع لتحديد لقياس مسافة المقذوف للأسلحة نجد أن نفس هذه التقنية تستخدم لدى الملاحين والفلكيين لتحديد ارتفاعات النجوم ورصدها وخاصة في الطرق البحرية، وهو ما جعلني القي الضوء على استخدامات هذه الآلات للأغراض المختلفة سواء الأغراض الحربية أو الفلكية أو أغراض الملاحة، وهو ما سنوضحه تفصيلا.

الحيل الهندسية في طرق قياس الارتفاعات للتحصينات الحربية في العصرين المملوكي والعثماني:

تأصيل آلات قياس الارتفاعات قبل العصرين المملوكي والعثماني:

أما عن تأريخ استخدام آلات قياس الارتفاعات فيرجع إلى ما قبل عصر ابن أرنبغا الزردكاش بعدة قرون فقد وصف لنا العالم المسلم محمد بن الحسن الكرجي (ت بعد ٤٠٦هـ/١٠١٥م)[١] في كتابه "إنباط المياه الخفية" فقد وصف لنا آلة قياس الارتفاعات سماها "ذكر آلة تعرف بها أعمدة الجبال"

وصف الآلة عند الكرجي:

"ذكر آلة تعرف بها أعمدة الجبال والبعد بين مكانك وقلة[٢] أي جبل شئت، أم أي شخص مرئي أردته[٣]، والبعد بين قلتي جبلين، وبين أي شخصين ظاهرين رأيت، ويمكنك أن تزن بها الأرض"، هذه الآلة عبارة عن مربع سماه الكرجي "صفيحة مربعة" له دائرة تمس أضلاع المربع ومؤشر في مركز الدائرة على هيئة انبوب للرؤية من خلاله يطلق عليه "مسطرة الصفيحة" طوله يساوي طول قطر الدائرة ومثبت على طرفي المؤشر أو الانبوب هدفتين أو شظيتين ليحدد الراصد هدف الرؤية من خلالهما، ويدرج المربع من جوانبه وتقسم الدائرة الى أربعة أرباع من خلال مركزها والخط الأفقي هو يعتبر حدود خط الأفق بالنسبة لعين الراصد، كما يدرج المؤشر "الانبوب" نفس تدرج المربع ، والمربع "الصفيحة المربعة" مثبت على قائم طوله ذراعين ونصف ذراع، وتثبت في طرف القائم عن طريق حلقة معدة لذلك (شكل).

وتقنية عمل هذه الآلة عند احتساب ارتفاع جبل مثلا، ويعرف الكرجي ارتفاع الجبل "هو الخط النازل من نقطة قلته في وسطه قائما حتى يتصل بسطح مواز للسطح الذي انت واقف عليه إذا مر على استقامة تحت الجبل"

(١) عاش أبو بكر محمد بن الحسن الحاسب الكرجي في فترة السيطرة البويهية التي تمتد بين سنتي (٣٣٤ – ٤٤٧هـ/٩٤٥–١٠٥٥م) على يد علي بن بويه في عهد الخليفة المستكفي بالله، على أية حال ليس لدينا معلومات كافية عن حياة العالم الكرجي، ولكن الثابت لدينا هو أن الكرجي برع في علم الرياضيات وانتج اعماله وهو في بغداد وله عديد من المؤلفات الرياضية المختلفة مثل كتاب "الفخري" وكتاب "الكافي" وكتاب "البديع" وتعد هذه الكتب الثلاثة نقلة نوعية في علم الجبر، فضلا عن مؤلفات اخرى منها "كتاب نوادر الاشكال" وكتاب علل حساب الجبر" وكتاب المدخل الى علم النجوم" وكتاب "المحيط في الحساب"وغيرها، أما الكرجي التي ينسب إليها فهي مدينة تقع بين همذان واصفهان أقام بها ونسب إليها، وكتابه الموسوم "إنباط المياه الخفية" فقد ألفه وهو في منطقة تعرف بأقليم الجبل نواحي همذان وهي منطقة تعرف بكثرة مشاريعها المائية. انظر: محمد بن الحسن الكرجي: إنباط المياه الخفية، تحقيق بغداد عبدالمنعم، نشر معهد المخطوطات العربية المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، القاهرة ١٩٩٧م، ١٣ – ١٦.

(٢) قلة الجبل أعلاه وقلة الشيء أعلاه.

(٣) لم يقصد الكرجي هنا الشخص أي الانسان بعينه وانما يقصد أي شيء ظاهر له ارتفاع وظهور عن خط الأفق.

بمعنى يتم تحديد مكانين ليس بينهما فرق في الارتفاع لا بينهما ولا بينهما وبين موضع الجبل أي أن المسافة بين الجبل والموضعين يكونا على استقامة واحدة، بمعنى أن تكون الأرض مستوية وتركز الآلة في اقرب المكانين إلى الجبل ونظر من خلال المؤشر أو الانبوب لرصد قمة الجبل ثم نعلم علامة الرصد على الصفية المتدرجة ، ثم نذهب إلى المكان الثاني ونكرر نفس عملية الرصد.

اصبح لدينا الأن مقياس معلوم وآخر مجهول ، فلو أن المفترض أن:

أ ب = ارتفاع الجبل وهو المجهول.

ج = مركز المربع أو الصفيحة (ح ي ط ك) في الموضع الأول للرصد القريب من الجبل.

ص = مركز الصفيحة (ر ذ و س) في الموضع الثاني للرصد.

وإذا كان معلوم لدينا (ج ص) = ٢٠م وهي المسافة بين الموضعين، و(ص ق) = ٢٥سم اذا اعتبرنا أن طول ضلع المربع أو الصفيحة ٥٠سم، و(ر ق) = ٢٠سم و(ن ج) = ٢٠سم، وهذه القياسات هي التي سجلتها آلة القياس المذكورة.

والمطلوب هو ايجاد ارتفاع (أ ب) وهي ارتفاع الجبل، لابد من معرفة كل من ارتفاع (ف ج)، وزاوية ارتفاع (أ ج)، و (ب ج) وهي المسافة بين الجبل ومركز المربع أو الصفيحة في موضعها الأول.

وطبقًا لمعادلة الكرجي فإن:

$$\text{ف ج} = \frac{\text{ص ج} \times \text{ر ق}}{\text{ق ص}} = \frac{20\text{م} \times 20\text{سم}}{25\text{سم}} = ١٦\text{ م}$$

$$\text{أ ج} = \frac{\text{ف ج} \times \text{هـ ص}}{\text{ر هـ}} = \frac{16\text{م} \times 35\text{سم}}{5\text{سم}} = ١١٢\text{ م}$$

$$\text{ب ج} = \frac{\text{ق ص} \times \text{أ ج}}{\text{ر ص}} = \frac{25\text{سم} \times 112\text{م}}{32\text{سم}} = ٨٧,٥\text{ م}$$

$$\text{أ ب} = (\text{أ ج}^{٢} - \text{ب ج}^{٢})\sqrt{} = (١١٢^{٢} - ٨٨^{٢})\sqrt{} = ٦٩,٢\text{م}$$

أي ان ارتفاع الجبل ٦٩,٢ م، وبالطبع يمكن تطبيق هذه المعادلة مع أخذ ارتفاع حصن أو برج أو أي منشأة أخرى.

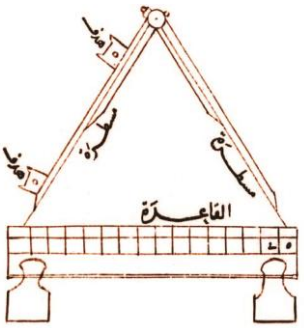
هذه الآلة فيرجع إلى ما قبل عصر ارنبغا الزردكاش بقرنين من الزمان من ابتكار العالم المسلم أبو نصر السموأل بن يحيى المغربي[١] (ت٥٧٠هـ/١١٧٥م) وجاء وصفها في كتابه "كشف أغوار المنجمين

(١) السموأل بن يحيى بن عباس المغربي (٥٢٥-٥٧٠هـ/١١٣٠-١١٧٥م) رياضي وطبيب ولد بالمغرب وسكن بغداد مدة وانتقل إلى فارس ومات بالمراغة بأذربيجان الحالية وكان يهوديا وأسلم ومات شابا ودرس علم العدد والجبر وله رسائل في الجبر والمقابلة وقرأ علم الطب، وله في الرياضيات والفلك اسهامات لا يمكن غض الطرف عنها بل عدها المختصين بمثابة كشوف جديدة في تاريخ الرياضيات مختصة بالضرب والقسمة والقوى الجبرية وحساب العلامات والمعاملات الجبرية واستخدم الأشكال الهندسية لاستخراج جذور المعادلات وتطبيق العمليات الحسابية على الجبر وتوسيع مفهوم العدد وقام بعدة عمليات

وجولاتهم في أقطار الآمال والأحكام" حيث ابتكر ثلاثة نماذج من لقياس الارتفاعات والمسافات تتبع نفس تقنية عمل ميزان القريب والبعيد للزردكاش ونفس طرق احتساب وقياس المسافات بحيث تختلف في بعض التفاصيل وتتفق في الوظيفة.

وعلى الرغم من تباعد الفاصل الزمني بين السموأل القرن ٦هـ/١٢م والزردكاش ٨هـ/١٤م إلا ان ذلك لا يمنع من محاولة تتبع تطور تقنيات الآلات عن علماء المسلمين، ورغم أن السمأل صنع هذه الآلات لأغراض الفلك وأخذ ارتفاعات النجوم، ورغم أننا غير متأكدين من أنه صنعها للأغراض الحربية مثل الزردكاش، إلا ان الثابت لدينا هو ابتكار الآلات لأخذ الارتفاعات سواء كانت للأغراض الحربية او غيرها فتتبع تطورها امرا لا جدال فيه ومحاولة للوقوف على فهم تقنياتها.

الآلة الأولى قاعدة متدرجة طولها متر ومسطرتان متساويتان في الطول، المسطرة الأولى مثبتة عند طرف القاعدة ويخرج منها هدفتان في بداية المسطرة من أعلى والأخرى في نهاية المسطرة من أسفل، وعند نهاية المسطرة الأولى تثبت المسطرة الثانية بمفصل بحيث تتحرك على درج القاعدة ذهابا وإيابا، ويتم أخذ القياس بهذه الآلة عن طريق عين الراصد بحيث ينظر للهدف من خلال الهدفتان أو المصوبتان في شعاع بصري واحد على أن يحرك ذراع المسطرة الثانية حسب ظروف رصد الهدف ويتم تثبيت المسطرة الثانية على خط عين الراصد ثم يتم احتساب النسبة بين النصف من المسافة بين طرفي الذراعين في وقت رصد الهدف حسب جيب تمام زاوية الارتفاع التي تم رصدها (شكل١،٢).

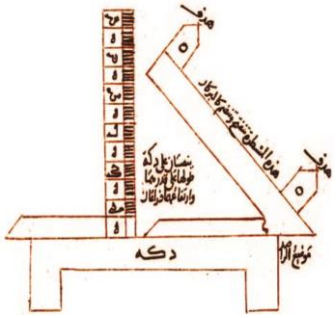


(شكل١): آلة قياس الارتفاعات رسم أبو النصر السموأل بن يحي المغربي (ت٥٧٠هـ/١١٧٥م) تشبه ميزان القريب والبعيد للزردكاش. من كتابه "كشف أغوار المنجمين". المخطوط محفوظ بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية. جامعة فرانكفورت.

تجريبية ناجحة كشف النقاب عنها البروفيسور رشدي راشد، اما أهم أعمال العالم المسلم السموأل كتابه "الباهر في الجبر" والذي قام بتحقيقه الأستاذان الجليلان رشدي راشد، وصلاح أحمد سنة ١٩٧٢م، وكتاب إعجاز المهندسين، والكافي في حساب الدرهم والدنانير، والمفيد في الطب، ورسالة في التحليل والتركيب، وكتابه في الفلك "كشف أغوار المنجمين وجولاتهم في أقطار الآمال والأحكام". للإستزادة عن إسهامات السموأل في الرياضيات انظر: وائل غالي : تاريخ العلوم العربية وتحديث تاريخ العلوم بحث في إسهام رشدي راشد، الهيئة المصرية العامة للكتاب ٢٠٠٥م، ص٢١٥ – ٢٢٥.

(شكل٢): آلة قياس الارتفاعات صممت على أساس وصف ورسم أبو النصر السموأل بن يحي المغربي (ت٥٧٠هـ/١١٧٥م)، من كتابه "كشف أغوار المنجمين"، متحف بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية. جامعة فرانكفورت.

الآلة الثانية عبارة عن قاعدة يخرج منها مسطرة راسية بزاوية ٩٠ درجة تتحرك على مجرى معدني ذهابا وإيابا وهي قائمة الزاوية دون ان تميل ، والمسطرة الثانية مثبتة في طرف القاعدة بمفصل متحرك ولها هدفتان أو مصوبتين تنظر من خلالهما عين الراصد وتنتهي بمؤشر ويصف هذه المسطرة السموأل بقوله "هذه المسطرة تنفتح وتنضم كالبركار" وعند اخذ القياس يقف الراصد خلف المسطرة الثانية لينظر من خلال الهدفتين أو المصوبتين وينظر للهدف ويحرك المسطرة الأولى قائمة الزاوية ذهابا وإيابا حتى يقف طرف المسطرة الثانية مع المسطرة الاولى قائمة الزاوية عند استقرار الراصد لرصد هدفه وعن طريق أخذ نسبة القياس على المسطرة الأولى الواقع بين مؤشر المسطرة الثانية إلى نهاية المسطرة الأولى تجاه القاعدة وعن طريق زاوية الارتفاع وجيب تمام الزاوية يتم قياس الارتفاع (شكل٣،٤).

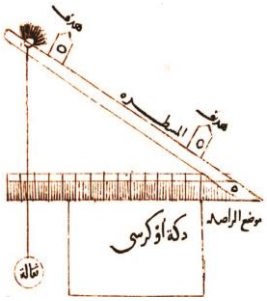


(شكل٣) آلة قياس الارتفاعات صممت على أساس وصف ورسم أبو النصر السموأل بن يحي المغربي (ت٥٧٠هـ/١١٧٥م). من كتابه: "كشف أغوار المنجمين"، متحف بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية. جامعة فرانكفورت

(شكل٤) آلة قياس الارتفاعات صممت على أساس وصف ورسم ابو النصر السموأل بن يحي المغربي (ت٥٧٠هـ/١١٧٥م) تشبه ميزان القريب والبعيد للزردكاش. من كتابه "كشف أغوار المنجمين"، المخطوط المشار إليه.

أما الآلة الثالثة عبارة عن مسطرتين متساويتين في الطول، المسطرة الأولى أفقية عبارة عن قاعدة متدرجة ثبتت عند طرفها المسطرة الثانية الرأسية بمفصل متحرك يسمح لها بالحركة بحرية وهذه المسطرة لها هدفتان أو مصوبتان ثبتا بطرفي المسطرة، وعند نهاية هذه المسطرة ذو الهدفتين أو المصوبتين في نهايتها العلوية يتدلى خيط في نهايته ثقل أو شاقول بحيث يبقي الخيط مشدودا لا إرتخاء فيه يتحرك على محيط المسطرة الأولى ذهابا وإيابا حسب حركة المسطرة الثانية عند تحريكها صعودا وهبوطا، وتتم عملية أخذ القياس عن طريق وقوف الراصد خلف المسطرة الثانية لآخذ القياس من خلال النظر في الهدفتين أو المصوبتين تجاه

هدف القياس وعند تثبيت شعاع عين الراصد يتم أخذ تثبيت الخيط على مكان ثبات عين الراصد على الهدف وتؤخذ المسافة بين الخيط على المسطرة الأولى وطرفها ناحية المسطرة الثانية، وعن طريق معرفة زاوية الارتفاع يتم احتساب نسبة جيب تمام الزاوية لمعرفة القياس المراد أخذ ارتفاعه (شكل٦،٥).



(شكل٥) رسم آلة قياس الارتفاعات رسمها أبو النصر السموأل بن يحي المغربي (ت٥٧٠هـ/١١٧٥م) تشبه ميزان القريب والبعيد للزردكاش. من كتابه "كشف أغوار المنجمين". المخطوط المشار إليه

(شكل٦) آلة قياس الارتفاعات صممت على أساس وصف ورسم أبو النصر السموأل بن يحي المغربي (ت٥٧٠هـ/١١٧٥م). من كتابه "كشف أغوار المنجمين"، متحف بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية . جامعة فرانكفورت.

الآت قياس الارتفاعات في العصرين المملوكي والعثماني:

أدت الحملة الصليبية على الاسكندرية (٧٦٧هـ/١٣٦٥م) [١] إلى استنفار قدرات الدولة العسكرية

(١) واقعة الاسكندرية فقد حدثت بقيادة الملك بطرس لوزينان الأول Peter Von Lusignan (٧٦١-٧٧١هـ/١٣٥٩-١٣٦٩م) عاث فيها القبارصة دمارا وخرابا فاحرقوا ودمروا الكثير من منشأت المدينة من مساجد ومدارس ودور صناعة وبيوت واسواق وقباسر طيلة ثمانية ايام، تركوا بعدها المدينة حطاما مدمرة، ولن يستطع السلطان الأشرف شعبان من نجدة المدينة فما أن وصل بجيشه إليها حتى سارع بطرس الأول بالمغادرة بجيشه واسطوله قبل وصول الجيش المملوكي شاهد السلطان الأشرف شعبان ما حل بالمدينة من خراب ودمار، وحقيقة الامر ان هذه الحملة كان لها نتائج ايجابية اذ قرر السلطان الأشرف شعبان بعد خروج القبارصة من المدينة ان حول الإسكندرية الى نيابة يقوم بشؤونها نائب السلطان ينفرد بحكمها ويكرس جهوده لتحصينها والدفاع عنها، وهكذا اصبحت الاسكندرية نيابة مستقلة تماثل نيابات السلطنة من حيث النفوذ والصلاحيات وكان السلطان الأشرف شعبان حريصا على تسليح جيشه بآلات الحرب المختلفة وخاصة المدافع، ويُذكر أن زردخانة الإسكندرية كانت مليئة بالآت الحرب المختلفة وخاصة المدافع والمنجنيقات والقنابر أو القنابل وحوالي ستة ألاف سهم وآلاف السيوف والرماح وغيرها، وذلك حرصا منه أن تكون الإسكندرية على أهبة الاستعداد خوفا من غزو الفرنج لها مرة أخرى، وحدثنا عن هذا الغزو النويري السكندري" محمد بن قاسم بن محمد النويري المالكي السكندري في كتابه " الإلمام فيما جرت به الأحكام والأمور المقضية في وقعة الإسكندرية" وقد سبقت الإشارة إليه، فيذكر "أنهم اقتحموا أبواب المنازل المغلقة ينهبون ما فيها كما نهبوا المتاجر والفنادق وحملوا ما وجدوه على الجمال والبغال والحمير، وقتلوا من كان مختبئا، وعرقبوا الخيول والثيران، وأشعلوا كذلك النار في القياسر والخانات، وكسروا القناديل بالمساجد والجوامع، وثبتوا على الأسوار

فشحن السلطان السواحل المصرية والشامية بالعساكر واعادت ترميم واصلاح التحصينات الموجودة، كما قام السلطان بالاشراف بنفسه على تحديث الاسطول المملوكي استعدادا لغزو قبرص التي اصبحت عدوا مباشرا للمماليك فاشرف على انشاء اكثر من مائتي مركب حربي استعدادا لغزو قبرص، وكان من ايجابياتها حرص السلطان الأشرف شعبان على تحديث الجيش وتحديث قدراته العسكرية، فوفر كافة الامكانات للعلماء الحربيين من اجل الإسهام في عملية تحديث الجيش والأسطول بالآلآت حربية متطورة، وهو ما تمخض في النهاية عن وجود تراث علمي حربي ظهر في هذا العصر وتحديدا زمن السلطان الاشرف شعبان الذي كرس كل مجهوداته للعلماء من اجل تحديث قدرات الجيش العسكرية اذ نشطت الحركة العلمية في عهده وهو ما سنتحدث عنه بين اسطر هذه الورقة البحثية. على اية حال نحن أمام تراث علمي حربي نما وازدهر في عصر السلطان الأشرف شعبان وكان له بالغ الأثر في تطور نظم الهندسة الحربية المملوكية في ذلك الوقت، والدليل على هذا كم المؤلفات الحربية الهامة التي ظهرت في ذلك الوقت ومن حسن الحظ ان وصلنا منها ما يدل على ذلك، وحقيقة الأمر أن عصر السلطان الناصر شعبان كان من ازهي الفتر ات تقدما في العلوم الحربية والعسكرية وشهدت ظهور ابتكارات وأنواع متطورة من الأسلحة النارية وخاصة المدافع، جعلت عصر هذا السلطان يمثل بحق مرحلة من أهم مراحل تطور هذه العلوم ، وقد دلل القلقشندي عمليا على هذا التطور وحدثنا عن بعض أنواع الأسلحة التي ظهرت في هذا العصر التي ظهرت في عصر الأشرف شعبان والتي كانت تتم تجربتها تحت إشرافه الشخصي، ويمكن ان نقرر بمنتهى الوضوح أن عصر السلطان الأشرف شعبان كان من أزهى العصور تقدما في العلوم بصفة عامة والعلوم الحربية بصفة خاصة ، ولعل نتيجة ذلك هو إصراره على إعداد جيش قوي مسلح بأحدث آلات الحر، وذلك تجنبا لعدم تكرار مأساة الإسكندرية ٧٦٧هـ/١٣٦٥، والعمل على تصدي أي وهذا بطبيعة الحال يفسر لنا سبب تطور وتقدم الحركة العلمية في عصر هذا السلطان، وسبب اهتمامه وحرصه الشديد بالعلماء، والعمل على تدوين خبراتهم العلمية للاستفادة منها بعد ذلك ومحاولة تطبيقها عمليا وهو ما ادى الى ظهور تراث علمي حربي متطور في عهد هذا السلطان.

ولا شك ان هذا التراث قد ساهم وانعكس بشكل كبير على نظم الهندسة الحربية خلال العصر المملوكي بل ساهم الى حد كبير في حدوث نقلة نوعية كبرى ادت الى تطور ملحوظ في هذا المجال فيما

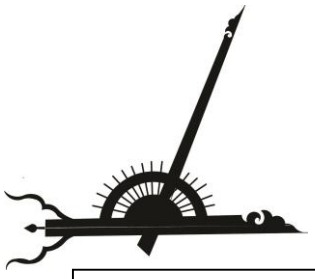
أعلام الصلبان، واسروا الكثيرين من الأهالي، وقد استغرقت عمليات السلب والنهب والخطف من بعد ظهيرة يوم الجمعة حتى يوم السبت الموافق ثاني صفر"، وربما حرص السلطان الأشرف شعبان بعد تعرض الإسكندرية لهذا الغزو المدمر على تسليح جيشه بأسلحة متطورة مثل المدافع وغيرها خوفا من تكرار الغزو من الإفرنج مرة أخرى، حتى انه اتخذ قرارا بتحويل الإسكندرية من الولاية إلى النيابة، وذلك لينفرد نائبها بالاهتمام بها وبتحصينها مثلها مثل نواب بلاد الشام. انظر: كاله، "صورة عن وقعة الإسكندرية": ٥٠؛ زكي، "غزو الإفرنج للإسكندرية": ١٧.

بعد وهو ما نستحدث عنه تفصيلا من خلال هذا الطرح. ويمكن ان نقرر بمنتهى الوضوح ان الاهتمام بالجوانب العسكرية وصناعة السلاح بلغ مستوى رفيعا في عهد السلطان الأشرف شعبان بما اقتضته الظروف التي مرت خلال تلك الفترة من غزو للقبارصة، فاستمدت هذه الاهتمامات بالعلوم العسكرية وتطوير تقنيات الأسلحة مشروعيتها من منطلق حفظ النفس والبلاد من غزو العداء مما تطلب بذل الكثير من الجهد في عمليات التطوير التي ادت الى نهضة تكنولوجية عسكرية تستحق تناولها بمزيد من الاهتمام والفحص.

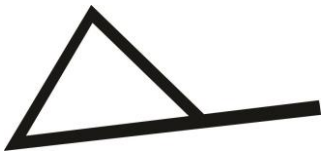
ميزان القريب والبعيد للزردكاش (٧٧٤ – ٧٧٥هـ/١٣٧٢م): وضع ابن أرنبغا الزردكاش (٧٧٤ – ٧٧٥هـ/١٣٧٢م)[١] تصميما لآلة يعرف منها قياس الطول والعرض لإي هدف يريد معرفة قياسه، وسمت هذه الآلة "ميزان القريب والبعيد"، وبدراسة هذه الآلة – على الرغم من ان الزردكاش لم يعطينا شرحا لطريقة استخدامه– استطعنا أن نعرف تقنية عملها عن طريق إستخدام المثلث القائم الزاوية لمعرفة هدف آخر بجواره محدد الطول ويساعد في معرفة الأطوال أو الإرتفاعات المراد قياسها.

هذه الآلة تشبه المنقلة في العصر الحديث وظيفتها قياس الارتفاعات وتحديد الزوايا في الأماكن المراد أخذ الارتفاعات فيها أو قياس الطول والعرض، والآلة عبارة عن قوس المدار وهو نصف دائرة من النحاس متدرجة من (٠–١٨٠°) مثبتة على مسطرة الميزان وهي قاعدة من الخشب عريضة تسمح عرضها بالارتكاز على الارض بشكل مريح، ويخرج من منتصف القاعدة مسطرة القوس وهو مؤشر للميزان وهو قائم من الخشب محدد بسهم مؤشر في نهايته العلوية ويتحرك على محور نصف الدائرة النحاسي بحرية ذهابا وإيابا عن طريق مفصل متحرك، واستعان المؤلف بآلة اخرى وهي مثلث قائم الزوايا يستخدم لمعرفة طول الشجر أو ما شابه كقياس معلوم يساعد في تحديد معرفة ارتفاع الحصن أو البرج المراد قياسه (شكل ٧ ، ٨).

(١) إبن أرنبغا الزردكاش لا نعرف الكثير عنه سوى أنه كان زردكاش السلطان الأشرف شعبان بن حسين (٧٦٤–٧٧٨ هـ / ١٣٦٢ – ١٣٧٧م) وكان يعمل بمجال التقنيات الحربية بحكم وظيفته وطلب منه أن يؤلف كتابا في التقنيات الحربية المتطورة ربما بعد حادثة الإسكندرية سنة ٧٦٧هـ/١٣٦٥م على يد الصليبيين القبارصة، ترجمته كتاب الدرر الكامنة لإبن حجر العسقلاني حيث ذكر أنه يعرف بالبلدي وكان نائب السلطنة بحلب ومات في سنة ٧٨٢هـ/١٣٨١م بحلب عن نيف وأربعين سنة، ابن حجر العسقلاني "أبو الفضل أحمد بن علي ت٨٥٢هـ": الدرر الكامنة في أعيان المائة الثامنة، دار الجيل بيروت ١٩٩٣م، ج٤، ص٣٦٧، ٣٦٨.

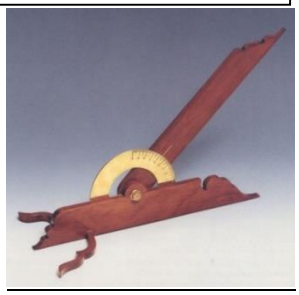


(شكل٧) ميزات القريب والبعيد. مخطوط ابن ارنبغا الزردكاش، ورقة.٣٧



(شكل٨) نموذج من ميزان القريب والبعيد صنع على اساس مخطوط الأسلحة للزردكاش والنموذج محفوظ بمتحف معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية. جامعة فرانكفورت

(شكل٩) ميزان القريب والبعيد لقياس الارتفاعات والمسافات. رسم طبقا لوصف الزردكاش. عمل الباحث



(شكل١٠) مثلث متغير الأضلاع لحساب الأطوال. رسم طبقا لوصف الزردكاش. عمل الباحث

تقنية عمل ميزان القريب والبعيد:

هذا الميزان يعتمد في استخدامه على حساب المثلثات، ولذا وجب علينا القاء الضوء على أهمية حساب المثلثات عند علماء العرب والمسلمين، فقد شغل حساب المثلثات مكانة مهمة في الرياضيات الإسلامية وهو الفرع الذي أسهم فيه المسلمون أعظم الإسهامات غير المسبوقة على حد قول دونالد هيل[١]

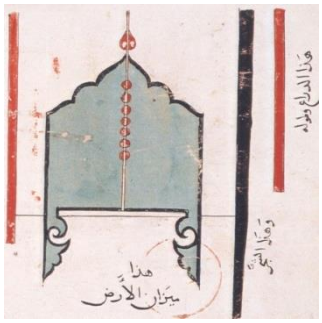
وحقيقة الأمر لقد برع علماء المسلمين في مجال هندسة قياس الارتفاعات منذ القرن الخامس هجري / الحادي عشر الميلادي وهو ما عرف عندهم بـ "علم المساحة التثليثية" وكان الغرض منه أخذ القياس الدقيق للارتفاعات والأعماق ولقياس عروض الأنهار والوديان، وكانت الآلة المستخدمة والشائعة عندهم حتي ظهر الإسطرلاب عن طريق مربعات الظل الموجودة بظهر هذه الآلة حيث أنها كانت تحاكي الشاخص وظله أي دآلة الظل لمثلث وكانت المربعات تقسم إلى أعشار والأعشار إلى أصابع، وعندما كان يتم توجيه العضادة الموجودة على المربعات نحو جسم شاهق كالبرج مثلا يستطيع الراصد عن طريق مربعات الظل

(١) **دونالد هيل (د.)**: العلوم والهندسة في الحضارة الإسلامية، ترجمة د. أحمد فؤاد باشا، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد ٣٠٥، يوليو ٢٠٠٤ م، ٤٨.

وبعض العمليات الحسابية أن يعرف ارتفاع هذا البرج وكذلك في معرفة عرض نهر وما إلى ذلك (شكل ٩ ، ١٠)[١]

ميزان الأرض للزردكاش:

استخدم الزردكاش آلة اخرى لتسوية الأرض لتصلح لارتكاز الأسلحة الثقيلة عليها مثل المنجنيقات أو المدافع وقنداقها وخاصة أن مثل هذه الأسلحة لا يمكن استخدامها الإستخدام الأمثل إلا على أرض مستوية تماما، وقد تنتقل المعارك إلى مناطق وعرة غير مستوية، فابتكر الزردكاش آلة حربية سماها "ميزان الأرض" وهي تستخدم لتسوية الأرض الغير ممهدة حتى يتم تمهيدها قبل إستخدام ميزان القريب والبعيد أمام سور الحصن أو البرج لأخذ قياسه كقاعدة مستوية لوضع ميزان القياس عليه.



(شكل١١) ميزات الارض. مخطوط ابن ارنبغا الزردكاش، ورقة.٣٧

(شكل١٢) نموذج من ميزان الارض صنع على اساس مخطوط الأسلحة للزردكاش والنموذج محفوظ بمتحف تاريخ العلوم العربية والإسلامية بمعهد تاريخ العلوم بجامعة فرانكفورت.

طرق استخدام ميزان القريب والبعيد:

طريقة أبعاد الزوايا:

هذه الطريقة تستخدم لأخذ قياسات الزوايا عند الحاجة لمعرفة قياس الإرتفاعات، وتقنية عملها يوضع الميزان على الأرض المستوية تماما لا اعوجاج فيها- ولذلك يعرض لنا الرزدكاش آلة "ميزان الأرض" جنبا إلى جنب مع ميزان القريب والبعيد دليل على أن الآلتين لا غنى لاحدهما مع الاخرى البعض- على ان تسلط طرف مؤشر الميزان بأعلى نقطة في الشيء المراد ارتفاعه وليكن سور الحصن، ثم تؤخذ زاوية الأرتفاع فتحدد الزاوية وفق لذلك، وبطريقة تقريبية يتم معرفة المسافة الأفقية التي تبعد بين موضع الميزان وبين البرج أو سور الحصن المراد معرفة ارتفاعه، ومعلوم لدينا انه إذا تم معرفة زاوية الارتفاع عن

(١) دونالد هيل: العلوم والهندسة في الحضارة الإسلامية، ٢٥٩، ٢٦٣.

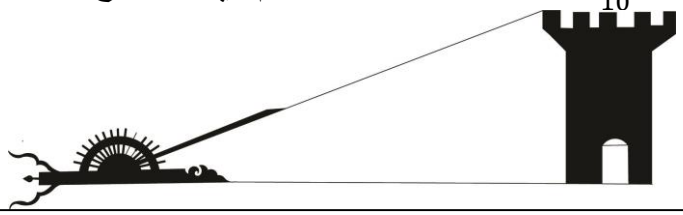
طريق ميزان القريب والبعيد ومعرفة المسافة التي بين الميزان والشيء المراد أخذ ارتفاعه تصبح المعادلة معروفة:

زاوية الأرتفاع تشير إلى الزاوية التي تنشأ عن خط الرؤية للراصد والخط الأفقي لرصد جسم اعلى الأفق.

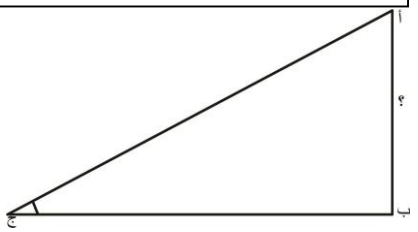
$$\text{ومعروف ان ظا الزاوية} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} \text{ أي ظا} = \frac{\text{ق}}{\text{ج}}$$

مثال :اذا كان معلوم لدينا الزاوية بعد معرفتها بميزان القريب والبعيد ولتكن ٤٠ درجة وهي ترمز لها بالرمز "ظا"، ومعروف لدينا المسافة بين موضع الميزان والشيء المراد اخذ ارتفاعه وتقدر ١٠م فتكون المعادلة كالأتي:

$$\text{ظا } ٤٠^{\circ} \text{ ⟋} = \frac{؟}{10} = \text{ظا } ٤٠^{\circ} \times ١٠ = ٨,٣٩ \text{ م اي ان ارتفاع المبنى } ٨,٣٩ \text{ م}$$



(شكل١٣) معرفة ارتفاع برج الحصن بطريقة ابعاد الزوايا بميزان القريب والبعيد. عمل الباحث



(شكل١٤) معرفة ارتفاع برج الحصن بطريقة ابعاد الزوايا. عمل الباحث

<u>طريقة تشابه المثلثات عند الزردكاش</u>:

وهذه الطريقة تعتمد في استخدامها على استخدام ميزان القريب والبعيد لإيجاد زوايا الارتفاع بين نقطتين معلومتين المسافة بينهما يبعدان عن برج الحصن المراد معرفة ارتفاعه عن طريق اخذ زاويتي ارتفاع النقطتين اللتين تبعدان عن برج الحصن.

فلو أردنا أخذ ارتفاع برج حصن على مرمى البصر ووقف الراصد أمامه على مسافة بعيدة واخذ زاوية إرتفاع البرج بميزان القريب والبعيد وكانت $٣٦,١٨^{\circ}$ ثم سار في إتجاه قاعدة البرج مسافة ١٠٠م ورصد زاوية ارتفاع البرج بالميزان وكانت $٦٠,١٧^{\circ}$، فمن خلال أخذ هاتين الزاويتين يستطيع الراصد أن يعرف إرتفاع برج الحصن عن طريق معادلة تشابه المثلثات وهي كالتي:

(و أ ج) وطول الضع (أو)

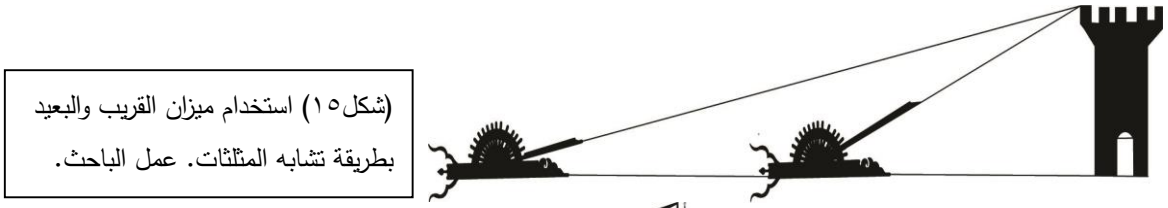
$$\text{و أ ج} = ٦٠,١٧^{\circ} - ٣٦,١٨^{\circ} = ٢٣,٥٩^{\circ}$$

$$\text{أ و} = \frac{\text{أ و}}{\text{جا } 36.18^\circ} = \frac{100}{\text{جا } 23.59^\circ} = \text{أ و} = \frac{100 \times \text{جا } 36.18^\circ}{\text{جا } 23.59^\circ}$$

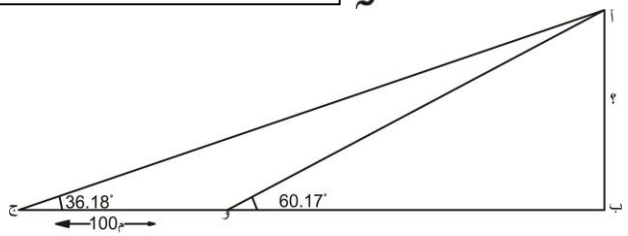
والمطلوب معرفة طول (أ ب) وهو طول برج الحصن

$$\text{أ ب} = \frac{\text{أ ب}}{\text{جا } 60.17^\circ} = \text{أ ب} = \frac{\text{أ}100 \times \text{جا } 36.18^\circ}{\text{جا } 23.59^\circ} \times \text{جا } ٦٠,١٧^\circ = ١٢٦ \text{ م}$$

أي ان ارتفاع برج الحصن ١٢٦ متر.



(شكل١٥) استخدام ميزان القريب والبعيد بطريقة تشابه المثلثات. عمل الباحث.



(شكل١٦) طريقة تشابه المثلثات لحساب ارتفاع برج الحصن. عمل الباحث

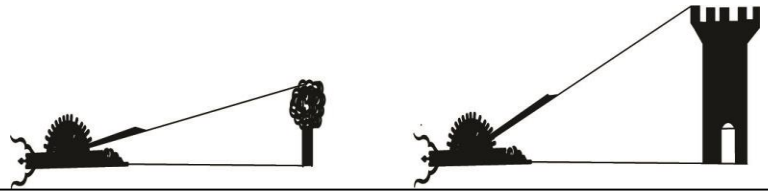
وهنا استخدم الراصد ميزان القريب والبعيد مرتين لأخذ زاويتي ارتفاع بينهما ١٠٠م لمعرفة ارتفاع برج الحصن، وتتم العملية الحسابية اعتمادا على قوانين حساب المثلثات، فنحتاج أولا إلى رصد الزاوية

طريقة الارتفاع المساعد:

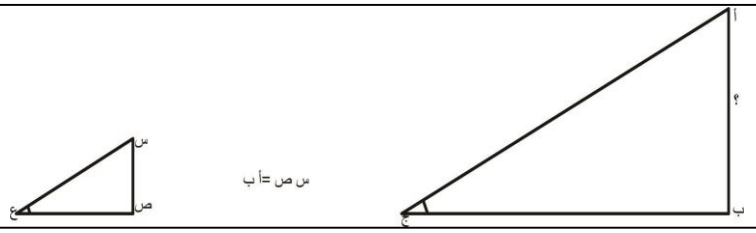
وهناك طريقة أخرى استخدمها الزردكاش في كيفية أخذ الارتفاعات أو عرض نهر وما شابه وهي طريقة أخرى من طريق تشابه المثلثات وتستخدم في حال عدم معرفة المسافة المعلومة بين موقع الراصد والبرج أو السور المراد معرفة ارتفاعه، وهي تستخدم أيضا ميزان القريب والبعيد مع مثلث مصنوع من الخشب يعرف بمثلث متغير الأضلاع، ومن خلاله ارتفاع شجرة كعامل مساعد لأخذ ارتفاعات المباني، ويمكن الاستعاضة عن الشجرة بارتفاع معلوم لدى الشخص الراصد وفي هذه الطريقة يتم رصد الهدف بواسطة المثلث المتغير الاضلاع فتتحدد الزاوية بواسطة ميزان القريب والبعيد وأبعاد المثلث المتغير الأضلاع ومعرفة زاوية طول الشجرة ويتم احتساب المسافة الأفقية وطول الشجرة بعد أخذ زاوية الارتفاع للشجرة واحتساب المسافة بين الراصد والشجرة وعن طريق أخذ زاوية ارتفاع برج الحصن بالميزان ومعرفة طول الشجرة وزاوية ارتفاعها يستطيع الراصد معرفة طول برج الحصن.

وهي تشبه الطريقة الأولى غير أن المثلث المتغير الأضلاع هنا يساعد على أخذ طول الشجرة والمسافة بين الراصد والشجرة ومن ثم معرفة المسافة بين الراصد وبرج الحصن مع معرفة زاوية ارتفاع الحصن وعن طريق معرفة المسافة بين الراصد وبرج الحصن وزاوية ارتفاع الحصن يتم احتساب ارتفاع برج الحصن.

فاذا كان معلوم لدينا الزاوية (س ع ص) والمسافة بين (ع ص) ومعلوم لدينا الزاوية (ا ج ب) و(س ص = أ ب) فنستطيع معرفة المسافة بين (ج ب) ومن ثم معرفة ارتفاع برج الحصن (أ ب)



(شكل١٧) حساب ارتفاع برج الحصن بميزان القريب والبعيد ومثلث متغير الأضلاع . عمل الباحث



(شكل١٨) حساب ارتفاع برج الحصن بميزان القريب والبعيد ومثلث متغير الأضلاع . عمل الباحث

ومن خلال معرفة طول الشجرة والمسافة التي بينها وبين البرج والمسافة التي بين الراصد والشجرة نستطيع معرفة طول البرج مثال :-

$$\text{أ ب} = \frac{\text{ع ب} \times \text{ص س}}{\text{ع ص}} = \frac{15\text{م} \times 100\text{م}}{20\text{م}} = ٧٥\ \text{م (ارتفاع المبنى)}$$

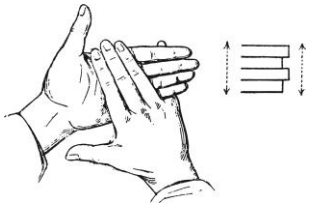
ميزان "عكاز يعقوب" لقياس المسافات لآبن غانم الأندلسي١٠٤٢هـ/١٦٣٢م:

مراحل تطور ميزان عكاز يعقوب قبل عصر بن غانم الاندلسي:

شغل تفكير علماء الهندسة فكرة كيفية اخذ قياس الارتفاعات في الظروف والأحوال التي لا يمكن استخدام الاسطلاب فيها، وهو أمر لابد منه ولا غنى عنه خصوصا عند الملاحين العرب أثناء السير بالسفن لمعرفة رصد المسافات وخاصة للسفن الحربية أثناء المعارك لتحديد مدى والمدى المؤثر مقذوفات الأسلحة من الضروري معرفة وتحديد المسافات بين السفن لتحديد المدى للمقذوفات، كذلك معرفة ارتفاعات النجوم اثناء السير وهو أمر لاغنى عنه لتحديد الطرق البحرية، ونظرا لتعرض السفن لاضرابات قوية أثناء السير من ارتفاعات للأمواج او تقلبات جوية ورياح قوية تجعل السفن في سيرها مضطربة وغير مستقرة مما يصعب رصد القياسات بالاسطلاب والبوصلات وهي من آكاد الآلات الهامة لدى البحارين، فكان لابد من إيجاد حل لذلك فلجأ علماء العرب إلى ابتكار وسائل اخرى ادت في نهاية تطورها إلى ابتكار عكاز يعقوب، ومن هذه الوسائل طرق القياس بالأصبع أو بآلة الخشبات.

طريق قياس الارتفاعات بالأصبع:

اوجد هذه الطريقة العالم البحار ابن ماجد لاخذ قياس ارتفاعات النجوم عن طريق الأصبع دون الحاجة إلى الآت تذكر، كما يمكن استخدامها لأخذ ارتفات اخرى كالتحصينات الحربية والابراج وتعتمد هذه الطريقة بمد ذراعك إلى المام ويدك مقبوضة مضمومة وبذلك يكون طول قبضة اليد بمقدار أربعة أصابع ولا يدخل الإبهام في هذا القياس والأربع أصابع هي المحصورة بين الخنصر والسبابة فلو لامس طرف الخنصر الأسفل الحصن من أسفل وطرف السبابة العلوي الحصن من أعلى لكان ارتفاع هذا الحصن أربعة أصابع وعن طريق تحول قبضة اليد من الوضع الرأسي إلى الوضع الأفقي وأخذ علاقة القياس عند نهاية طرف اليد من ناحية السبابة وقبضة اليد على الوضع الأفقي عن طريق شخص مساعد أو علامة مميزة ثم يتم اخذ طول هذه المسافة الأفقية و هي تساوي طول الحصن أو البرج، واستخدمت هذه الطريقة لآخذ ارتفاعات النجوم اثناء سير السفن عن طريق تلامس طرف الخنصر الأسفل لخط الأفق من أسفل وطرف السبابة العلوي النجم وامر يتخلف هنا عن الطريقة المستخدمة في أرتفاع التحصينات الحربية نظرا لارتعات النجوم مما جعل العالم بن ماجد يوجد طريقة محددة لذلك، فمن المعروف أن دائرة الأفق ٣٢ جزء وكل جزء مقسم إلى قبضة يد من الخنصر إلى الإبهام واليد مقبوضة وهي بمقدار سبعة إصبع شرط أن تكون مادا ذراعك إلى الأمام وتقسيم دائرة الأفق على هذا الوضع إلى ٢٢٤ إصبعا وهو قانون بني عليه تقسيم البوصلة، ولكن الصعوبات التي واجهت البحارين العرب هو اختلاف حجم قبضة اليد من شخص لاخر وهو ما دعاهم إلى تحديد وحدة محددة للقياس هو أن الذراع يساوي ٢٤ إصبعا والإصبع ست شعيرات مضمومة والشعيرة ست شعرات من شعر البغل، وقد درجت آلات قياس الارتفاعات عن البحارة العرب على هذا الأساس (شكل١٩)[١].



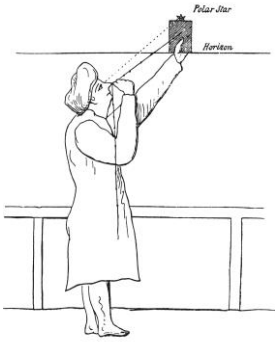
(شكل١٩) اخذ قياس الارتفاعات بالأصبع. عن:
Fuat Sezgin, Science and Technology in Islam, v.3, 44

طريقة القياس بآلة الخشبات أو آلة الكمال:

لم تكن طريقة القياس بالأصبع تسجل قياسات دقيقة على أية حال، ولجأ ابن ماجد إلى أيجاد طريقة اخرى باستخدام آلة الخشبات أو آلة الكمال، وهذه الآلة عبارة عن قطعة خشبية بهيئة متوازي مستطيلات مثقوب مركزها ويخرج من هذا الثقب خيط رفيع طويل ومعقود عدة عقد ومحسوب المسافة بين كل عقدة وأخرى ويتم استخدامها في عملية القياس عن طريق تثبيت الضلع الأسفل لمتوازي المستطيلات على حافة الحصن من أسفل والضلع العلوي لمتوازي المستطيلات على حافة الحصن من أعلى على أن

(١) أنور عبد العليم: الملاحة وعلوم البحار عند العرب، عالم المعرفة، الكويت ع ١٣،١٩٩٠م، ص١٤٦.

يكون الذراع مشدود إلى الأمام وممسكا بقيضة يده المتوازي الخشبي وباليد الأخرى بالخيط الخارج من مركز الخشبة وينظر بعين الراصد، ويقرب ويبعد حتى يضبط القياس على أن يكون الخيط ممتدا حتى يلامس الأنف ويكون مشدودا، وعن طريق معرفة طول الخيط وبحساب المثلثات لان الخيط المعقود معروف نسب اطواله فالحكمة من استخدام هذه العقد هي معرفة العدد الدال عليها ليوضح لنا ارتفاع الحصن وخاصة إن كان القياس ليلا، وتطورت هذه الآلة لتصبح على يد ابن ماجد ثلاثة خشبات كبيرة ومتوسطة وصغيرة وبين كل خشبة وأخرى خيط معلوم طوله وتم استبدال هذا الخيط المعقود بمسطرة من الخشب متدرجة يتحرك عليها الخشبات الذي وصل عددها إلى اربع احيانا ويتم اخذ القياس عن طريق تثبيت الخشبة الكبرى على طول الحصن ثم تخط علامة ثم تعيد الكرة مع خشبة اصغر منها وتخط علامة وما بين العلامتين هو طول الحصن ، واستخدم هذه الآلة بن ماجد في معرفة ارتفاعات النجوم خلال السير في البحار وكانت هذه الأله مقدمة لابتكار عكاز يعقوب حيث استبدلت الخشبات متوازية المستطيلات بأعواد خشبية اخف منها واكثر دقة (شكل ٢٠،٢١)[١].



(شكل٢٠) أخذ قياس الارتفاعات بالخشبات أو آلة الكمال. عن: انور عبد العليم: الملاحة وعلوم البحار عند العرب، شكل ٥، ص١٤٨ و
Fuat Sezgin : Science and Technology in Islam, v.3, 44

(شكل٢١) آلة الكمال أو الخشبات بعد تطورها على ايدي العالم بن ماجد. والآلة صممت على اساس وصف بن ماجد ←
Fuat Sezgin : Science and Technology in Islam, v.3, ,45

([1])Fuat Sezgin, Science and Technology in Islam, Publications of the Institute for the History of Arabic-Islamic ScienceUniversitat, Frankfurt 2010, V 3, 47.

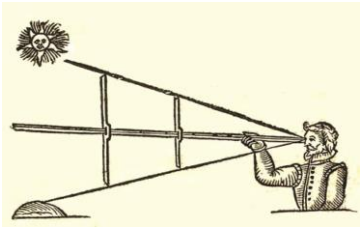
تأصيل عكاز يعقوب وتطوره:

اما عن تأصيل وتأريخ هذه الآلة فقد جاء وصفها في مخطوطات الملاحة تحت أسم عصا يعقوب أو Jacob Staff أو Balistilha الباليستلها أو الاربليت، وهي آلة يدوية تم ابتكارها لاستخدامها في رصد ارتفاعات النجوم والمسافات بين السفن وخاصة أن البحاريين كان من الصعب عليهم قياس الارتفاعات عن طريق الاسطلاب الذي كان لا يمكن القياس به على ظهر السفن لاضراباتها أثناء السير فلجأ البحارون العرب إلى ابتكار آلة تمكنهم من رصد الارتفاعات بدلا من الاسطرلاب.

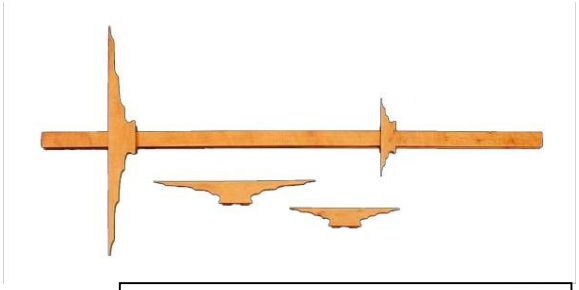
واستخدمت عكاز أو عصا يعقوب لأخذ القياس من قبل الملاحين العرب والمسلمين منذ القرن ٣هـ/٩م طبقا لوصف العالم المسلم يعقوب بن اسحق الكندي (ت بعد ٢٥٦هـ/٨٧٠م) وذلك لقياس ارتفاعات النجوم أثناء الإبحار أو ارتفاعات الشمس، وهذه الآلة تشبه الآلة الثالثة عند السموأل، وهي عبارة عن مسطرتين متدرجتين متصلتين بعضهما ببعض من طرفهما بمفصل متحرك والمسطرة العلوية بها هدفتين متقابلتين واحدة في الطرف الامامي والاخرى في الطرف الخلفي لينظر الراصد من خلالهما لأخذ قياس الرصد ويتدلى من طرف المسطرة العلوية طرف خيط ينتهي بثقالة من الرصاص تستخدم مؤشر للقياس عند إجراء عملية الرصد، وتتم عملية الرصد من خلال النظر عبر الهدفتين مع تحريك المسطرة العلوية صعودا وهبوطا حتى يتم رصد القياس ومعرفة اين يقف الخيط على المسطرة السفلية وعن طريق احتساب المسافة من بداية المسطرة السفلية من جهة الراصد الى طرف الخيط يمكن معرفة قياس الارتفاع، وقد نقل البرتغاليون هذه الآلة من العرب المسلمين منذ القرن ١٠هـ/١٦م تحت اسم عصا يعقوب أو الباليستلها (شكل٢٢).

(شكل٢٢) آلة قياس الارتفاعات والمسافات صممت على أساس يعقوب بن اسحق الكندي (ت بعد ٢٥٦هـ/٨٧٠م). متحف بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية . جامعة فرانكفورت

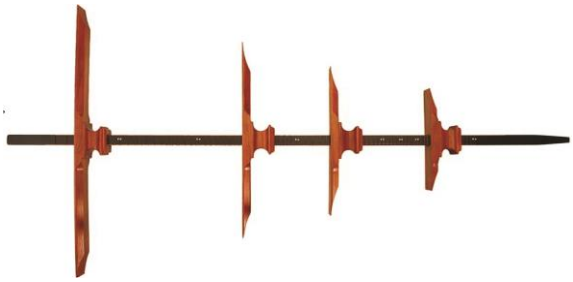
وطور البحارة البرتغاليين عكاز يعقوب أو عصا يعقوب لتصبح مسطرة لها أربه هدفات استخدمت لقياس ارتفاعات النجوم والكواكب والشمس وهي تشبه نفس الآلة التي وصفها بن غانم الأندلسي التي وصف استخدامها في أخذ ارتفاعات التحصينات او قياس الطول والعرض مثل عرف نهر او ما شابه ، ويوجد منها نموذجين في اسبانيا ، واحد المتحف البحري بمدريد والأخرى بمتحف البحرية ببرشلونة (شكل ٢٣، ٢٤، ٢٥).



(شكل٢٣) عصا يعقوب من كتاب:
Instrumentos de navega−ción Del Mediterráneo al Pacífico,
عن : Fuat Sezgin : Science and Technology in Islamm V

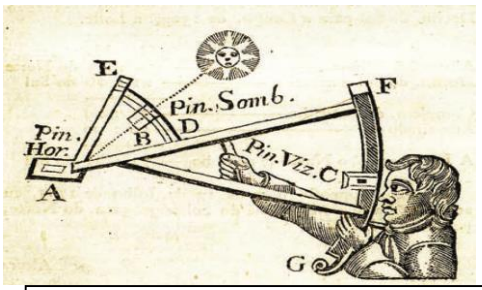


(شكل٢٤) عصا يعقوب لقياس الارتفاعات والمسافات صممت على أساس التطور البرتغالي من أربع مساطر. متحف بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية . جامعة فرانكفورت



(شكل٢٥) عصا يعقوب لقياس الارتفاعات والمسافات ذات أربع مساطر صممت على أساس التطور البرتغالي بمتحفي البحري بمدريد والمتحف البحري ببرشلونة. متحف بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية. جامعة فرانكفورت

وفي عام ١٦٠٧م طور بحار برتغالي اسمه جون دافوس john Davis عصا يعقوب حيث اضاف اليها أرباع الدائرة حتى انها سميت أرباع دافوس Davis Quadrant وهي تعتمد على ربعي دائرة امامي وخلفي وكل ربع متدرج عليه هدفة ينظر منها الراصد لخذ قياس الارتفاعات (شكل ٢٦ ، ٢٧).



(شكل٢٦) تطور عصا يعقوب لقياس الارتفاعات والمسافات على أيدي جون دافوس ١٦٠٧م . عن:

Fuat Sezgin : Science and Technology in Islamm V 3p.48

(شكل٢٧) عصا يعقوب لقياس الارتفاعات صممت على أساس وصف جون دافوس ١٦٠٧م والنموذج بالمتحف البحري بمدريد والمتحف البحري ببرشلونة . متحف بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية . جامعة فرانكفورت

عكاز يعقوب عن ابن غانم الأندلسي:

عكاز يعقوب أو عصا يعقوب كما يطلق عليها Jacob Staff، وقد ورد ذكر هذه الآلة بمخطوط بن غانم الاندلسي الموسوم بـ "العز والمنافع للمجاهدين في سبيل الله بالمدافع"[١] وقد تناولتها بالدراسة والتحليل اثناء دراستي لهذا المخطوط وهو قيد النشر بإذن الله، وقد أفرد بن غانم الاندلسي ١٠٤٢هـ /١٦٣٢م باب كامل لمعرفة البعد بين موضعين أو ارتفاع حصن أو جبل أو ما شابه قال فيه ما نصه "باب لمعرفة البعد الذي بين موضعين أو ارتفاع حصن أو جبل أو عرض واد ولعمل خطارة تحت الأرض ويسمى دامس عند العامة فاخترت العمل في ذلك فيما فيه من الاختلاف وهذا التي نضع هنا يسمى عندهم "الكيل بعكاز يعقوب" وهو أن تضع مسطرة على طول أربعة أشبر أو اقل وتقسمها في ثمانية أجزاء مستوية وتعمل فيها سبع ثقب ببرمة قدر ما تُدخل على كل ثقبة سمارة أو عود رقيق وطول السمرة قدر ما بين طرف المسطرة والثقبة الأولى، ثم سمارة ثانية على طول ما بين الثقبة الثانية وطرف المسطرة ويكون في طوله مرتين من السمرة الأولى، وسمرة ثالثة وفي طولها من الثقبة الثالثة إلى طرف المسطرة، ثم سمرة رابعة وفي طولها قدر ما بين الثقبة الرابعة إلى طرف المسطرة ، وبهذا العمل تقطع سبع سمر، فإذا أردت تأخذ ارتفاع برج أو جبل فخذ واحدة من السمرة وادخلها في الثقبة الأولى أو الثانية أو الثالثة أو الذي تريد وتكون في المسطرة مستوية الطرفين وثابتة وفي الثانية البعيدة عن النظر أحسن، ثم تأخذ طرف المسطرة وتقربه من العين لتقص[٢] به وتنظر طرفين السمرة الطرف الواحد إلى أعلى البرج حتى يستوي الطرف معه وإذا احتجت فتقرب من البرج وأيضا يكون طرف السمرة التحتاني مستوي مع قعر البرج، واخذ القياس برجليه مجموعة في الأرض ويعلم بين رجليه في الأرض ثم تخرج السمارة من تلك الثقبة وانقلها إلى الثقبة التي هي من ورائها وتقّرب من البرج إلى أن تساوي الطرفين أعلى البرج وأسفله ثم يعلم عند قدميه ثم يكيل ما بين العلمتين[٣] في الأرض وقدر ما بينهما في الطول يكون ارتفاع البرج أو الجبل وهذه قاعدة صحيحة وإذا لم تصدف يكون من عدم المعرفة وتحقيق العمل، وأنبه أن إذا أخذت القياس الأول وأخرجت السمرة إذا وضعتها في ثقبة إلى قدام في المسطرة انك ترجع إلى وراء لأخذ القياس في المرة الثانية، وإذا وضعتها في ثقبة إلى وراء الأولى فتقرب أنت من البرج لأخذ القياس الثاني، وتكون المسطرة في عرضها قدر عرض الأصبع الابهم".

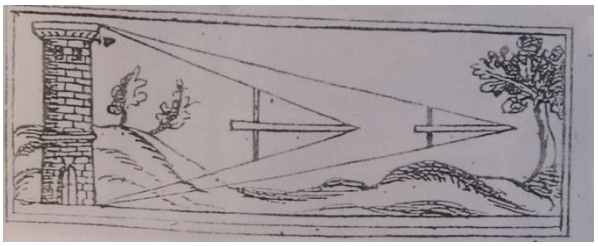
وذكر بن غانم عند معرفة عرض واد ما نصه "**وإذا أردت أن تعرف عرض واد لعمل قنطرة** عليه للجواز عليها المدافع وجميع الناس، يكون ذلك بالمسطرة، إلا انك بعد أن تجعل السمرة فيها تنظر على طرفيها وهي كقضيب القوس لان المرة الأولى التي ذكرنا هو لأخذ الارتفاع وهذا للعرض فيما بين حافتين

(١) المخطوط تم نشره ٢٠١١ بجامعة سوهاج من قبل الباحث، والآن يعاد نشره مرة أخرى دراسة وتحقيق.

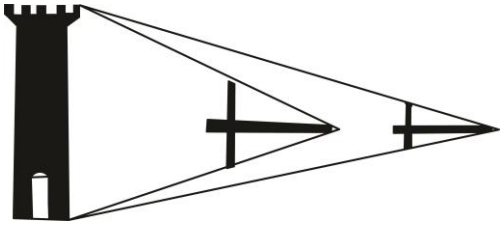
(٢) يقصد لتقيس.

(٣) يقصد العلامتين.

الواد أو حاشيتيه أو بين دارين أو منزلتين، والعمل في ذلك تجعل طرف السمرة قبالة حاشية الواد ثم تنظر الطرف الأخر هل هو قبالة الحاشية الأخرى فان لم يكن فتتحرك حتى تكون طرفي السمارتين بالنظر مع الحاشيتين، ثم يرشم[١] هنالك فعلّم بين القدمين وانتقل إلى قدام أو إلى ورائك حتى يكون الطرف سواء مع الحاشية الاخرى ويخرج السمارة ويجعلها في ثقبة أخرى ثم تكل[٢] في الأرض وقدر ما بين العلمتين هو عرض الواد أو بين دارين أو منزلتين، وهذه صفة عمل غير الأول لأخذ عرض للواد، وذلك أنك تضع في المسطرة سمرة تكون طويلة أو من القصار وتقيس بالنظر حتى تكون طرف المسطرة على حاشية الواد من الجهة ثم تنظر قبالة طرف السمرة الاخرى التي هي على الشمال إلى جهة الأرض وأثبت على الموضع الذي هو قبالة طرفها واطرح المسطرة في موضع رجليك وامشي إلى ذلك الموضع وعلم فيه علامة ظاهرة إذا لم تكن فيه شجرة أو حجرة، ثم تمشي إلى حاشية الواد للموضع الذي كان قبالة طرف المسطرة وعلم هنالك، وما بين العلمتين هو قدر عرض الواد، ونضع هنا صورة المسطرة وما يكيل بها وهي على ثلاثة وجوه"[٣] (شكل ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١).



(شكل ٢٨) طريقة اخذ ارتفاعا برج حصن بعكاز يعقوب لقياس المسافات عند بن غانم الأندلسي، العز والمنافع

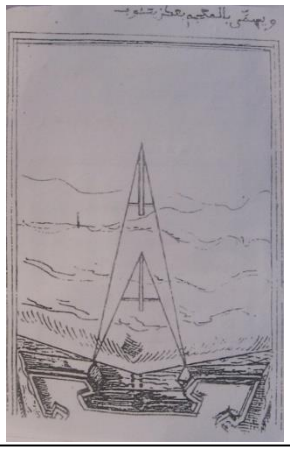


(شكل ٢٩) طريقة اخذ ارتفاعا برج حصن بعكاز يعقوب لقياس المسافات عند بن غانم الأندلسي مأخوذ من الشكل السابق . عمل الباحث

(١) يقصد يرسم.

(٢) يقصد تقيس.

(٣) الخراط، المصطفى محمد الخراط: تطور الأسلحة النارية واثرها على تطور العمائر الحربية في مصر، جامعة سوهاج ٢٠١١م، ص٦٦٣، وانظر ايضا: ابراهيم بن غانم الاندلسي: العز والمنافع للمجاهدين في سبيل الله بالمدافع ، دراسة وتحقيق دكتور المصطفى محمد الخراط، "تحت النشر".



(شكل ٣٠) طريقة اخذ عرض بين برجي حصن بعكاز يعقوب عند بن غانم الأندلسي. العز والمنافع

(شكل ٣١) طريقة اخذ عرض نهر بعكاز يعقوب عند بن غانم الأندلسي. العز والمنافع

تقنية عمل عكاز يعقوب لقياس المسافات عند بن غانم:

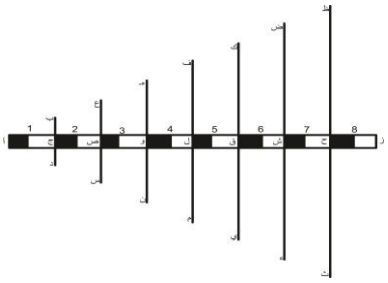
وصف بن غانم اجزاء ومكونات "عكاز يعقوب" لقياس المسافات على انها مكونة من مسطرة على طول أربعة أشبر[١] أو اقل وتقسمها في ثمانية أجزاء مستوية وتعمل فيها سبع ثقب ببرمة قدر ما تُدخل على كل ثقبة سمارة أو عود رقيق وطول السمرة قدر ما بين طرف المسطرة والثقبة الأولى، ثم سمارة ثانية على طول ما بين الثقبة الثانية وطرف المسطرة ويكون في طوله مرتين من السمرة الأولى، وسمرة ثالثة وفي طولها من الثقبة الثالثة إلى طرف المسطرة، ثم سمرة رابعة وفي طولها قدر ما بين الثقبة الرابعة إلى طرف المسطرة، وبهذا العمل تقطع سبع سمر.

لو كانت طول المسطرة (أ ز) ١٢٠ سم فان وضع العواد كالاتي:

- العود الأول (ب ج د): طول العود ١٥ سم، وموضع تثبيته (أج) على بعد ١٥سم من طرف المسطرة على ان يكون (ب ج = ج د).
- العود الثاني (ع ص س): طول العود ٣٠ سم، وموضع تثبيته (أص) على مسافة ٣٠سم من طرف المسطرة على ان يكون (ع ص = ص س).
- العود الثالث (هـ و ن): طول العود ٤٥ سم، وموضع تثبيته (أو)على مسافة ٤٥سم من طرف المسطرة على ان يكون (هـ و = و ن).
- العود الرابع (ف ل م): طول العود ٦٠ سم، وموضع تثبيته (أ ل) على مسافة ٦٠سم من طرف المسطرة على ان يكون (ف ل = ل م).

(١) الشبر يقدر ب ٦ اصبع، عند المذهب الحنفي = (٦×١,٩٣٢) = ١١,٥٩٢سم، وعند المذهب المالكي = (٦×١,٤٧٢) = ٨,٨٣٢ سم. وعند المذهب الشافعي والحنبلي= (٦×٢,٥٧٦) = ١٥,٤٥٦ سم، علي جمعة: المكاييل والموازيين الشرعية، ص٥٢.

- العود الخامس (ك ق ي): طول العود ٧٥ سم، وموضع تثبيته (أ ق) على مسافة ٧٥سم من طرف المسطرة على ان يكون (ك ق = ق ي).
- العود السادس (ض ش ء): طول العود ٩٠ سم، وموضع تثبيته (أ ش) على مسافة ٩٠سم من طرف المسطرة على ان يكون (ض ش = ش ء)
- العود السابع (ظ ح ث): طول العود ١٠٥ سم، وموضع تثبيته (أ ح) على بعد ١٠٥ سم من طرف المسطرة على ان يكون (ظ ح = ح ث). (شكل٣٢)



(شكل٣٢) عكاز يعقوب لقياس المسافات رسم على اساس وصف ابن غانم الاندلسي . عمل الباحث

وإذا أردنا أخذ ألاطوال نختار أي عود من ألاعواد بشرط أن يكون مثبت وموضوع في الثقب الخاص به في المسطرة فمثلا إذا أخذنا العود الثاني طوله ٣٠ سم مثبت في ثقبه من منتصفه أي أن طرف قمة العود إلى ثقب المسطرة يساوي ثقب المسطرة إلى طرف أسفل العود فإذا أخذنا عود طوله ٣٠ سم فيكون إرتفاعه من المسطرة إلى قمة طرفه ١٥ سم ومن المسطرة إلى طرف اسفله ١٥ سم ايضا ثم نأتي إلى البرج المراد معرفة إرتفاعه ويقف الراصد أمامه والمسطرة معه في موضع أفقي ونثبت قمة العود مع قمة البرج وأسفل العود مع أسفل البرج شرط أن لا يكون هناك إنحراف لا يمينا ولا يسارا ولا في الطول ولا في العرض، العود متساو مع البرج في نظر عين الراصد، وإذا وصلنا إلى هذا التساوي في القياس نثبت القدمين ونضع علامة مكان القدمين، ثم بنفس العود نضعه في الثقبة الأمامية من الثقبة التي أخذنا منها القياس الأول ونرجع إلى الخلف بإستقامة موضع القدمين في القياس الأول ونكرر القياس بحيث طرف العود من أعلى مع طرف البرج وطرفه من أسفل مع أسفل البرج وعند تساوي قياس عين الراصد نضع علامة وما بين العلامتين الأولى والثانية هي إرتفاع البرج.

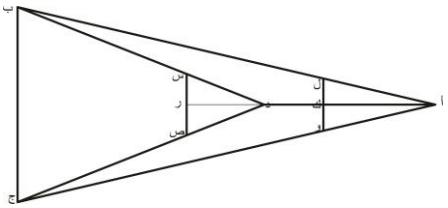
مع الأخذ في الإعتبار انك بعد أخذ القياس الأول إذا نزعت العود ووضعته في الثقبة الأمامية من ثقبة القياس الأول ترجع للخلف وتقيس أما إذا وضعت العود في الثقبة الخلفية من ثقبة القياس الأول تتقدم إلى الأمام وتقيس وهذه قاعدة وضعها بن غانم عند قياس الأطوال وتحديد المسافات (شكل٣٣).

ب ج = س ص

ب ج = ل و

ب ج = المسافة بين ك ر

ك ر = ب ج



(شكل ٣٣) طريقة أخذ ارتفاعا برج حصن. بعكاز يعقوب عند بن غانم الأندلسي شكل تحليلي مأخوذ من الشكل ١٣، ١٤. عمل الباحث

والهدف من تعدد اعواد المسطرة هي اتاحة الفرصة لأخذ الأطوال المناسبة دون مشقة أو تعب فربما احتاج أخذ طول ليس بالارتفاع الشاهق أو اخذ طول بالارتفاع الشاهق فتعدد أطوال أعواد مسطرة الميزان تعطي فرصة لأخذ اي طول كان أو عرض مهما كان ارتفاعه أو اتساعه (شكل٣٤).

(شكل٣٤) نموذج من ميزان يعقوب. صمم على أساس وصف ابن غانم الأندلسي. تصميم الباحث

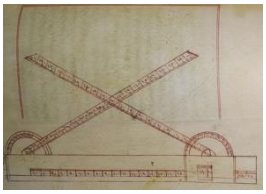
ميزان بيان المساحة لمصطفى بن ابراهيم (ربما كان حيا ١١٤٩هـ/١٧٣٦م):

ورد هذا الميزان عند مصطفى بن إبراهيم[١] في كتابه "فن خمبرة وصنايع اتشبازي"[٢] وهذه الآلة تشبه آلة الزردكاش إلى حد كبير غير أنها متطورة عنها صنعت من الخشب والنحاس مقسمة في قاعدتها الى ٢٤٠ قسم ولها قوس المدار من اليمين ومن اليسار وكل قوس مدار له مسطرة مقسمة الى ٢٠٠ درجة

(١) هو مصطفى بن ابراهيم كاتب أوجاق الخمبرة جيه تحت قيادة احمد باشا قائد الخمبرة جيه مع والده لفترة طويلة وكان خبير بعلم القذائف "الخمبرة". اكمل الدين احسان أوغلى: التراث العلمي العثماني، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن ط ١، ٢٠٢١م، مج ٢، ج ١، ص٥٣٠، ٥٣١.

(٢) هذا الكتاب صنفه مصطفى بن ابراهيم اعتمادا على تجاربه الخاصة وترجمة المؤلفات الأوربية ورتب الكتاب على مقدمة في تاريخ القذائف وستة أبواب الباب الول عن رمي القذائف والباب الثاني عن ميزان القذائف والباب الثالث عن قذائف الهاون والباب الرابع عن المضخة الهوائية والباب الخامس عن مصطلحات الهندسة والباب السادس عن علم الألغام وخصائص البارود، بالإضافة الى مجموعة من الرسومات الهندسية التوضيحية، وقد جاء المخطوط في ٨١ صفحة كتب باللغة العثمانية محفوظ في مكتبة الكتبخانة بالسليمانية باستنبول تحت رقم .Turkiye Yazma Eserler Kurumu K439 Baskanligi , Kutubhane bilgi Karti، كما جاء وصف موجز لمحتوى المخطوط عند اكمل الدين احسان اوغلى، التراث العلمي العثماني، مج١، ج١، ص٥٣٠، ٥٣١.

تسمى مسطرة المدار واستخدام مسطرتين لمعرفة زوايا الإرتفاع[١] (شكل٣٥).



(شكل٣٥) ميزان بيان المساحة لمصطفى بن إبراهيم ١١٤٩هـ/١٧٣٦م ، فن خمبرة ورقة ٦٠

الحيل الهندسية لطرق قياس المسافات في العصرين المملوكي والعثماني

ميزان الربع:

ميزان الربع هو آلة قياس المسافات في الهندسة الحربية وهو معنيا بمعرفة مدى القذيفة قبل إنطلاقها نحو الهدف وسميت ميزان الربع لأنها عبارة عن آلة تشبه ربع دائرة متدرجة تستخدم في معرفة المسافات بالنسبة لمقذوفات المدافع كما ان لها استخدامات في المسافات بين البنيان أيضا اذ تستخدم في تقدير المساحات بين البنيان، وبهذه الآلة يعرف مسافة الرمي للمدافع على قدر إرتفاع المدفع وعلى أي خط من خطوط ميزان الربع المعلمة فيه يكون الرمي ومن غير ميزان الربع لا يمكن معرفة هذه المسافات أو تقديرها.

وربما يستدرك سائل ان هذه الآلة ربما تكون غير ذي نفع فان لم يصب المدفع في رميته الأولى فيصيب في رميته الثانية وهكذا اعتمادا على الضرب العشوائي كما يقولون ولكن بلا شلك ان الاعتماد على الضرب العشوائي دون تقدير المسافات يؤدي إلى كثرة المشقة وهلاك للبارود والمقذوفات وهلاك للمدفع، أما إذا كان الضرب معروف بالمسافة المعلومة فبلا شك يوفر المشقة والتعب وكميات البارود المهدرة وكذلك الحفاظ على المدفع من كثرة هلاكه في الإستخدام ، فابتكار آلة الربع يعتبر بلا شك نقلة نوعية تقنية في مجال الأسلحة النارية سهل الكثير على أصحابها الجهد والتعب المبذول في الضرب العشوائي.

واول ذكر لميزان الربع كان عند ارنبغا الزردكاش وهو ميزان الربع ثابت على قاعدة اطلق عليها الزردكاش قنداق، ثم تطور ميزان الربع في العصر العثماني وأصبح متحرر سهل الحركة.

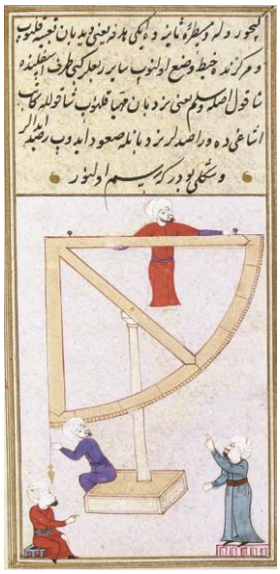
(١) **مصطفى بن ابراهيم:** فن خمبرة وصنايع اتشبازي، مخطوط محفوظ، مكتبة الكتبخانة بالسليمانية باستنبول تحت رقم K439، ورقة ٦٠.

تأصيل آلة الربع قبل العصرين المملوكي والعثماني:

أما عن تتأصيل وتأريخ استخدام آلة الربع فقد كانت هذه الآلة مستخدمة من قبل الفلكيين الإسلاميين حيث استخدموا آلة الربع لخذ الارتفاعات والمسافات للنجوم وجاء وصف هذه الآلة عند العالم الفلكي مؤيد الدين العرضي (ت٦٦٤هـ/١٢٦٦م) [١] في كتابه آلات الرصد وهي آلة تشبه آلة الربع السابق الحديث عنها مثبتة على قائم خشبي تدور رأسيا وأفقيا تستخدم لاستخراج ارتفاعات النجوم والأجرام السماوية تم عمل نموذج منها في مرصد استنبول ١٥٧٦م، وآلة الربع الخشبية من ربع دائة لها خيط ينتهي بثقالة او شاقول يشكل ضلع الزاوية التي تحدد ارتفاع النجم المراد رصد ارتفاعه فوق الأفق فيحرك الراصد الربع باحدى يديه وهو ينظر من الهدفتين أو المصوبتين ثم تقرا الزاوية المحصورة بين الثقل والضلع القريب من الراصد.

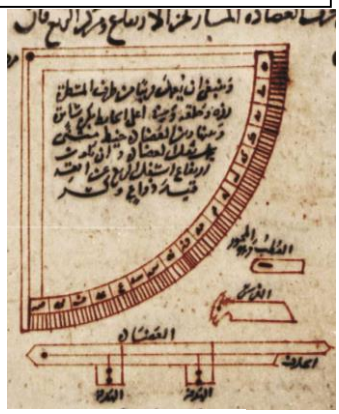
وأقدم استخدام لآلة الربع في المصادر الأوربية يرجع لسنة ١٢٧٦م لمؤلف يدعى روبرت انجليس من مونبلييه بفرنسا ولا شك انه مقتبس من آلة الربع العربية الإسلامية، فتاريخ آلة مؤيد الدين العرضي ترجع لقبل ذلك ومن قبل العرضي الخوارزمي (شكل ٣٦، ٣٧، ٣٨، ٣٩).

(١) ورد اسم مؤيد الدين العرضي في مخطوطاته باسم "الشيخ الإمام العالم الكامل المحقق المتقن شرف المهندسين أعجوبة الدهر نادرة العصر مؤيد الملة والدين زين الإسلام والمسلمين مؤيد بن بريك المهندس العرضي العامري، كان يعمل مهندسا بمرصد مراغة حيث انتقل اليه ٦٥٧هـ/١٢٥٩م وقبل ذلك كان يعمل في مرصد دمشق الذي اشرف عليه الملك المنصور بن الملك اسد الدين شيركوه صاحب حمص الذي تولى حمص بين "٦٣٧-٦٤٣هـ/١٢٣٩-١٢٤٥م" وينسب مؤيد الدين العرضي الى بلدة عرض الواقعة بين تدمر والرصافة ، وله عديد من المؤلفات الفلكية الهامة فقد نبغ في علم الفلك حتى أنه كان يطلق عليه ملك المهندسين أو قدوة المهندسين أو شرف المهندسين ، ومن مؤلفاته في علم الفلك كتاب الهيئة ، ورسالة في عمل آلات الرصد ورسالة العمل في الكرة الكاملة ، وقد ابتكر وطور العرضي عديد من آت الفلك في مرصد دمشق ومرصد مراغة ، واهمها آلة الربع الخشبي Wooden Quadrant التي كانت من اهم آلات مرصد مراغة لخذ ارتفاعات النجوم والأجرام السماوية ، مؤيد الدين العرض : كتاب الهيئة ، تحقيق جورج صليبا ، اصدار مركز دراسات الوحدة العربية ، بيروت ١٩٩٥م ، ص١٣ ، ١٤ .

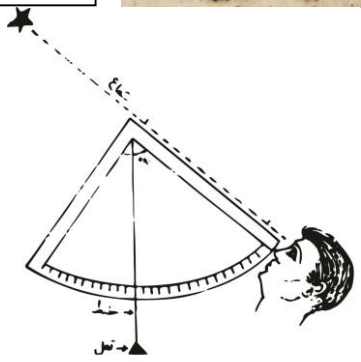


(شكل٣٦) آلة الربع الخشبية كما وصفها مؤيد الدين العرضي (ت٦٦٤هـ/١٢٦٦م). عن:
Fuat Sezgin, Science and Technology in Islamm V 2p.58

(شكل٣٧) آلة الربع الخشبية صممت على اساس وصف مؤيد الدين العرضي. متحف تاريخ العلوم العربية والإسلامية . جامعة فرانكفورت.



(شكل٣٨) آلة الربع كما وصفها مؤيد الدين العرضي في تابه كيفية الرصد ضمن آلات مرصد مراغة (ت٦٥٨هـ/١٢٦٠م) . عن:
Fuat Sezgin : Science and Technology in Islamm V 2p.38



(شكل٣٩) كيفية أخذ الارتفاع بآلة الربع. عن: أنور عبد العليم : الملاحة وعلوم البحار عند العرب. شكل ٤ ، ص١٤٣

طرق قياس المسافات بميزان الربع عند إبن ارنبغا الرزدكاش:

أقدم آلة لميزان الربع وصلتنا تلك التي وصفها ارنبغا الزردكاش في مخطوط الأسلحة لذا من المرجح أن يكون ارنبغا الزردكاش هو أول من أبتكر هذه الآلة التي أحدثت نقلة نوعية في علم التقنيات الحربية المر الذي يعكس عن مستوى متطور للتقنيات الحربية ، وطبقا لما تحت أيدينا حتى الأن من تراث علمي حربي وصلنا وحاولت قدر الإمكان تتبعه سواء في المكتبات المتخصصة في إسبانيا أو تركيا أو القاهرة نستطيع ان نقر بمنتهى الوضوح وطبقا لما وصلنا ان ارنبغا الزردكاش هو أول من ابتكر ميزان الربع.

وقد صنف لنا ارنبغا الزردكاش ثلاث آلات من موازين الربع سماها الزردكاش "قنداق" والقنداق قاعدة ميزان الربع أي التي يرتكز عليها ميزان الربع ، والأجح كما ذكرنا أن الزردكاش اول من ابتكر هذه الآلآت فقد صنف لنا منها ثلاثة ، واحدة بعشر درجات والثانية باحدى عشر درجة والثالثة بثلاثة عشر درجة ، وكل درجة من درجات هذه الآلآت لها مدى معين[١].

وتقنية عمل هذه الآلة هي وضع المدفع على حافة درج ميزان الربع فاذا كان فم المدفع على الدرج السفلي كان الرمي للقريب وكلما تعلوا بفم المدفع إلى أعلى يصبح الرمي للأبعد وذكر ذلك الزركاش بقوله "صفة قنداق المكحلة وخاصيتها أنها يرمى بها مرة بعد أخرى وكل مرة أبعد من الأخرى وهي هذا المثال والرمي على الخطوط يرمي عليه كان أبعد من الأخر والقاعدة فيه أنك تبتدي من الخيط التحتاني ثم إلى الثاني ثم إلى الثالث إلى حين تفرغ الخطوط والخط الخير أعلى من الكل"[٢]

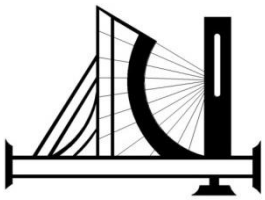
أما الميزان الثاني عند الزردكاش مكون من ثلاثة عشر درجة ، والميزان الثالث من من عشر درجات غير أنه متطور عن الميزان الأول والثاني ، غير أن الملفت للانتباه هو أن آلة الربع ذات العشر درجات لها درجات ثانوية اخرى تقدر بثمان خطوط بين كل درجة ودرجة بمعنى ان الآلة مقسمة الى عشر خطوط وكل خط له مدى معلوم وبين كل خط وخط ثمان خطوط فرعية وقد عبر عنها الزردكاش بقوله "صفة قنداق المكحلة بصفة ثالثة وهي على هذا المثال والرمي على الخطوط التي اسفل ومن بين كل فرجة من الخطوط ثمان خطوط فكل خط يبعد بمقدار منزلة فاحفظه" وهذه الآلة هي تعتبر متقدمة إلى حد كبير عن الآلتين الآخرى فلم يسبق للزردكاش أن قسم في هاتين الآلتين خطوط فرعية بين كل خطين رئيسيين ، فان كان إبتكار الزردكاش لميزان الربع يعد نقلة نوعية في علم المقذوفات فإن ابتكاره وتحديثه للآلة الثالثة ذات الخطوط الفرعية يعد ايضا تطوبرا ملحوظا لا يقل أهمية عن ابتكاره لهذه الآلات عام (شكل ٤٠ : ٤٥).

---

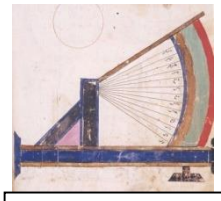
(١) ابن ارنبغا الزردكاش : الأسلحة ، ورقة ٧٥ ، ٧٦ ، ٧٧ .

(٢) الرزدكاش : مخطوط الأسلحة ، ورقة ٧٥ .

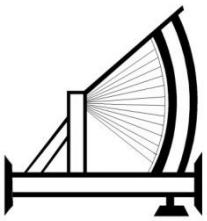
(شكل٤٠) ميزان الربع او قنداد المكحلة ذو الاحدى درجات . الزردكاش الاسلحة ورقة ٧٥



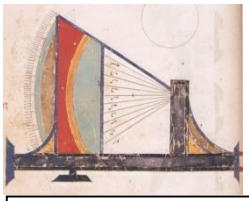
(شكل٤١) رسم تخطيطي لميزان الربع ذو الاحدى درجات طبقا لوصف الزردكاش . عمل الباحث



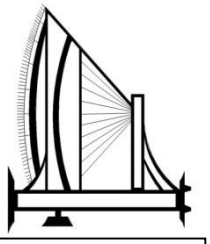
(شكل٤٢) ميزان الربع او قنداد المكحلة ذو الثلاث عشر درجة . الزردكاش الاسلحة ورقة ٧٦



(شكل٤٣) رسم تخطيطي لميزان الربع ذو الثلاث عشردرجة طبقا لوصف الزردكاش . عمل الباحث

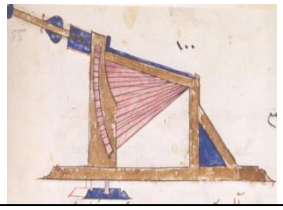


(شكل٤٤) ميزان الربع او قنداد المكحلة ذو عشرة درجات . الزردكاش الاسلحة ورقة ٧٧



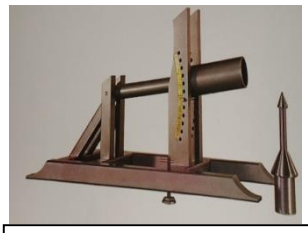
(شكل٤٥) رسم تخطيطي لميزان الربع ذو عشرة درجات طبقا لوصف الزردكاش . عمل الباحث

وموازين الربع التي إبتكرها الرزدكاش ثابتة جميعها على قاعدة من الحديد او النحاس سماها الزردكاش "قنداق" كما ذكرنا وتثبت فيها المدفع من جهة فمه بحيث يكون فم المدفع مواز الى تدرج الربع للميزان ويوضع المدفع على تدرج الربع ويتم تحريك المدفع صعودا وهبوطا على درج الربع لمعرفة مسافة الرمي والدرج الأسفل للرمي القريب والأعلى للرمي البعيد ويتم تثبيت المدفع على درج الربع بقائم عرضي أطلق عليه "لزايز من الحديد" يرتكز عليها المدفع من جهة فمه كما هو موضح بالشكل كيفية رفع وخض المدفع على خطوط ميزان الربع (شكل ٤٦ : ٤٩).

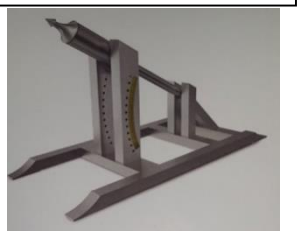


(شكل٤٦) المكحلة صيني وهو مدفع مثبت على ميزان الربع المتدرج . الزردكاش . ورقة ٩٩ ، ١٠٠

(شكل٤٧) رسم للمكحلة السابقة رسمت على اساس وصف الزردكاش . عمل الباحث



(شكل٤٨) نموذج لمكحة الزردكاش مثبت على ميزان الربع المتدرج . صنع على اساس وصف الزردكاش . والنموذج محفوظ بمتحف معهد تاريخ العلوم العربية والاسلامية . جامعة فرانكفورت



(شكل٤٩) نموذج لمكحة الزردكاش مثبت على ميزان الربع المتدرج متجه لاعلى . صنع على اساس وصف الزردكاش . والنموذج محفوظ بمتحف تاريخ التقنية في الاسلام . باستنبول

طرق قياس المسافات بميزان الربع عند إبراهيم بن غانم الأندلسي:

أستمر استخدام ميزان الربع لآخذ المسافات في العصر العثماني فقد ورد ذكره في عديد من المخطوطات الحربية التقنية المتخصصة كما سنرى ، واول هذه المخطوطات مخطوط إبراهيم بن غانم الأندلسي "العز والمنافع للمجاهدين في سبيل الله بالمدافع" ، وقد طور بن غانم ميزان الربع بدلا من أن كان ميزان ثابت يرتكز على قاعدة ذكر لنا بن غانم ميزان الربع سهل الصنع والحركة بحيث يتم استخدامه كآلة سهلة مع أي نوع من أنواع المدافع على العكس من ميزان الربع عند الزردكاش حيث ابتكر ميزان ثابت على قاعدة ثابتة ويثبت فيه المدفع من جهة فمه.

وهذه الآلة كما ذكرنا على شكل ربع دائرة مقسمة إلى عشر درجات أو احدى عشر درجة أو ثلاثة عشر درجة أو تسعين درجة عند البعض كما سنرى أما تقنية عملها فهي تعتمد على ربع دائرة متدرجة بخطوط متتالية يخرج من إحدى طرفها ذراع طويل ومن الطرف الاخر ذراع اقصر منه ثم يخرج من زاوية ربع الدائرة خيط سميك ينتهي بقطعة من الرصاص تسمى الشاقول أو الوزنة وتعتمد في تشغيلها على ادخال ذراع الميزان الطويل في فم المدفع وهو مستقيم وفي حالة الإستقامة يكون شاقول الميزان عند الدرجة صفر وكلما زاد من إرتفاع فم المدفع إلى أعلى تحرك شاقول الميزان إلى الدرجة التي تليها وذلك يعني أن قذيفة المدفع ستصل إلى مدى أبعد وهكذا حتى يصل الشاقول إلى منتصف درج الربع أي النقطة السادسة ، أما إذا ارتفع فم المدفع أكثر من ذلك وتحرك شاقول الميزان إلى النقطة السابعة معنى ذلك أن قذيفة المدفع

تقترب من موضع تمركز المدفع وهكذا من النقطة السابعة إلى النقطة الحادية عشر فيه تصل قذيفة المدفع قرب موضع تمركز المدفع بمسافة قريبة.

وصف ميزان الربع عند بن غانم :-

وصف بن غانم ميزان الربع كالاتي : "إعلم أن أهل هذا الفن لهم ربع دائرة يأخذون به ارتفاع الدرّج برأس المدفع للرمي به وهو من الأشياء الأكيدة وبه يعرف كم يزيد للرمي على قدر ارتفاع المدفع وعلى أي خط من الخطوط المعلمة فيه يكون الرمي ، وبغيره فلا يقضي غرضه ، وإن قال قائل أن ذلك زايد وانه إذا رمى ولم يصب فانه يعود للرمي حتى يقضي غرضه برفع رأس المدفع أو خفضه ، وذلك تعب وعطلة وفساد للبارود .

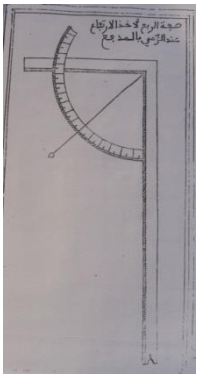
وأما بالرمي على حساب الربع ، فأنه من أول مرة إذا رمى على درجة أو نقطة من التي في الربع يعرف كم يبلغ في الرمي وأيضا على نقطة أخرى يعرف كم يزيد أو ينقص ، وينبغي للمدافعي أن يعرف الربع والعمل به وما يرمي المدفع على كل نقطة أو درجة منه ، وهذا علم تنتفع به الملل والبنيان وغير ذلك .

وصفة عمل الربع[١] أنك تخط في ورقة كاغد أو لوح دائرة بالذابط ثم تأخذ مسطرة وتقسم الدائرة قسمين بوضعها على المحيط من الجانبين وعلى مركزها ، ثم تقسم النصف قسمين وأحذر من الغلط ، وتأخذ الربع من الدائرة وفيه خطان خارجا عن دائرة المحيط لأن واحد من هذين الخطين يكون طويلا ليدخل بعد عمله على فم المدفع إذا أردت أن تأخذ الارتفاع للرمي وتعرف على أي نقطة من الربع تأخذ القياس بنظر بصرك ، والطرف الأخر الخارج عن ربع الدائرة فيكون أقصر من الأخر وعليه يجز الربع وفيه تكون الخطوط مقسومة على حد السواء كما يظهر ذلك مصورا بدرجه ، وقبل عمل الدائرة تضرب خطين مصلبتين في اجتماعها تنزل طرف الذابط وهو المركز وتخط الدائرة وتأخذ ربعها ، وهذا [٢]هو الوجه الذي ظهر له أنه أحسن لعمل الربع ، وبعض المهندسين يذكرون غير هذا من الوجوه في العمل ، وينقسم هذا الربع على محيطه في أحد عشر نقطة ويجعل المسطرة على المركز وعلى النقطة الأولى ويعمل خطا مستقيما ثم خطا ثانيا من المركز إلى النقطة الثانية ثم كذلك إلى انتهائها ، ثم يثقب ثقبة صغيرة في المركز ويخرج منها خيطا يزيد في طوله شيئا على الربع وفي طرفه رصاصة ويسمى هذا بالشاقول عند المهندسين والمنجمين وعند النجارين يعرف بالوزنة ، وإذا أدخلت طرف المسطرة الطويلة في فم المدفع إلى أن يصل الربع إلى فمه من جهة الأرض ، فإذا كان المدفع مستقيما لا مرفوعا ولا مخفوضا فيكون الخيط على الذراع للربع وهو أقل رمية ، وإذا رفعت رأس المدفع درجة فينزل خيط الشاقول على النقطة الأولى وتصل الكورة إلى

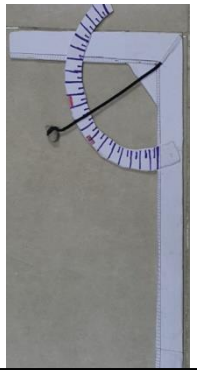
(١) يقصد الة الربع للقياس .

(٢) ورقة ٥٩ يمين بالنسخ (ك ، غ م ، ح) .

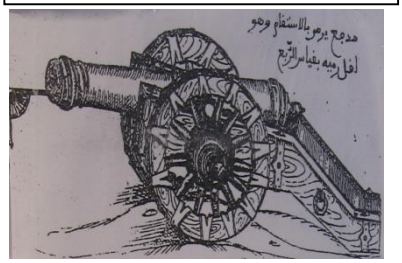
موضع ابعد من الرمية الأولى ، ثم إذا رفعت رأس المدفع حتى ينزل الخيط على الخط الثاني أو الدرجة أو النقطة وهي شيء واحد فتمشي الكورة أكثر وكذلك تكون الزيادة حتى ينزل الخيط على الدرجة السادسة فهو الرمي إلى غاية البعد التي تبلغ إليه الكورة ، وإذا كان الخيط على هذه النقطة السادسة فهو على ارتفاع خمس وأربعين درجة من الأفق لا من أول الأفق إلى سمت الرأس وهو غاية الارتفاع في السماء تسعين درجة ، ورفع المدفع يكون بنزع اللزايز التي له في مؤاخره ، وإذا رفعت رأس المدفع والربع في فمه كما قلنا إلى أن ينزل الخيط على النقطة السابعة فلا تبلغ الكورة لما بلغت في النقطة السادسة ، وإذا كان المدفع مستوي لا ميل له فيكون الخيط والشاقول وهي الرصاصة قدر ما يلطم الخيط في ذراع الربع (شكل ٥٠ : ٥٦)



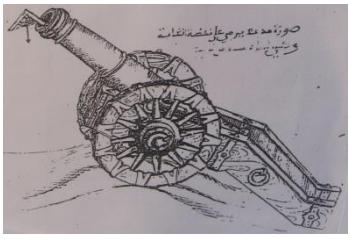
(شكل٥٠) ميزان الربع عند ابن غانم الاندلسي . العز والمنافع



(شكل٥١) تصميم لميزان الربع . صمم على اساس وصف بن غانم الاندلسي في العز والمنافع . تصميم الباحث



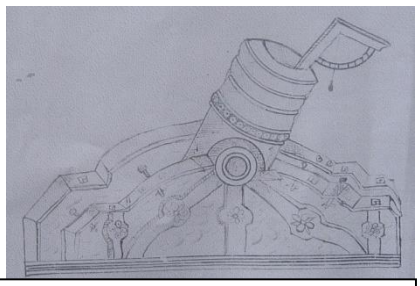
(شكل٥٢) استخدام ميزان الربع وهو على زاوية الاستقام ،اقل رمية" طبقا لما ورد عند بن غانم .



(شكل٥٣) استخدام ميزان الربع وهو على الدرجة السادسة "ابعد رمية" طبقا لوصف بن غانم . العز والمنافع ←

(شكل٥٤) طريقة استخدام ميزان الربع لأخذ القياس عند الرمي . عن : جلال شوقي (د.) : العلوم والمعارف الهندسية ، شكل ١٢٣

(شكل٥٥) ميزان الربع مع مدافع المهارس "الهاون" بن غانم الاندلسي العز والمنافع . نسخة دار الكتب المصرية



(شكل٥٦) استخدام ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي" ابن غانم العز والمنافع" ←

قياس مسافة المدى والمدى المؤثر:

قانون المدى والمدى المؤثر عند بن غانم الأندلسي:

من أهم وظائف ميزان الربع هو معرفة المدى والمدى المؤثر لقذائف المدفعية ، ولتحقيق فاعلية المدى المؤثر يستوجب معرفة المسافة بين موضع التمركز وبين الهدف ، فالتقنيات والآلآت المستخدمة في أخذ الإرتفاعات وكذلك التقنيات والآلآت المستخدمة في أخذ المسافات يتكاملان لأن تحقيق فاعلية المدى المؤثر مرتبط بأخذ المسافة الصحيحة بين موضع تمركز السلاح وبين الهدف ، والمدى المؤثر متعلق بعدة إحداثيات (نوع السلاح – وزن البارود – وزن القذيفة) ، وقد ذكر بن غانم الاندلسي أن (أقصى مدى للمدفع على النقطة السادسة ، وأقصى مدى مؤثر للمدفع على النقطة الثالثة من ميزان الربع زاوية ٢٢ ونصف درجة) أما الرمي على النقاط من السابعة إلى الثانية عشر فهي للرمي على مسافة أقل من النقطة الأولى.

<u>طرق القياس للرمي بميزان الربع</u> :

يستخدم القياس للرمي آلة تسمى ميزان الربع تشبه التي سبق وصفها عند الزردكاش ولكن الإختلاف هو أن ميزان الربع عند الزردكاش مثبت في قاعدة ثابتة تسمى قنداق – كما سبق وصفه – أما عند بن غانم فهي محررة وهي عبارة عن ربع دائرة مقسم إلى ست أقسام من ١١ درجة تشكل زاوية ارتفاع ٤٥ درجة على الأفق ، فاذا كان المدفع على زاوية الاستقام وتم الرمي به فتنزل الكرة في موضع قريب ، واذا اردت الرمي بموضع ابعد رفعت راس المدفع الى اعلى فترمي أبعد وهكذا

وأكثر رميه إذا كان الخيط على النقطة السادسة وهو على خمس وأربعين درجة من إرتفاع السماء على الأفق ، وأقل الرمي إذا كان المدفع لا مرفوع ولا منزول ويكون الخيط قدر ما يلطم في ذراع المدفع ، وإذا رمى على النقطة السابعة فينقص الرمي كما قلنا عن السادسة ، وإذا كان الخيط على الثامنة فيرمي أقل من السابعة وهكذا ينقص من نقطة إلى نقطة حتى يكون في الحادي عشر وتكون زاوية المدفع ٩٠

درجة فيكون أقل ويكون فم المدفع إلى وسط السماء فتقع الكورة في المدفع أو قريبا منه ، **واعلم** انه يرمي على كل نقطة حسبما نذكر بتقريب .من خلال ما سبق يتضح أن بن غانم الاندلسي وضح لنا المدى والمدى المؤثر لكل مدفع ، والمدى هو أقصى وصول لقذيفة المدفع ، والمدى المؤثر هو أقصى تاثير للقذيفة على الهدف المراد الضرب عليه ، والمدى المؤثر مسافته أقل من المدى وحدد بن غانم أن المدى المؤثر يكون عند النقطة الثالثة من نقاط آلة الربع والمدى عند النقطة السادسة من نقاط آلة الربع، ومدى قذيفة المدفع هو اخر نقطة تسقط فيها القذيفة بعد اطلاقها ، ولكل مدفع له قذيفة خاصة به وشحنة من البارود خاصة به ايضا وبالتالي يختلف مدى قذيفة كل مدفع حسب نوعه وطوله ووزن قذيفته وكمية البارود المشحونة فيه ، وآلة الربع كما ذكرنا من ربع دائة لها خيط ينتهي بثقالة او شاقول يشكل ضلع الزاوية التي تحدد مسافة الهدف المراد رصده للضرب عليه فيدخل المدافعي ضلع آلة الربع الطول حجما في فم المدفع فيحرك فم المدفع صعودا وهبوطا حتى يعلم خيط الربع عند الزاوية التي توضح للمدافعي مسافة الرمي

هناك اشكالية لدى الباحثين الذين تناولوا دراسة تقنيات الأسلحة النارية فقد تغافلوا عن قصد او غير قصد بعض الأمور الهامة الخاصة بالأسلحة النارية بل وتعتبر من صميم دراسة تقنيات هذه الأسلحة وخاصة للربط بينها وبين تطور هندسة وتخطيط التحصينات الحربية التي أختلف شكلها تماما بعد انتشار استخدام هذه الأنواع من الأسلحة

من خلال ما توافر لنا من معلومات وردت في المصادر التاريخية نستطيع أن نعرف كيف تعامل المدافعين مع هذه الأمور.

اقدم النصوص التي وصلت إلينا وتم فيها حساب المدى للقذائف المدفعية ، نص فريد أورده ابن تغري بردي في كتابه "حوادث الدهور في مدى الايام والشهور ٨٦٨هـ على أيام السلطان خشقدم

ورغم ورود نصوص تاريخية كثيرة عن تجارب المدافع[١] إلا أن نص بن تغري بردي الذي أورده في كتابه حوادث الدهور هو يعتبر أدق نص سجل لنا المعلومات الكافية عن تجربة مدفع من حيث وزنه ووزن القذيفة ووزن كمية البارود وأخيرا قام بنفسه بقياس مدى المدفع وأورد ذلك بالأرقام ، وعلى الرغم من أن بن تغري بردي سجل لنا مدى المدفع وهو أخر نقطة وصلت إليها قذيفة المدفع ، إلا أن ذلك يعتبر إلى حد ما كاف لمعرفة تفاصيل دقيقة عن طرق قياس المدى للمدافع خلال العصر المملوكي ، وعلى الرغم من أن دراسة هذه النصوص أثبتت أن تطور مدى المدافع كان في تطور مستمر بمرور الوقت إلا اننا لم نجد نصا صريحا ذكر تحديدا مدى قذائف المدافع إلا نص المؤرخ ابن تغري بردي.

وذكر بن تغري بردي هذا النص الهام كونه شاهد عيان لأحد تجارب استخدام مدفع جديد من سبك المعلم ابراهيم الحلبي وقام بن تغري بردي بنفسه بقياس مسافة الرمي بتكليف من السلطان سيف الدين خشقدم (٨٦٥-٨٧٢هـ/١٤٦١-١٤٦٧م) وبعد أن أفاده السلطان بمعلومات عن المدفع من حيث وزنه

(١) يمكن الرجوع الى هذه النصوص في كتاب "المدفعية المصرية للباحث ، ص٤٩ : ٥٨ .

وجميع صفاته بناء على طلب بن تغري بردي لكي يكتمل القياس الصحيح ، وبعد أخذ مسافة القياس أبلغ نتائجه للسلطان شخصيا.

وفيما يلي نص ما ذكره ابو المحاسن تغري بردي " ... *في يوم الثلاثاء رابع عشرة (من شوال سنة ٨٦٨هـ/١٤٦٣م) رسم السلطان (خشقدم) بتصريخ المدفع السلطاني الذي سبكه للسلطان الأستاذ إبراهيم الحلبي بقلعة الجبل وصرخ بين يدي السلطان في أوآخر رمضان من تحت القلعة إلى جهة الجبل الأحمر غير مرة ثم نقل إلى ذيل الجبل الأحمر بالقرب من قبة النصر تجاه ظهر زاوية الشيخ علي كهنبوش خارج القاهرة ووضع على صورة عالية ووضع رجل المدفع نحو الجبل المذكور وفمه إلى جهة خانقاة سرياقوس وصرخ هناك في يوم الخميس تاسع هذا الشهر مرتين في الملأ من الناس بحضرة جماعة من أمراء الألوف وأعيان الدولة ، وقيس مسافة سقوط حجر المدفع المذكور فجاء أربع آلاف ذراع وستمائة ذراع وعشرين ذراعا بالذراع الجديد وكان في المرة الأولى التي صرخ فيها بين يدي السلطان لم يقدر أحد على قياسه لأنه كان صرخ نحو الجبل ولم تعلم مسافة سقوطه ولم أحضر أنا هذا القياس الثاني ولا نقل إليَّ من ثقة بل سمعته من أفواه الناس وفيه اختلاف من زيادة ونقص ، وقد سألني السلطان عن أمره ومسافة سقوط حجر المدفع فعَّرفته أنني لم أحرره فسألني أن أحرره في المرة الثالثة فقلت له لا أعلم زنة المدفع ولا زنة حجره ولا زنة بارودة فأملى علي جميع ذلك وغيره من لفظه حسبما نقف عليه إن شاء الله في هذا المحل فتأهبت لذلك فلما كان يوم الثلاثاء هذا وصرخ المدفع ثالث مرة من مكانه المذكور مرتين كان سقوط حجره الثاني تجاه مسجد التبن من المطرية وهو أبعد مسافة من الحجر الأول وأيضا أبعد مسافة من سقوط حجارة رمي يوم الخميس المقدم ذكره وتوليت أنا ومن أثق به قياس هذه المسافة بالضبط والتحرير الزائد فكان طول ذلك خمسة آلاف ذراع وستمائة ذراع وثمانية وأربعين ذراعا وكسرا بالذراع الجديد ، وقدر ذلك بالذراع المعتبر في قياس البرد والأميال ستة آلاف ذراع وخمسمائة ذراع وتسعة وثمانون ذراعا وثلثا ذراع وذلك ميل ونصف ميل وثمن ميل وربع عشر ميل تقريبا وذلك قريب من سدس بريد ، وهذا شيء من النوادر الغريبة التي لم نعهدها ولا سمعنا بمثلها في سالف الأعصار فتعجبت الناس من أمر هذا المدفع غاية العجب وكان لتصريخه يوم مشهود من كثرة الخلائق وبالله لولا أنني شاهدت ذلك ما أثبته في تاريخي لغرابة ما شاهدته من عظيم أمره وكل ذلك بسعادة السلطان خلد الله ملكه والذي أعتبرته من أمر هذا المدفع المذكور من إملاء السلطان ومباشرتي بنفسي أن طوله خمسة عشر شبرا وبالذراع خمسة أذرع ونصف ذراع وربع ذراع ووسع فوهته ثلاثة أذرع ونصف ذراع وربع ذراع دورا (المحيط) وسمكه نحو من ثلث ذراع وهو قطعة واحدة مضلع مشرف حلو الشكل وأما زنته فمائة وسبعون قنطارا بالمصري وزنة حجره المرمي به أربعة قناطير*

بالمصري وزنة باروده سبعة وثلاثون رطلا بالمصري ايضا ...."[1]

معلومات النص واهميته :-

لم يصلنا من المصادر التاريخية المملوكية نص تاريخي يحوي هذه التفاصيل التقنية مثل هذا النص النادر الفريد ، اذ يسجل تجربة المدفع بكل دقة وبكافة المعلومات الدقيقة التي يحتاج إليها المدافعي المنوط له تجربة المدفع وتسجيل قياسات رميه مثلما فعل ابن تغري بردي وتتلخص في النقاط الأتية:-

- في يوم الخميس ١٩ شوال ٨٦٨هـ تم تجربة مدفع وقيس مسافة سقوط حجر المدفع المذكور فجاء ٤٦٢٠ ذراع بالذراع الجديد (٤٦٢٠×٥٨,١٨٧= ٢,٦٨٨ كم.
- تجربة ثانية لم يسجل فيها قياس الرمي
- تجربة ثالثة سجل القياس ٥٦٤٨ ذراع جديد (الذراع الجديد ٥٨,١٨٧) = ٣٢٨٦ م وقدر ذلك بالذراع المعتبر في قياس البريد والأميال ٦٥٨٩ ذراع معتبر وثلث ذراع (ذراع البريد ٤٩,٨٧٥) = ٣,٢٨٦ كم ، وذلك ميل ونصف ميل وثمن ميل وربع عشر ميل ، وذلك قريب من سدس بريد
- طول هذا المدفع : ١٥ شبر ، وبالذراع خمسة اذرع ونصف ذراع وربع ذراع = ٢,٨٦ كم
- ووسع فوهته ثلاثة اذرع ونصف ذراع وربع ذراع دورا اي بادوار المدفع (المحيط = ٩٩,٠٥سم) ٩٩,٠٥ سم ÷ ٣,١٤ = ٣١,٦٨ سم
- سمك فوهته ثلث ذراع = ١٦,٦٢ سم
- زنته ١٧٠ قنطار بالمصري (القنطار المصري ٤٥ كجم) = ٧٦٥٠ كجم
- زنة حجره المرمي به ٤ قناطير بالمصري = ١٨٠ كجم
- زنة باروده ٣٧ رطلا بالمصري (الرطل المصري ٤٤٩,٢٨ جم) = ١٦,٦٢ كجم
- شكله مضلع

في هذا النص ذكر بن تغري بردي أن السلطان خشقدم حضر تجربة مدفع ثلاثة مرات لم يستطيع أحد أن يسجل القياس في المرة الأولى لصعوبة ذلك لأن القذيفة انطلقت صوب الجبل ونظرا لوعورة المكان في ذلك الوقت لم يستطع أحد الوصول الى قياس مدى المدفع ، وفي المرة الثانية ذكر بن تغري بردي ان تجربة المدفع أكتملت وتم حساب مسافة الرمي وهي ٤٦٢٠ ذراع بالذراع الجديد ، إلا أن بن تغري بردي أردف قائلا أن هذا القياس لا أعلمه إنما سمعته من عامة الناس ولا أثق به ، وطلب السلطان خشقدم من بن تغري بردي في المرة الثالثة قياس مسافة الرمي إلا أنه ذكر للسلطان ضرورة معرفة بيانات المدفع وتفاصيله لحساب الرمي بطريقة صحيحة ، وهو ما ذكرناه أن حساب المدى والمدى المؤثر للمدفع يرتبط بتوافر المعلومات الكاملة عنه من حيث طوله وزنته وزنة باروده وزنة كورته فأعطاها السلطان لبن تغري

(١) ابن تغري بردي "جمال الدين أو المحاسنيوسفت٨٧٤هـ" : حوادث الدهور في مدى الايام والشهور ، عنى بنشره وتحقيقه وليم بوبير ، ج٣ حوادث سنة ٨٦٥هـ إلى ٨٧٤هـ" نشر جامعة كاليفورنيا ١٩٣٣م ، ص٤٧٤ : ٤٧٦ .

بردي كاملة وبناء على ذلك قام باحتساب قياس الرمي فكانت ٥٦٤٨ ذراع بالذراع الجديد ، وبالذراع المعتبر ٦٥٨٩ وثلث ذراع بالذراع البريد ، وميل ونصف وثمن ميل وربع عشر ميل (الميل ٢ كم = ٣١٩٦ م أي أن مدى المدفع زمن السلطان خشقدم من نوع مدفع الطويل ٣ كم تقريبا مع العلم أن هذا المدى هو أقصى مدى وليس المدى المؤثر.

حساب المدى والمدى المؤثر للمدافع في العصر العثماني

طبقا لنوع كل مدفع وبياناته التقنية

حدد لنا بن غانم الأندلسي قانون المدى للمدافع والمدى المؤثر ، ووضع لنا مقاييس الأطوال للخطوة المعمول بها بهذا القانون حيث ذكر في مقدار طول الخطوة "**واعلم أن الخطوات** التي نذكر انه يرمي المدفع كل نقطة فهي عمية لا الخطوات المذكورة في الهندسة ، لان الخطوة على طول القدم للعمية لها ثلاثة أقدام وكل قدم له اثنا عشر إصبوعا والإصبوع هو عرض الابهم[١] **وأما الخطوة عند المهندسين** فلها خمسة أقدام" فالخطوة عند بن غانم = ٣ قدم × ٢٣,١= ٦٩,٣ سم ، والقدم = ١٢ إصبع ، ١٢ × ١,٩٢٥ = ٦٩,٣، والإصبع = ١,٩٢٥ سم ، وعلى هذا بالخطوة عند بن غانم = ٦٩,٣ سم والخطوة عند المهندسين = ٥ قدم × ٢٣,١ = ١١٥,٥ سم ، وعلى هذا الأساس يتم احتساب وقياس المدى والمدى المؤثر لقذائف المدافع خلال تلك الفترة.

معلومات مدافع القرن ١١هـ/١٧ م مدافع القلبرينة قذائف من حجارة

- مدافع القلبرينة الطوال ومكان استخامها في الحصون والقلاع وتحمل مع الجيش للرمي ، طوله ٣٤ قطرا من اقطار فمه، زنة كرة الحجارة ١٤ رطل : ٢٠ رطل = ٦,٣٠٠ كجم : ٩ كجم
- مدافع التهديم او السلطانيات لهدم الاسوار والحصون:

كرة من حديد زنتها ٣٠ رطلا = ١٣,٥٠ كجم، طولها ١٨ قطر فمها

- مدفع قلبرينة متطور:-

طوله ٤٨ قطرا من قطر فمه

- المدافع العمية:-

طولها ٧ اقطار من فمها، كرتها من حديد زنتها ٦٠ رطلا = ٢٧ كجم

- المدافع الناقوصية كرتها من حديد

طولها ١٥ قطر من فمه، وزن مدفع الحجارة ٢٩ قنطارا من معدن

---

(١) حدد طول الإصبع بخمس حبوب من الشعير ظهر البطن ، وقال آخر الإصبع ست حبات من الشعير ظهر البطن ، وقد كشفت الدراسات الحسابية الشرعية أن الإصبع = ١,٩٢٥ سم ، محمد عبدالستار عثمان : الإعلان بأحكام البنيان لابن الرامي دراسة اثرية معمارية ، دار الوفاء الإسكندرية ٢٠٠٢م ، ص١٧٤ ، ١٧٥ .

الرمي بالمدفع الكبير او المكحولة الكبيرة بكرة تزن اوقيتين مستوية الراس لا مرفوعة ولا منخفضة ١٠٠ خطوة ، واقصى مدى ٣٠٠ خطوة

- مدفع النوع الأول اشمرل أقل مدى على الاستقام ٢٥٠ خطوة عمية وأقصى مدى ٩٠٠ خطوة عمية ويعمر بثقل كرته من البارود
- المدفع الباز او قلكنة اقل مدى للرمي ٥٠٠ خطوة وأقصى مدى ٣٠٠٠ خطوة عمية ويعمر بثقل الكرة بارود ، وإذا كانت كرة المدفع ٣ رطل على النقطة الاولى ١١٠٠ خطوة عمية ، النقطة الثانية ١٨٠٠ خطوة ، النقطة الثالثة ٢٤٠٠ خطوة ، النقطة الرابعة ٢٧٥٠ خطوة ، النثطة الخامسة ٢٩١٠ خطوة ، والنقطة السادسة ٣٠٠٠ خطوة.
- المدفع المسمى بنصف شقر يعمر بكرة وزنها ٥ الى ٧ ارطال ومن البارود مثل ذلك واقل مدى للمدفع على نقطة الاستقام ٥٥٠ خطوة عمية ، وأقصى مدى ٤٥٠٠ خطوة عمية أو نحوها

المدفع الطيار أو باشبلنت أو زربطاش يعمر بثقل كرته بارودا وكرته تزن ٦ الى ٧ ارطال ويعمر بكرة من الرصاص ، وأقل مدى للمدفع ٦٠٠ خطوة واقصى مدى ٦٠٠٠ خطوة وهو دقيق للرمي على الاشياء المحددة

- المدفع المسمى شقر تزن كرته من ٨ الى ١٠ رطل ويعمر بنفس ثقل كرته بارودا ، اقل مدى للرمي ٦٠٠ خطوة عمية واقصى مدى ٥٦٠٠ خطوة عمية
- المدفع البيان وهو مصنوع للوضع في السفن الحربية والإغريبة وهو أقصر من الشقر لئلا يضر رد فعله بجسم السفينة أو يضر بالصاري لذلك صنع قصير كرته من ٨ الى ١٠ ارطال ويعمر ببارود بثقل كرته وهو للسفن
- المدفع نصف قلبرينة لهدم الأسوار والأبراج كرته ١٤ الى ١٨ رطل وسعمر بثقل الكرة بارود ويرمي بأقل مدى ١٠٠٠ خطوة عمية على نقطة الإستقام لا مرفوع ولا منخفض وأعلى نقطة للإستقام ٦٠٠٠ خطوة عمية
- المدفع القلبرينة هو أفضل المدافع وأعظمها فعلا ويفي بكافة الأغراض وهو يرمي كرة من ٢٠ رطل او ٤٠ رطل أو خمسين رطل وكل كرة على حسب ما تؤمر بفعله ، ويعمر من البارود بقدر زنة الكرة ، ويرمي على أقل مدى على نقطة الاستقام ٢٠٩٠ خطوة عمية وأقصى مدى على نقطة الإستقام السادسة ٨٠٠٠ خطوة عمية ، ومن خطوات المهندسين ٥٠٠٠ خطوة.

نوع المدفع	وزن القذيفة	أقل مدى بالخطوة العمية على درجة الإستقام	أقل مدى بالكيلو متر على درجة الإستقام	أقصى مدى بالخطوة العمية على الدرجة السادسة	أقصى مدى بالكيلو متر على الدرجة السادسة
المدفع الكبير "المكحولة	كرة تزن أوقيتين	١٠٠ خطوة	٦,٩٣٠ كم	٣٠٠ خطوة	٢٠,٧٩٠ كم

الكبيرة"					
مدفع أشمرل		٢٥٠ خطوة	١٧,٣٢٥ كم	٩٠٠ خطوة	٦٢,٣٧٠ كم
مدفع قلكنة أو الباز		٥٠٠ خطوة	٣٤,٦٥٠ كم	٣٠٠٠ خطوة	٢٠٧,٩٠٠ كم
مدفع نصف شقر	٥ – ٧ رطل	٥٥٠ خطوة	٣٨,١١٥ كم	٤٥٠٠ خطوة	٣١١,٨٥٠ كم
المدفع الطيار "باشبلنت" أو الزربطان	٦ –٧ رطل كرة من الرصاص	٦٠٠ خطوة	٤١,٥٨٠ كم	٦٠٠٠ خطوة	٤١٥,٨٠٠ كم
مدفع شقر	٨ – ١٠ رطل	٦٠٠ خطوة	٤١,٥٨٠ كم	٥٦٠٠ خطوة	٣٨٨,٠٨٠ كم
مدفع البيان	٨ – ١٠ رطل	٦٠٠ خطوة	٤١,٥٨٠ كم	٥٦٠٠ خطوة	٣٨٨,٠٨٠ كم
مدفع نصف قلبرينة	١٤ – ١٥ رطل	١٠٠٠ خطوة	٦٩,٣٠٠ كم	٦٠٠٠ خطوة	٤١٥,٨٠٠ كم
مدفع القلبرينة	٢٠ – ٥٠ رطل	٢٠٩٠ خطوة	١٤٤,٨٣٧ كم	٨٠٠٠ خطوة	٥٥٤,٤٠٠ كم

جدول يوضح أقل مدى على درجة الإستقام واقصى مدى على الدرجة السادسة للمدافع بأنواعها المختلفة حسب وزن قذيفة كل مدفع

حساب المدى والمدى المؤثر بميزان الربع:

ذكر بن غانم الأندلسي في ذلك ما يلي "قد ذكرنا **ما يرمي المدفع** على النقطة السادسة وهي غاية الرمي وعلى الأدنى وهو مستوي بغير رفع ولا خفض ، ونذكر هنا ما يرمي على كل نقطة من نقط الربع ، فإذا يرمي بمدفع الباز المسمى بالمعجم " بفلكنة " بكورة من ثلاثة أرطال وهو مستوي سواء فم المدفع كزكه[١] ، فيرمي خمس مائة خطوة ، وإذا رفعت رأس المدفع والربع فيه حتى ينزل خيط الشاقول على نقطة فيزيد في رمية ست مائة خطوة والجملة ألف ومائة خطوة ، وإذ يرفع الرأس حتى يكون على النقطة الثانية فيزيد على ما قبله سبع مائة خطوة والجملة ثمان مائة وألف خطوة ، وعلى النقطة الثالثة يزيد على ما قبله ست مائة خطوة والجملة والجملة أربع مائة وألفان خطوة ، وإذا رميت على الرابع يزيد على ما قبله ثلاث مائة وخمسين خطوة والجملة خمسون وسبع مائة وألفان خطوة ، والرمي على النقطة الخامسة يزيد على ما قبله ستين ومائة خطوة وتكون الجملة عشر وتسع مائة وألفان ، وعلى النقطة السادسة فيزيد تسعين خطوة والجملة ثلاث ألاف خطوة كما تقدم ذكر ذلك ، وعلى هذا الحساب تكون الزيادة لا يخرج عن هذه القاعدة إلا قليلا ، وقد جربت الرمي على بعض النقط ولا تختلف إلا بقليل ، ولو كان لي جهدا لاشتريت مدفعا وجربت به الرمي على جميع النقط ، ولاكن بما نبهنا عليه ينتفع المدافعي الجديد ، ولو عمل بما نبهنا في كتابنا هذا لكان الكسر للمدافع والفساد فيها أقل ولازداد الخوف للكفار حتى يتوقفون عن القرب لقصبات المسلمين ، لأن نراهم يقربون ويرمون على بروج المسلمين بلا خوف ويذهبون سالمين ، ويحتمل

(١) يقصد ان يكون المدفع مستقيم وأن يكون فم المدفع علىاستقامة واحدة مع زكه أي مؤخرته لا مرفوع ولا منخفض .

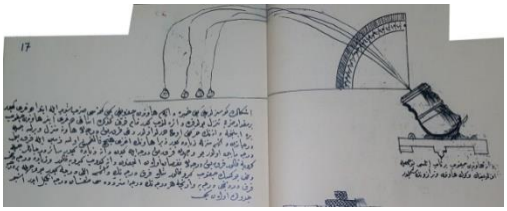
أن بعض الناس يقول خص الكلام على سائر المدافع وذكر ما يزيد كل واحد على كل نقطة من الست ، وأقول اقتصرت بذكر مدفع واحد للاختصار عن التطويل ومنه يؤخذ القياس لما عداه من المدافع على قدر رميه ، **تنبيه أعلم أن الزيادة** في الرمي يرفع فم المدفع إلى الدرجة السادسة والخامسة والرابعة وليس الزيادة من أجل القوة والسرعة في الخروج عن الأول والثاني والثالث ، إلا أن الرمي على الرابع والخامس والسادس يكون للبلوغ للموضع البعيد مثل رجال أو خيل على بعد ، **وأما الرمي** على الدرجة أو نقطة الأولى والثانية والثالثة فهو للفتح والهدم للسوار وسفن ، وإذا ضربت الكورة في الموضع الذي يكون فيه الناس والخيل ويكون الرمي على النقط الأوائل فيكون فعلها أقوى وأبلغ مما يكون على النقط المرتفعة لأن بارتفاع الكورة وطيرانها على الهواء إذا ضربت عند النزول فتنقص من قوتها لأنها ذاهبة على خط منحرف ولا تتحرك بعد ضربها ، وأيضا **إذا نزلت من الهواء** العالي على دار فتضر الكورة بثقلها في الدار التي تقع عليه أو سفينة ، وقد تقدم أن الرمي على النقطة السابعة والثامنة والتاسعة وأكثر من ذلك إلى الثاني عشر أنها تكون أقل رمي من التي تكون على الأول إلى السادس ، لان قدر ما يرتفع رأس المدفع إذا زاد من ستة نقط فينقص في الرمي والفعل ، وبهذا يعرف ما يرمي كل مدفع من النوع الأول على كل نقطة من الربع".

نوع المدفع ووضعه ***فلكنة "فالكون" كورته تزن ٣ رطل***	**وضع المدفع على درجات ميزان الربع**	**حساب المدى بالخطوة**	**حساب المدى بالكيلو متر**
الرمي على نقطة الإستقام لميزان الربع	المدفع لا مرفوع ولا منخفض فمه	٥٠٠ خطوة	٣٤,٦٥٠ كم
الرمي على النقطة الأولى من ميزان الربع	فم المدفع مرفوع على الدرجة الأولى من درجات ميزان الربع	١١٠٠ خطوة	٧٦,٢٣٠ كم
الرمي على النقطة الثانية من ميزان الربع	فم المدفع مرفوع على الدرجة الثانية من درجات ميزان الربع	١٨٠٠ خطوة	١٢٤,٧٤٠ كم
الرمي على النقطة الثالثة من ميزان الربع	فم المدفع مرفوع على الدرجة الثالثة من درجات ميزان الربع	٢٤٠٠ خطوة	١٦٦,٣٢٠ كم
الرمي على النقطة الرابعة من ميزان الربع	"فم المدفع مرفوع على الدرجة الرابعة من درجات ميزان الربع	٢٧٥٠ خطوة	١٩٠,٥٧٥ كم
الرمي على النقطة الخامسة من ميزان الربع	فم المدفع مرفوع على الدرجة الخامسة من درجات ميزان الربع	٢٩١٠ خطوة	٢٠١,٦٦٣ كم
الرمي على النقطة السادسة من ميزان الربع	"فم المدفع مرفوع على الدرجة السادسة من درجات ميزان الربع	٣٠٠٠ خطوة	٢٠٧,٩٠٠ كم

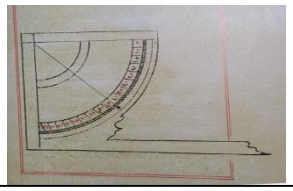
جدول يوضح حساب المدى على نقاط ميزان الربع من درجة الإستقام حتى الدرجة السادسة

طرق اخذ المسافات بميزان الربع عند مصطفى بن ابراهيم

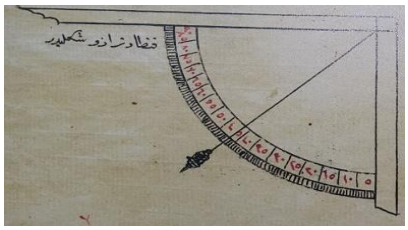
ورد ذكر هذه الآلة في المخطوطات الحربية العثمانية منها كتاب مصطفى بن ابراهيم في كتابه "فن خمبرة وصنايع انتشبازي" سابق الذكر ، وقد أعطى لنا مصطفى بن إبراهيم عدة أشكال من ميزان الربع كانت تستخدم لقياس المسافات للرمي لمدافع الهاون التي تتميز بالضرب الرأسي على الأهداف وتقنية عمله هي نفس تقنية عمل ميزان الربع التي وصفها إبراهيم بن غانم الأندلسي وسبق وصفه.



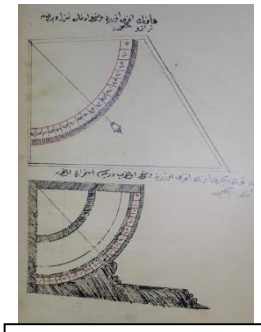
(شكل٥٧) استخدام ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند مصطفى بن إبراهيم "فن خمبرة" ورقة ١٧.



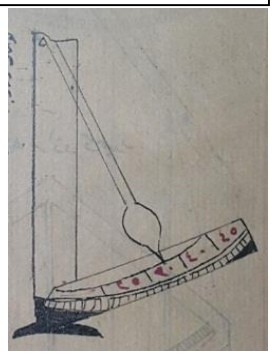
(شكل٥٨) استخدام ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند مصطفى بن إبراهيم "فن خمبرة" ورقة١٣



(شكل٥٩) ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند مصطفى بن إبراهيم "فن خمبرة" ورقة ١٢ ←



(شكل٦٠) طرز مختلفة من ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند مصطفى بن إبراهيم "فن خمبرة" ورقة ١١

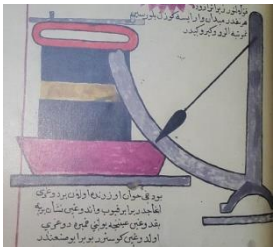


(شكل٦١) طرز مختلفة من ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند مصطفى بن إبراهيم "فن خمبرة" ورقة ٩ ←

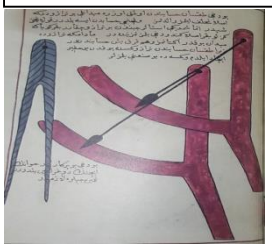
طرق قياس المسافات عند بيرم اوغلي اغا:

ورد ذكر هذه الموازين في مخطوط حربي منسوب لمهندس حربي يدعى بيرم اوغلي ١٢هـ/١٨م وقد تولى اوجاق الخمبرة جيه ، ويعرف مخطوطه ب "أم الغزا في تدبير الحرب ولوازمها" ، وكتب في زمن السلطان احمد الثالث عن تدابير الحرب وشتى انواع المدافع والهاون والاستحكامات التي تجرى اثناء فتح بعض القلاع والمخطوط رتبه المؤلف

أما عن موزاين آلة الربع التي ذكرها فجميعها تخص مدافع الهاونات التي تستخدم للضرب الرأسي وهي من أهم وظائفها الضرب على التحصينات قبيل اقتحامها وقد صور لنا المؤلف موازين ميزان الربع مصاحبة بمدافع الهاون تاكيدا على استخدامها مع هذه الأنواع من المدافع (شكل ٦٢ : ٦٥).



(شكل٦٢) طرز مختلفة من ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند بيرم اغلي "أم الغزا" ورقة ٥٩



(شكل٦٣) طرز مختلفة من ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند بيرم اغلي "أم الغزا" ورقة ٦٠

(شكل٦٤) طرز مختلفة من ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند بيرم اغلي "أم الغزا" ورقة ٦٠

(شكل٦٥) طرز مختلفة من ميزان الربع لضرب التحصينات بما يعرف بالضرب الرأسي عند بيرم اغلي "أم الغزا" ورقة ٦١←

الحيل الهندسية لمعرفة قياس البعد والمسافات بين المدفع والهدف

مصوبة المدفع "المهداف

وصف لنا بن غانم الأندلسي كيفية صنع وعمل مصوبة للمدفع تصلح لقياس المسافات البعيدة والقريبة ، وربما نجد أن بن غانم الأندلسي هو أول من ابتكر هذه الآلة للمدافع والتي انتشرت فيما بعد واصبحت من اهم آلات قياس المسافات لتحديد الاهداف قبل الضرب عليها.

وصف بن غانم الأندلسي لكيفية عمل مصوبة المدفع واهميتها وتقنية عملها :-

ولأخذ القياس بتحقيق يحتاج وزنة من نحاس بميزانها من رصاص معلق من خيط وهو في وسط الوزنة ، وبذلك يظهر بتحقيق الموضع في المدفع الذي ينظر منه الإشارة التي يرمي إليها ، فهذه الوزنة توضع على زك المدفع وهو اغلض ما فيه الى جهة الرمانة فيعلم في وسطه بالقسط بمبراد أو جنوى وخد رشما[١] لا ميل فيه لأحد الجانبين ثم في فم المدفع بذلك الوزنة أو بلا ، لأن في فم المدفع يؤخذ اسهل ، وذلك يؤخذ عود أو سمارة ويضعه في فم المدفع حتى يحصل في الفم من الجانبين ثم يخرجه وينزل على طرفيه الذابط أو يأخذ خيطا ويكيل به السمارة ثم يطويه ويجعله على السمارة ويعرف وسطها بتحقيق وهو مركز القطر لفم المدفع ثم يعيدها لفم المدفع ويتركه هنالك ، ثم يأخذ خيطا برصاصة في طرفه ، [٢]ثم ينزل الرصاصة من أعلى جبهة المدفع إلى أن يكون الخيط في وسط العلامة وهو وسط الفم ومركزه ، ثم يخط خطا تحت الخيط إلى أعلى جبهة المدفع ، وهنالك نصف رأس المدفع محقق ، وهنالك ينزل شيئا من الشمع وفي وسطه على النقطة طرف مسمار صويب[٣] ، ثم ينزل في نقطة زك المدفع شمعا قدر أربع أواق[٤] منه وفي الشمع يوقف مسطرة من عود مستقيمة من شبرين[٥] أو أكثر وفيها ثقب مستعملة بنار في خط صويب[٦] على وسط المسطرة وبين كل ثقبة وأخرى عرض أصبوعين[٧] ، وإذا كان الرمي للبعد يأخذ القياس على الثقب العوالي ، وإذا كان للقرب على الثقب التحتانية ، وينظر عند أخذ القياس من ثقبة

---

(١) يقصد رسما .

(٢) ورقة ٣٣ من النسخة (ج) .

(٣) يقصد مسمار التصويب .

(٤) الوقية تعادل ١٢ درهم وتعادل ١ /١٦ من الرطل ، أي تقريبا أي ٣٧ جم ، ٤ أواق = ١٤٨ جم .

(٥) الشبر عند المالكية مذهب اهل الأندلس ٨,٨٣٢ سم ، طول المسطرة ١٧,٦٦٤ سم ويمكن أن تصل إلى ٢٠ سم لأن بت غانم أجاز زيادة طولها .

(٦) مستقيم .

(٧) الأصبع عند المالكية مذهب اهل الاندلس = ١,٤٧ سم . بين كل ثقبة وأخرة ٢,٩٤ سم وربما تصل الى ٣ سم تقريبا ، أي ان المسطرة يمكن أن يكون بها من ٥ إلى ٦ ثقب

المسطرة إلى طرف المسمر الذي على رأس المدفع ، ويكون في طوله أقل من عرض الاصبوع الأبهم[١] ، وإذا كان الرمي للبعيد فيرفع رأس المدفع ، وذلك الرفع يكون بخفض زك المدفع ، وإذا كان الرمي بغير المسطرة فلا يظهر الموضع لان رأس المدفع يمنع النظر ، وبالمسطرة يظهر ويصيب في رميه لان بها يرى كل ما يرمي عليه...." [٢].

تحليل النص :-

مهما كانت كفاءة رجال المدفعية فلا يمكن إطلاق قذائف المدفع دون تحديد الهدف وتحديد مكانه لأنه لو لم يفعل ذلك سيفقد قذائف مدفعه وكمية البارود التي استخدمها فضلا على كثرة استهلاك المدفع بكثرة الرمي دون جدوى دون إحداث أي خسائر للعدو ، لذلك شدد بن غانم الأندلسي على ضرورة تحديد الهدف أولا قبل شحن المدفع فالمدافعي الماهر هو الذي يتبع هذه الخطوات في هذا الجزء يصف بن غانم كيفية أخذ القياس للرمي على الهدف ويطلق عليه مصوبة المدفع أو المهداف ويعرف في المصطلحات العسكرية بالنشانكاه Cannon Sight وقد ذكر بن غانم كيفية صنع النشانكاه الخلفي والأمامي وذكر أن النشانكاه الخلفي مكون من مسطرة طولها شبرين ويمكن ان تزيد ربما تصل الى ٢٠ سم بها ثقوب دائرية تسمح بالرؤية بين كل ثقب وآخر قدر ٢ سم تقريبا أي أن مسطرة النشانكاه الخلفي بها تقريبا ٥ أو ٦ ثقوب دائرية ، وذكر أن عرض المسطرة تقريبا ٢ سم ، وتثبت بشمع تثبيتا محكما وشدد بن غانم على ضرورة مراعاة ان تثبت المسطرة تثبيتا محكما بالشمع ، ووصف لنا بن غانم النشانكاه الأمامي وهو ما يطلق عليه في المصطلحات العسكرية الدبانة وذكر ان طولها ٢ سم تقريبا وشدد على أن تثبت تثبيتا محكما وان يكون النشانكاه الخلفي والأمامي يقان في مواجهة بعضهما البعض ، وهو ما سماه بن غانم بعملية تربيع المدفع لأخذ خط النثف حتى يضمن عدم تثبيت النشانكاه بميل على احدى الجانبين فيضر بعملية القياس ، اما وظيفة مصوبة المدفع أو النشانكاه الخلفي لتحديد المسافة تكيفية قراءتها ، أما الأمامي فوظيفتها ضبط الاتجاه وان اشترك الخلفي مع الأمامي اثناء رؤية الهدف فيعطي الارتفاع ، ومن المعلوم أن الارتفاع هو رفع فم المدفع بمقدار كاف للتوصل لاصابة الهدف[٣] ، واقرب تشبيه لايضاح نظرية الارتفاع هو أن اذا كان هناك بستاني في حديقة وأراد أن يروي مسافة قريبة من موضع وقوفه فإنه يصوب خرطوم المياه للأمام ، اما غن أراد أن يروي مسافات بعيدة من موضع وقوفه فانه يضطر لرفع الخرطوم الى أعلى بالقدر المناسب حتى تصل المياه إليها ، وبالمثل كرة المدفع عندما تخرج من فم المدفع فهي معرضة لمؤثرات تعيق حركتها إلى حد ما مثل تأثير جاذبية الأرض ومقاومة الهواء ، فللتغلب على هذه المؤثرات يتم رفع فم المدفع بالقدر اللازم لاصابة الهدف ، وبما أن لجاذبية الأرض تاثير على المقذوف فانه لذلك يسقط دون

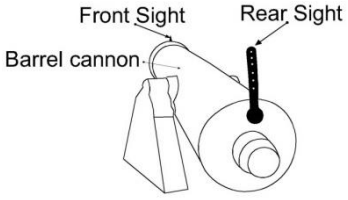
---

(١) يقصد إصبع الإبهام . يمكن أن يكون ارتفاع هذا المسمر ٢ سم تقريبا ولا يزيد.

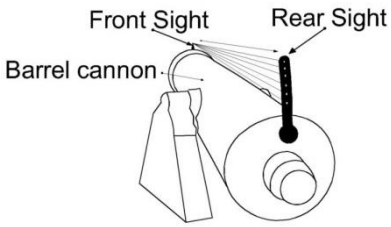
(٢) ابن غانم الأندلسي : العز والمنافع ، ورقة ٣٨ ، ٣٩. .

(٣) Sights for cannon . Washington USA 1908. P34.

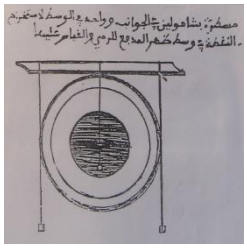
الهدف اذا وجه فم المدفع مباشرة اليه ، فللتمكن من اصابة الهدف يجب رفع فم المدفع فوق الهدف بنفس المقدار الذي ينخفض عنه المقذوف أو كرة المدفع اذا وجه فم المدفع اليه باستقامة ، وهذه النظرية تعرف بنظرية "إعطاء الإرتفاع" ولذا السبب وضعت مصوبة المدفع الخلفية مقسمة كما أوصى بن غانم الأندلسي لأن الغرض من أن تكون مسطرة المصوبة أو مسطرة النشانكاه مقسمة بدوائر مفرغة تسمح بالرؤية حتى تعطي زوايا ارتفاع مناسبة لمسافة الهدف من نقطة الرمي ، وتحديد زوايا الارتفاع عن طريق امرار شعاع البصر من احدى دوائر مسطرة المصوبة "مسطرة النشانكاه" الى مركز أسفل جزء من الهدف المراد الرمي عليه ومحاذاة رأس مصوبة المدفع الأمامية "النشانكاه الأمامي" أو "الدبانة" مع شعاع البصر الخارج من مسطرة المصوبة الخلفية "النشانكاه الخلفي" على خط بصري واحد ، وأي خلل في ذلك لا يؤدي للتصويب الصحيح ، وذكر بن غانم أنه إذا كان الرمي لهدف بعيد يتم النظر من الثقوب الأولى الفوقانية في مسطرة مصوبة المدفع "النشانكاه الخلفي" ، اما إذا كان الرمي لهدف قريب يتم النظر من الثقوب التحتانية ، وعلى أي حال نحن نجد لأول مرة يتم وصف وتركيب مصوبة للمدافع بهذه الدقة مما يدل على تفوق علماء المسلمين في المجال الهندسي الحربي ، وقد وضعت تصميما لشكل المصوبة الخلفية والأمامية على اساس وصف بن غانم الأندلسي (شكل ٦٦ : ٦٩) .



(شكل٦٦) يوضح تصميم لمصوبة المدفع "النشانكاه الخلفية والأمامية صمتت على اساس وصف بن غانم الأندلسي . عمل الباحث



(شكل٦٧) يوضح تصميم لمصوبة المدفع "النشانكاه الخلفية والأمامية وقت تحديد زواية الارتفاع عند اتحاد شعاع البصر على خط بصري واحد بين المصوبة الخلفية والأمامية مرورا صوب الهدف طبقا لوصف بن غانم← الأندلسي . عمل الباحث



(شكل٦٨) يوضح المسطرة بشاقولين لأخذ قياس الرمي

(شكل٦٩) يوضح وزنة القياس

الخاتمة :-

لا احد يستطيع ان ينفي او يشك في ان نتاج الحضارة الاسلامية كنز يحتاج منا المزيد والمزيد حتى الان للكشف عنه ، رغم الجهود التي بذلت لتحقيق ذلك على ايدي علماء قضوا حياتهم في الوصول الى محتوياته والكشف عن اسراره .

كانت محاولات دراسة نتاج الحضارة الإسلامية تتم اولا عبر اجتهادات شخصية تتمثل في الكشف عن مخطوط هنا او هناك او تأملات تثير الدهشة تتحول الى محاولة للكشف عن لغز معين ، ثم تطور الامر الى ظهور علم جديد معني بدراسة كنوز الحضارة الاسلامية عرف بما يسمى "تاريخ العلوم العربية والاسلامية" او "العلوم والتكنولوجيا في الاسلام" وظهر لهذا العلم مختصون ودراسون وتلاميذ ، فلا نستطيع فهم العمارة الاسلامية ولا الفنون الاسلامية ولا فهم الفلسفة المتعلقة بهما ولا استيعاب الناحية الوظيفية لكل منهما الا بعد الرجوع لعلوم المسلمين الذي يمثل الاصل والسبب في هذا النتاج التراثي للحضارة الإسلامية.

فالنتاج التطبيقي المتمثل في التراث المعماري والفنون التطبيقية ما هو إلا انعكاس على هذا التقدم في علوم المسلمين. بحيث تتحول المحاولات الفردية التي قام بها علماؤنا الى دراسة اكاديمية متخصصة وذلك لفهم هذا النتاج التطبيقي للحضارة الاسلامية فهما صحيحا ، وخاصة ان هناك قصور في محاولة الوصول الى فلسفة هذا النتاج التطبيقي بسبب تجاهل الأصل التي قامت عليه وهو علوم المسلمين ، فنرى مثلا العديد من التحف الاثارية في المتاحف مثل آلات القياس او الآلات الفلكية المتمثلة في الاسطرلابات وانواعها ، سواء كان اسطرلاب كروي او مسطح بأنواعه ، فكيف لنا ان نفهم طريقة عمل هذه الإسطرلابات او محتواها او فك رموزها دون الرجوع الى كتب علم الفلك عند المسلمين ، كذلك الآلات الحربية والآلات الطبية والآلات الكيميائية والفيزيائية .....الخ.

ويخلص البحث الى عدة نتائج اكثرها اهمية هي محاولة إعادة النظر في الطرق المنهجية والعلمية لتدريس تخصصات الآثار الإسلامية منها العمارة الإسلامية والتصوير الإسلامي وغيرها من فروع الحضارة الإسلامية المختلفة ، لان الربط ما بين نتاج المخطوطات وما تحويه من معلومات تقنية وعلمية تفيد في تفسير الكثير من مفاهيم تقنيات العمارة الإسلامية فتناول المخطوطات من الناحية الفنية فقط لم يعد يشف الغلة لأن تناول هذه المخطوطات وخاصة العلمية منها يجب ان يكون من الناحية التقنية والمضمون قبل ان يكون من الناحية الشكلية او الفنية فقط لأننا لن نستطيع فهم فلسفة وتقنيات العمارة الإسلامية إلا من

خلال فهم مخطوطات المتعلقة بعلوم الهندسة المعمارية ولن نستطيع فهم تقنيات الآلآت الموجودة بمختلف المتاحف مثل الآت الفلك إلا من خلال فهم محتويات مخطوطات الفلك وهكذا مع كل فروع علوم الحضارة الإسلامية المختلفة

في النهاية يوصي البحث بمحاولة تطبيق ما جاء به في دراسة التطبيقات العملية للعمارة الإسلامية وغيرها من فروع الحضارة الإسلامية المختلفة

المصادر والمراجع :-

المخطوطات :-

- **ابراهيم بن غانم الاندلسي** : العز والمنافع للمجاهدين في سبيل الله بالمدافع ، مخطوط محفوظ بمكتبة كوبرللي باستنبول برقم ١٧٧٦
- **ابن ارنبغا الزردكاش** : كتاب الأسلحة ، مخطوط محفوظ بمكتبة احمد الثالث بطوقابو سراي باستنبول
- **بيرم اوغلي اغا** : أم الغزا في تدبير الحرب ولوازمها ، مخطوط محفوظ ، مكتبة الكتبخانة بالسليمانية باستنبول تحت رقمK٥٤٣ .
- **جانم من قاني** : تحفة المملوك وعمدة الملوك ، مخطوط محفوظ بالمكتبة السليمانية كتبخانةسي برقم a –b ٣٤٦٥
- **مصطفى بن ابراهيم** : فن خمبرة وصنايع اتشبازي ، مخطوط محفوظ ، مكتبة الكتبخانة بالسليمانية باستنبول تحت رقم K439 .

المصادر العربية :-

- **الإسفزاري "أبي حاتم المظفر اسماعيل الإسفزاري** ت حوالي ٥١٠هـ/١١١٦م" : متن المظفر الإسفزاري في علمي الأثقال والحيل ، تحقيق محمد أبطوي وسليم الحسيني ، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي ٢٠١٣م .
- **ابن تغري بردي "جمال الدين أو المحاسن يوسفت ٨٧٤هـ"** : حوادث الدهور في مدى الايام والشهور ، عنى بنشره وتحقيقه وليم بوبير نشر جامعة كاليفورنيا ١٩٣٣م .
- **حاجي خليفة "مصطفى بن عبد الله كاتب جلبي القسطنطيني** ت: ١٠٦٧هـ/١٦٥٦م" : كشف الظنون عن اسامي الكتب والفنون ، دار الكتب العلمية بيروت ١٩٤١م .
- **ابن حجر العسقلاني "أبو الفضل أحمد بن علي ت٨٥٢هـ"** : الدرر الكامنة في أعيان المائة الثامنة ، دار الجيل بيروت ١٩٩٣م .
- **الفارابي "أبو النصر الفارابي"** : احصاء العلوم ، تحقيق عثمان محمد أمين ، مكتبة الخانجي القاهرة ١٩٢٥م .

- **الكرجي** "**محمد بن الحسن الكرجي**" : إنباط المياه الخفية ، تحقيق بغداد عبدالمنعم ، نشر معهد المخطوطات العربية المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، القاهرة ١٩٩٧م .
- **مؤيد الدين العرض** : كتاب الهيئة ، تحقيق جورج صليبا ، اصدار مركز دراسات الوحدة العربية ، بيروت ١٩٩٥م .
- **المراجع :-**
- **اكمل الدين احسان اغلى** : التراث العلمي العثماني ، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي ، لندن ط ١ ، ٢٠٢١م
- **المصطفى محمد الخراط** : تطور الأسلحة النارية واثرها على تطور العمائر الحربية في مصر ، جامعة سوهاج ٢٠١١م.
- ---------- : المدفعية المصرية ، مكتبة الاسكندرية ٢٠١٦م .
- **أنور عبد العليم** : الملاحة وعلوم البحار عند العرب ، عالم المعرفة ، الكويت ع ١٣ ١٩٩٠م.
- **جيرار جهامي** : موسوعة مصطلحات العلوم عند العرب ، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب ، الكويت ١٩٩٤م. .
- **دونالد هيل (د.)** : العلوم والهندسة في الحضارة الإسلامية ، ترجمة د/ احمد فؤاد باشا ، سلسلة عالم المعرفة ، الكويت ، العدد ٣٠٥ ، يوليو ٢٠٠٤ م .
- **زكي محمد حسن** : غزو الإفرنج للإسكندرية ، بحث نشر بمجلة الجيش العدد ٣٤ ، ١٩٤٥م.
- **علي جمعة** : المكاييل والموازيين الشرعية ، القدس للنشر ، القاهرة ٢٠٠١م .
- **محمد عبدالستار عثمان** : الإعلان بأحكام البنيان لابن الرامي دراسة اثرية معمارية ، دار الوفاء الإسكندرية ٢٠٠٢م .
- **وائل غالي** : تاريخ العلوم العربية وتحديث تاريخ العلوم بحث في إسهام رشدي راشد ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ٢٠٠٥م .
- **Fuat Sezgin** : Science and Technology in Islam , Publications of the Institute for the History of Arabic-Islamic ScienceUniversitat , Frankfurt 2010.
- Sights for cannon . Washington USA 1908.