جامعة الأزهر
كلية اللغة العربية بإيتاي البارود
المجلة العلمية

الإبداع الرياضيّ والهندسي عند الخليل بن أحمد الفراهيدي (علم العروض أنموذجاً)

(دراسة وصفية تحليلية)

إعداد

إلهام البرعي فرج

كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة جازان، المملكة العربيّة السعودية

(العدد السابع والثلاثون)

(الإصدار الثاني .. مايو)

(١٤٤٥هـ - ٢٠٢٤م)

علمية - محكمة - ربع سنوية

الترقيم الدولي: ISSN 2535-177X

الإبداع الرياضيّ والهندسي عند الخليل بن أحمد الفراهيدي(علم العروض أنموذجًا)(دراسة وصفية تحليلية)

إلهام البرعي فرج

كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة جازان، المملكة العربيّة السعودية.

البريد الإلكتروني: elhamlbr@gmail.com

الملخص:

لقد قام الخليل باستقراء جميع الواقع اللغوي وتمكن بفكره الوقاد وعبقريّته الرياضيّة أن يحصر جميع الممكنات اللغوية الموجودة منها في الاستعمال، والموجودة بالقوة بفضل قدرته على التجريد؛ واستطاع أن يبرهن على تلك الممكنات أو البنى اللغويّة بالتوزيع عبر التقليبات وتقسيم المجموعات وهو تفكير استدلالي، ويُعدّ الخليل أول من أوجد المفهوم الرياضي واستعمله في اللغة في معجمه كتاب العين بالتقليبات، وفي علم العروض من خلال التفعيلات، موضحًا كل ذلك بتفكير جبري باستخدام الرموز والأشكال الهندسيّة، ويتضح ذلك في الزحافات والعلل متخذًا فيها عمليات الإضافة والنقص، والدوائر العروضية، ومستخدمًا نظام البنية والمجموعات والزمرة، والاحتمالات. لذا تجلت لنا في هذا البحث عبقرية الخليل الرياضيّة والهندسيّة في علم العروض متخذاً الأصل والفرع والثابت والمتغير، والمجموعات، والدوائر المتداخلة من الأسباب والأوتاد وعكسها لتوليد بحرًا مغايرًا يشترك مع الآخر في مكوناته في علمه، متخذة في ذلك المنهج الوصفي التحليلي في عرض المصطلح الذي أوجده الخليل ومدى موافقته لمصطلحات علوم الرياضيات والهندسة، ويهدف البحث إلى بيان المنهج الرياضي الذي أرسى أسسه الخليل بن أحمد الفراهيدي، والوقوف على عبقريته الرياضيّة والهندسيّة من خلال المقاطع الصوتية والتفعيلات والدوائر العروضيّة. وكذلك يهدف إلى تحديد الأسس والأدوات التي يقوم عليها المنطق الرياضيّ وإتباع حركتيه في اللغة العربيّة، وتتبع أهمية البحث من ربط اللغة بالرياضيات

والهندسة، ومعرفة الآلية المناسبة لتصنيف الحركات والسكنات من منظور الخليل. ومعرفة طريقة ربط الخليل بن أحمد للغة بالرموز الرياضيّة من خلال الترميز والتقطيع وربْط علاقتها بالأعداد، والزمر.

الكلمات المفتاحية: الدائرة العروضيّة، الفاصلة، المعادلة الرياضيّة، التباديل، الخليل بن أحمد الفراهيدي.

Mathematical and Engineering Creativity According to Al-Khalil bin Ahmed Al-Farahidi (Prosody as a Model).

Elham El-Borai Faraj
College of Arts and Human Sciences, Jazan University, Kingdom of Saudi Arabia.
Email: elhamlbr@gmail.com

Abstract:
Al-Khalil extrapolated all linguistic reality and was able, with his fervent thought and mathematical genius, to limit all existing linguistic possibilities, including those in use and those existing in force, due to his ability to abstract. In addition, he was able to prove these linguistic possibilities or structures by distributing them through permutations and dividing groups, which is inferential thinking. Al-Khalil is considered the first to create the mathematical concept and use it in the language in his dictionary, Book of Eyes with Fluctuations, and in the science of prosody through Al-Tafilat, explaining all of this with algebraic thinking using symbols and geometric shapes. This is evident in the transitions and defects, using operations of addition and subtraction, and prosodic circles, and using the system of structure, groups, and probabilities. Therefore, in this study, Al-Khalil's mathematical and engineering genius in the science of prosody was revealed to us, taking the root and branch, constant and variable, groups, and interconnected circles of causes and contrasts to generate a different meaning that shares with the other its components in his knowledge . The descriptive and analytical approach was taken in presenting the terminology created by Al-Khalil and the extent of its agreement with the terminology of mathematics and engineering sciences. The research aims to explain the mathematical approach that was founded by Al-Khalil bin Ahmed Al-Farahidi, and to identify his mathematical and engineering genius through audio clips, activations, and

presentation circles. It also aims to determine the foundations and tools on which mathematical logic is based and its movement in the Arabic language. The importance of the research stems from linking the language to mathematics and engineering, and knowing the appropriate mechanism for classifying movements and sukān from the perspective of Al-Khalil. And knowing the way Al-Khalil bin Ahmed linked the language to mathematical symbols through coding, segmentation, and linking their relationship to numbers and groups.

Keywords: Prosodic Circle, Interval, Mathematical Equation, Permutations, Khalil bin Ahmed Faraaheedi.

مقدمة:

الحمد لله القائل في محكم تنزله :(عَلَّمَ الْإِنسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ) [العلق٥]، وأصلي وأسلم على خير خلقه المبعوث رحمة للعالمين، سيدنا محمدبن عبدالله ،وعلى آله وصحبه، ومن هدى بهداه وسار على نهجه بإحسان إلى يوم الدين ،وأصلي وأسلم تسليمًا كثيرًا.

وبعد:

أسباب اختيار الموضوع:

ذهب الخليل بن أحمد لأداء الحج فوجد شيخًا كبيرًا يُعلِّم صبيًا علمًا يقال له علم التنعيم لبدايته ب(نعم لا) وقد شغل الإيقاعُ الموسيقي الذي يردده الشيخُ للصبي بالَ الخليل، حينها دعا الخليلُ اللهَ أن يرزقه علمًا لم يسبق إليه أحد؛ فرجع إلى بلدته مارًا بممر الصفارين، حيث سمع صوت المطرقة على الطست فوجد إيقاعها (تتن تن)، حينها استنتج من خلال الإيقاعين علاقة في المقاطع الصوتية التي تتمثل في الحركات والسكنات؛ فعكف في كوخه يردد الأصوات بالإيقاعات الموسيقيّة حتى وصل إلى مسائل رياضيّة من الحركة والسكون، مكونًا منها تفاعيل أسماها بالتفاعيل العشرة؛ التي بنى منها مجموعة البحور الشعريّة، وعليه تقوم عملية المجموعات، والتباديل والتوافيق في التفعيلات حتى تكون بحرًا آخرًا ،مبينًا مدى تشارك تلك التفعيلات في البحور حتى تكون أشكالًا هندسية متقنة، وهي ما تعرف بالدوائر العروضيّة.

ويهدف البحث إلى بيان المنهج الرياضي الذي أرسى أسسه الخليل بن أحمد الفراهيدي، والوقوف على عبقريته الرياضيّة والهندسيّة من خلال المقاطع الصوتية والتفعيلات والدوائر العروضيّة. وكذلك يهدف إلى تحديد الأسس والأدوات التي يقوم عليها المنطق الرياضيّ وإتباع حركتيه في اللغة العربيّة.

وتنبع أهمية البحث من ربط اللغة بالرياضيات والهندسة، ومعرفة الآلية المناسبة لتصنيف الحركات والسكنات من منظور الخليل. ومعرفة طريقة ربط الخليل بن أحمد للغة بالرموز الرياضيّة من خلال الترميز والتقطيع وربْط علاقتها بالأعداد، والزمر.

ومن هنا تظهر التساؤلات الآتية :

من أين استقى الخليل بن أحمد منطقه الرياضيّ؟ وإلى أي مدى يتوافق المنطق الرياضيّ والهندسي مع تقليبات التفعيلات وتداخل الدوائر العروضيّة؟

وهل يتوافق تبادل الأسباب والأوتاد وتقليباتها مع نظرية التباديل والتوافيق والإحصاء؟

أما فيما يتعلق الدراسات السابقة فهنالك دراسات متفرقة عن الخليل بن أحمد وعلمه من خلال معجمه والعروض بصورة عامّة، على سبيل المثال : اللسانيات الرياضيّة والعروض لمصطفى حركات ،اللغة العربية والحاسوب ،نبيل علي تقديم أسامة الخولي، ودراسة أخرى عن الفكر الرياضي الحاسوبي في التراث اللغوي عند العرب للدكتور وليد مقبل الديب.

أما المنهج الذي اتبعته فهو المنهج الوصفي والاستقرائي التحليلي في وصف المصطلحات اللغوية ومدى موافقة أسسها ومبادئها لمبادئ الرياضيات والهندسة.

خطة البحث:

المبحث الأول : العروض والخليل بن أحمد الفراهيديّ

المطلب الأول: التعريف بالخليل بن أحمد.

المطلب الثاني: علم العروض لغة واصطلاحًا.

المبحث الثاني: الرموز والتفعيلات والدوائر العروضية.

المطلب الأول : مفهوم المتحرك والساكن(التفعيلات).

المطلب الثاني: الدوائر العروضية.

المبحث الثالث: المفاهيم الرياضياتية في علم العروض.

المطلب الأول: مفهوم الأصل والفرع والثابت والمتغيّر، والتكافؤ.

المطلب الثاني: مفهوم العلاقات بين العناصر (مجموعة وزمرة رياضيّة) في العروض.

خاتمة: تحتوي على النتائج والتوصيات وبعدها ثبت المصادر والمراجع

المبحث الأول العروض والخليل بن أحمد الفراهيديّ

المطلب الأول: التعريف بالخليل بن أحمد:

هو الخليل بن أحمد بن عمرو بن تميم الفراهيديّ الأزدي ، ولد في البصرة سنة مائة للهجرة وتوفي فيها سنة خمس وسبعين ومائة للهجرة. من شيوخه: أبو عمرو بن العلاء، ومن طلابه سيبويه والأصمعي والنضر بن شميل[١] ،وقد وصفه أبو الطيّب اللغويّ؛(ت٣٥١هـ)بأنّه مفتاح العلوم ومصرفها.[٢]

وللخليل مكانة علميّة يعرفها القاصي والداني على مر العصور، فهو مؤسس لعدد من علوم العربية كالنحو والعروض والمعجم ، وهو شيخ سيبويه، ونقل سيبويه عن الخليل في كتابه كثيرًا من مسائل النحو والصرف، بقوله: سألته، وقال ، وهو يقصد الخليل.[٣]

قال العلماء فيه: كان آية في الذكاء، يحجّ سنة ويغزو سنة، وكان زاهدًا في الدنيا لم يتكسّب بالعلم، ولا وقف على باب أمير ولا خليفة، وهذا يبرز جليًا عندما طلبه أمير الأهواز ليؤدب ولده فرفض، فسأله الرسول: فماذا أقول للأمير عنك؟ فردّ عليه بأن يبلغه أنه في غنى رغم فقره وأنه عنه في سعة. له العديد من المؤلفات أشهرها معجم العين وله كتب ستة أوردتها كتب الطبقات، النغم، النقط والشكل، والعروض، والشواهد والإيقاع، والجمل.

(١) للتوسع من أخبار الخليل انظر ترجمته في: بغية الوعاة في طبقات اللغويين والنحاة ، السيوطي(٥٥٧/١) وما بعدها؛ نزهة الألباء في طبقات الأدباء، أبو البركات الأنباري ، (ص٤٥)؛ وفيات الأعيان وأنباء أبناء الزمان، ابن خلكان، (٢٤٤/٢) وما بعدها،

(٢) انظر: مراتب النحويين، أبو الطيب اللغوي ،(ص٤٦).

(٣) انظر: أخبار النحويين البصريين، السيرافي (ص٣٠-٣١).

أورد الذهبي في كتابه سير أعلام النبلاء أنّ الخليل دعا ربه أن يرزقه علمًا لم يسبق إليه، ففتح الله له بالعَروض[١] وأكّد ذلك ابن خلكان مبينًا أنّ الخليل استنبط علم العروض وحصر أقسامه في خمس دوائر استخرج منها ستة عشر بحرًا وزاد عليها الأخفش بحرًا أسماه الخبب.[٢] أما فيما يتعلق بسبب وفاته فقيل كان سبب موته تفكيره في ابتكار فكرة رياضية (حساب) للجارية حتى لا تُظلم من البائع فصدمته سارية المسجد وهو غافل ومات.[٣]

يتضح للباحثة من خلال هذا السرد أنّ تفكير الخليل الإجرائي في علم العروض تفكير يُبنى على التجربة والحصر والتحليل الرياضيّ.

المطلب الثاني:علم العروض لغة واصطلاحًا:

علم العروض لغة: وردت كلمة عروض في المعاجم العربية بمعانٍ متعددة ،فهي عند ابن منظور تعني الناحية ،وتعني مكة والمدينة[٤]، وافقه ابن دريد[٥] و والزبيدي[٦] في أنّها تعني مكة والمدينة وما حولهما، مضيفًا الزبيدي أنّ العروض تعني الناقة التي لم تَرضْ، وكذلك تعني بعير عَروض يعني إن فاتها الكلأ أكل من الشوك[٧] وهذا ما ذهب إليه ابن منظور .

(١) انظر: سير أعلام النبلاء، الذهبي، (٧ /١٢٩)

(٢) انظر: وفيات الأعيان وأنباء أبناء الزمان، ابن خلكان(٢/٢٤٤).

(٣) انظر: الوافي بالوفيات، الصفدي (١٣/٢٤١)

(٤) انظر: لسان العرب، ابن منظور، مادة (عرض)(٤/١٧٠-١٨٤)

(٥)جمهرة اللغة، ابن دريد(٢/٧٤٨).

(٦) انظر:تاج العروس من جواهر القاموس، الزبيدي مادة (عرض)(١٨/٣٧٩).

(٧) انظر : لسان العرب، ابن منظور، مادة (عرض)(٤/١٧٠-١٧٤-١٧٥-١٨٤)؛ جمهرة اللغة، ابن دريد، (ص٧٤٨.)

علم العروض اصطلاحًا:

عرّفه الخليل بهذا الاسم لأنّ الشعر يعرض عليه[١] ووافقه الدماميني [٢]في هذا التعريف ، ويعرِّفه الزبيديّ بأنّه ميزان الشعر[٣]، أو لأنّه ألهمه الخليل بن أحمد بمكة وهي العَروض، مفسرًا لفظة العروض أنّها مؤنثة. ويعرفه ابن جني بأنّه هو ميزان شعر العرب لمعرفة صحيحه من مكسوره [٤]'وافقه ابن فارس[٥] ومن المحدثين الدكتور عبد العزيز عتيق[٦]مضيفًا أنّه معيار مثله مثل النحو في في أنّه معيار الكلام به يُعرف معربه من ملحونه، وكذلك محمد السرّاج[٧]' والسيّد والسيّد أحمد الهاشمي[٨] مفسّرًا إياه بأنّه صناعة يُعرف بها صحيح أوزان الشعر وما يعتريها من زحافات وعلل، بينما يعرّفه الدكتور جواد[٩] بعلم الشعر والقافية.

نلحظ من خلال التعريفات السابقة أنّ علم العروض لا يخرج من معنى ميزان للشعر لمعرفة الصحيح من الفاسد، وما يعتري الشعر من زحافاتِ وعلل، ومعرفة الموزون من غيره والمحافظة على الشعر من كسره وتيسير نظم الشعر، وهو علم له قواعده وأصوله، ونظرياته التي تحصل وتكتسب بالتعلُّم.

---

(١) انظر: كتاب العين، الخليل بن أحمد(٢٧٥/١).

(٢)انظر: العيون الغامزة على خبايا الرامزة، الدماميني،(ص١٥)

(٣)تاج العروس من جواهر القاموس، الزبيديّ(٣٧٩/١٨)

(٤) كتاب العروض، ابن جني (٥٥/١).

(٥) انظر: الصاحبي في فقه اللغة، العربية ومسائلها وسنن العرب في كلامها ،ابن فارس، (ص٤٣)

(٦) انظر:علم العروض والقافية ،عبد العزيز عتيق، (ص٥).

(٧) اللباب في قواعد اللغة وآلات الأدب والنحو والصرف والبلاغة والعروض واللغة والمثل، السرّاج (ص١٨٧)

(٨) ميزان الذهب في صناعة شعر العرب ، أحمد الهاشمي، (ص٩).

(٩) المفصل في تاريخ العرب قبل الإسلام ،للدكتور جواد علي،(١٩٢/١٧).

المبحث الثاني الرموز والتفعيلات والدوائر العروضية:

الخليل يعتبر طفرة علميّة في حركة التأليف العلميّ عمومًا وفي العلوم اللغويّة على وجه الخصوص؛ إذ تمت على يديه ولادة ما يسمى بالاستقرّاء العلمي الشامل الرياضي، وإيجاد البذور الأولى لنظريّة المجموعات.

المطلب الأول: الرموز (الساكن والمتحرك) والتفعيلات:

استطاع الخليل أن يصوغ نظام العربيّة كثوابت ومتغيرات؛ حيث إنّه يتمتع بعقلية حسابية، حينما سمع طرق النحاس في السوق وله جرس صوتي يلهم واضع علم العروض أن يستمدّ المصطلحات العروضية من بيئته الصحراويّة وما يحدها من البحار، فالعروض هي العارضة التي تعترض الخيمة فتقام عليها. وهناك الوتد، والسبب وكلها مستمدة من بيئته. كما أنّ حاسته الموسيقيّة من دون معلِّم أوجدته ما يسمى بالوحدة التي تتبادل فيها الحركة والسكون؛ فمفهوم الحركة عنده هو مفهوم صوتي بحت، وهو يرى بأنّ الحركات زوائد لأنّهنّ "يلحقن الحرف ليوصل إلى التكلم به"[١] وقد اعتمدهما ليؤسس علم العروض، لأنّ معرفتهما ومعرفة الطريقة الصحيحة في كيفية الجمع بينهما لتكوين الأسباب والأوتاد، تقوم على ترتيب معين ونشاط إنساني لساني يتراوح بين الحركات والسكنات ،وهذه العلاقة أوجدها الخليل من خلال التقليب[٢] ولازمته وعاشت معه حتى أنتج منها معجم العين والعروض حتى قيل عنه: إنّ عقله أكثر من علمه[٣]، ومن هنا تظهر الأبنية التي يقصد بها عدد الأحرف للتفعيلة الأصلية التي تتألف منها، فجذورها ما بين الخماسيّة والسباعيّة. فجعل هذه الأبنية أساسًا لإيجاد البحور الخمسة عشر.

(١) الكتاب ، سيبويه (٢٤١/٤).

(٢) انظر: الكليات والأصول اللغوية في معجم العين، سارة الزهراني ، (ص١٢)

(٣) انظر: وفيات الأعيان وأنباء أبناء الزمان ،ابن خلكان،(٢٤٦/٢)

أما من حيث بنية الوزن، فقد ابتكر الخليل نظرية رياضيّة مفادها أنّ علم العروض بُني على مستوى ترميزي رياضي يتمثل في مستوى الحركات والسكنات حيث عبّر الخليل بالألف الممالة على المتحرك(/) والدائرة الصغيرة للساكن (o) من الحروف وهي تشبه الصفر الرياضيّ، فمفهوم الصفر(o) يتجلى ظاهرًا في فكر الخليل في العروض الذي بناه على مفهومي الحركة والسكون[١]؛ فالسكون في النظام اللغوي العربي[٢] يعنى خلو الحرف من الحركة[٣]، وكذلك الصفر الرياضيّ يسمى بالخلو، وقد رمز له الخليل بدائرة صغيرة تشبه الصفر الرياضيّ وانطلاقًا من السكون حدد الخليل مجموع المقاطع التي تتكون منها التفعيلات العروضيّة، واعتبر السكون هو الفاصل الذي يُحدد المقطع العروضيّ فشكّل لديه ما يعرف بالأسباب والأوتاد ،وأصبح متعارف عليه بثنائية الصفر واحد(o/) وهذا ترميز رياضي يقابل في الحاسوب الالكتروني "التمثيل البياني الذي تتحول فيه الرموز والأعداد والحروف وتفاصيل الأشكال والموسيقى وخلافه إلى سلسلة متصلة بين علامات الصفر والواحدة وذلك يشكل الصفر والواحد بصورة يمكن للآلة أن تتعامل معها.[٤] فالمتحرك يمثل المتغير بينما الحرف الساكن يمثل الثابت. أمّا على مستوى الأسباب والاوتاد، فالأوتاد هي الثوابت والأسباب متغيرات، وعلى مستوى التفاعيل فقد صنّفها الخليل إلى أصول وهي ما ابتدأت بوتد والفروع ما نتجت عن الأصول مثلًا: فعولن (//o/o) الأصل نتج عنها فاعلن (/o//o) الفرع بواسطة التبديل الدوراني.[٥] وعلى ذلك فيكون الوزن

(١) انظر : اللغة العربيّة والحاسوب، نبيل علي ،(ص٥٦).
(٢) انظر: لسان العرب، ابن منظور (٢٢١/٧).
(٣) انظر: الكتاب، سيبويه(٤ /٢٤٢).
(٤) انظر: اللغة العربيّة والحاسوب،،نبيل علي(ص٥٦).
(٥) انظر: أوزان الشعر، مصطفى حركات،(ص١٥-٢١).

العروضـيّ عنـد الـدّماميني مقابلـة المتحـرك بالحركـة مـن غيـر النظـر إلـى خصوصـيتها والسـاكن بالسـكون[١] بينمـا يـرى مصـطفى حركـات أنّ الـوزن العروضـيّ لنصٍ مـا هو سلسلة الحركات والسكنات المرفقة في النص[٢]، ويرى جورج يوهاس الوحدة المتغيرة في فرضيته تشمل الأسباب الخفيفة.[٣] وهنا يوافق الخليلَ في أنّ الأوتاد ثوابت والأسباب متغيرة.[٤] فالتفعيلة عنصر من عناصر البنية العميقة تُرفق بعنصر من عناصر البنية السطحيّة التي هي وزنها، وقد يكون هذا الوزن أساسيًا أي سالمًا وقد يكون غير سالم من الزحاف حيث يُقصد بعناصر البنية العميقة الأسباب والأوتاد، وعناصر البنية السطحيّة أوزانًا، وهي القواعد التي ترفع بها الأسباب والأوتاد وما يعتريها من زحافات وعلل [٥]، وتتطلب البنية وجود عناصر تتألف مع بعضها لتكون مجموعات تربط بينهما علاقة وظيفة أدائية من خلال علاقته مع غيره، وهو ما يعرف بالاتحاد عند الرياضيين، وغالبًا ما تكون بين مجموعتين أو أكثر ويرمز لها ب (U)[٦]، كما إنّ اندراج مجموعة من الأسباب والأوتاد على مجموعة أخرى تظهر التكافؤ بين المجموعتين في البنية.، فلنرمز للسبب الخفيف ب(س)، والسبب الثقيل ب(سَ) ،والوتد المجموع ب(و)،والوتد المفروق(وَ) وعلامة الشرطة على الحرف للتفريق بينهما في كلٍ .أما فيما يختص بالفاصلة الصغرى والكبرى فترى الباحثة أنّها نتجت من اندماج الأصول الأسباب والأوتاد، فمثلًا عندما نكتب وزن الفاصلة

(١) انظر: العيون الغامزة على خبايا الرامزة، الدماميني،(ص٤٢)

(٢)نظريتي في تقطيع الشعر، مصطفى حركات،(ص١٥).

(٣) انظر: نظرية الخليل محاسنها ومساويها، جورج يوهاس ، (ص٤٠-٤٥).

(٤)اللسانّيات الرياضيّة والعروض، مصطفى حركات،(ص٣٥).

(٥) المرجع السابق (ص٣٤).

(٦)انظر: معجم الرياضيات، صالح رشيد بطارسة(ص).

الصغرى يكون هكذا(////o) ورمزها(سَ س) والكبرى وزنها(/////o) ورمزها(سَ و) يتضح جليًا تتبع الأصل والفرع فيها. كما لاحظت الباحثة أنّ الخليل قد اعتمد على العددين (2,3) حيث جعلهما دعامة علم العروض في استخدام المقاطع الصوتية، فعند إضافة (2+2) تتكون الفاصلة الصغرى وعند إضافة (3+2) تتكون الفاصلة الكبرى وهنا تظهر لنا العملية الجبرية التي ابتكرها الخليل في علمه بالإضافة أو الحذف، كما إنّه كوّن منها مقاطع صوتية عُرفت بالتفعيلات، ومن ثَّمَّ كوّن منها البحور الشعرية وحصرها في خمس دوائر، ويبلغ عدد التفعيلات التي تتكون منها البحور الشعرية عشر تفعيلات كالآتي:

اثنتان خماسيتان وهما:

فَعُوْلُنْ: تتكون من وتد مجموع وسبب خفيف ويكون وزنها (//o/o) ورمزها(و س)

فَاْعِلُنْ: تتكون من سبب خفيف ووتد مجموع ويكون وزنها (/o//o) ورمزها (س و)

وثماني سباعية وهي:

مَفَاْعِيْلُنْ: وتتكون من وتد مجموع وسببين خفيفين ويكون وزنها(//o/o/o) ورمزها(و س س)

مُسْتَفْعِلُنْ: وتتكون من وسببين خفيفين وتد مجموع ويكون وزنها(/o//o/o) ورمزها(س س و)

مُفَاْعَلَتُنْ: وتتكون من وتد مجموع وفاصلة صغرى ويكون وزنها (//o///o) ورمزها(و سَ س)

مُتَفَاْعِلُنْ: وتتكون من فاصلة صغرى ووتد مجموع ويكون وزنها(///o//o) ورمزها (سَ س و)

فَـاْعِ لاتُـنْ: تتكون من وتد مفروق وسببن خفيفين ويكون وزنها(/o/ /o/o)ورمزها(وَ س س)

مَفْعُوْلاتُ:وتتكون من وسببين خفيفين ووتد مفروق ويكون وزنها(//o/o/)ورمزها(س س وَ)

وهنا يظهر التبديل الدوراني في التفعيلات السابقة في عناصر البنية العميقة وعناصر البنية السطحيّة.

مُسْتَفْعِ لُنْ: تتكون من سببين خفيفين بينهما وتد مفروق ويكون وزنها(//o/ /o/ /o)

فَاْعِلاتُنَ: تتكون من سببين خفيفين بينهما وتد مجموع ويكون وزنها(//o//o//o)

يتضح مما سبق أنّ أجزاء التفعيلة من أسباب وأوتاد هي أساس العلاقة الدورانية إذ جعلها الخليل بن أحمد أساسًا في نظريته، حيث قسمها إلى تفاعيل أصليّة وتفاعيل فرعيّة؛ فما كانت تبتدئ بوتد فهي أصليّة، والتي تبتدئ بسبب فهي فرعيّة ،والفرعيّة تنتج عن تبديل دوراني كما في تفعيلة

(مَفَاْعِيْلُنْ) مثلًا تعطي بالتبديل الدوراني تفعيلة مستفعلن[١] وبالتالي تتكون مجموعة ذات بنية تسمى في الاصطلاح الرياضي بالزمرة .والتي سأتحدث عنها في المبحث الثاني من هذا البحث.

المطلب الثاني: الدوائر العروضية:

المتعمق في علم الخليل يلحظ منهجه الفريد المتميز بالكليّة والشمول، الذي اخترع من خلاله الدوائر العروضية . إنّ فكرة الدائرة العروضيّة فكرة خلّابة حيث تُبنى على علاقة التبديل الدوراني التي أدت بالخليل إلى حصر البحور الستة عشر في خمس دوائر وهي أشبه بالدوائر الهندسيّة في بداية نقطة معينة على محيط الدائرة الهندسيّة إذ تعتبر نقطة بدء نسير منها لتعود إليها عند نقطة

(١) انظر: اللسانيات الرياضيّة، مصطفى حركات، (ص٣٦)

معلومة ثابتة تسمى مركز الدائرة ،والبعد بين النقاط يسمى نصف قطرها[١] ،حالها حال الدائرة العروضيّة، وقد أطلقها الخليل على عدد من البحور التي يجمع بينها التشابه في المقاطع ،أي الأسباب والأوتاد[٢]،وأنّ "كلّ دائرة تجمع عددًا من الأبحر المتشابهة، أو بتغيير آخر ينبثق منها عدد من الأبحر المتفقة اتفاقًا كبيرًا من الناحية الموسيقية، كما أنّ كل دائرة تتميز من غيرها من حيث الإيقاع أو النغم"[٣]، فالدوائر العروضيّة هي النموذج النظري والصورة التجريديّة للوزن التام المختزن في أذهان العرب، ولكن لا يمكن أنْ تحصر جميع البحور في دائرة واحدة. يقول كشك: "تركت هذه الدوائر اختيار تجزئة هذا الوزن لدور السياق والاستعمال. وهنا نجد الاستعمال يأتي أحيانًا بالبيت تامًا بصورته النظامية المثالية ويأتي بتفعيلته النهائية وقد اعتراها نقص يصل بها إلى حد الاعلال، ويضيق نفس الاستعمال بهذا الطول النظامي فيأتي بالبيت وقد انتابه ما يسمى بالجزء وهو حذف كمي يستغنى فيه عن وحدة كاملة أو وحدتين في نظام البحور." [٤] ويوضح هنا مدى إكمال الدوائر مع بعضها البعض في البنية العميقة والسطحيّة مبينًا التغيرات التي تحدث فيها من زحافاتٍ وعلل، ورمز له بعبارة الحذف الكمي لأنّه يحذف كمية من حروف التفعيلة بالذات وإن كان الزحاف مركبًا في التفعيلة.

وهي خمس دوائر ولكل منها اسم اصطلاحي:

دائرة المختلف التي تضم بحر الطويل والمديد والبسيط ،ودائرة المؤتلف التي تضم بحري الوافر والكامل، ودائرة المجتلب والتي تضم بحر الهزج والرجز

(١) انظر: أساسيات الرياضيات ،العسيدي، (ص٤٣).

(٢) علم العروض والقافية ،عبد العزيز عتيق، (ص١٥٣).

(٣) العروض مقدمة المحقق عن الدوائر العروضية، ابن جني، (ص٣٣،٣٤).

(٤ محاولات للتجديد في إيقاع الشعر، أحمد كشك، (ص١٣٦).

والرمل ،ودائرة المشتبه التي تضم ستة أبحر هي: السريع والمنسرح، والخفيف، والمضارع ،والمقتضب ،والمجتث، ودائرة المتفق التي تضم بحري المتقارب والمتدارك.[١] حيث سمى الخليل الدوائر بهذه المسميات بناءً على التفعيلات التي تشترك فيها البحور عند الدوران على أساس تركيبها خماسيّة كانت أو سباعيّة.

المبحث الثالث: المفاهيم الرياضياتيّة في علم العروض:

امتاز الخليل بعقلية رياضياتيّة وخبرة واسعة بأمور اللّغة ومشكلاتها إذ "يشهد المتخصصون في تاريخ الرياضيات بدور الرياضيين المسلمين في مدِّ الخطوات الأولى الصحيحة والمؤسسة للخليل التوفيقي كفصل مستقل في علم الرياضيات، متأثرين في ذلك بالمنهج الخليلي الرياضياتي في كتابه العين." [٢]

المطلب الأول: مفهوم الأصل والفرع والثابت والمتغيّر، والتكافؤ.

يُعرّف الخليل بن أحمد "الأصل" بأنّه أسفل كل شيء، واستأصلت الشجرة؛ أي: ثبُت أصلُها، واستأصل الله فلانًا؛ أي: لم يدع له أصلًا[٣] وافقه في ذلك ابن منظور[٤]، وذهب الخليل إلى أنّ الفرع هو :"أعلى كل شيء وجمعه فروع"[٥]،وهذا ما ذهب إليه ابن فارس في تفسير معنى الفرع.[٦] ويرى الدكتور عبد الرحمن الحاج صالح أنّ الأصل هو الأساس وما بُني عليه هو الفرع،[٧] إذ معنى ذلك

(١) انظر: علم العروض والقافية ،عبد العزيز عتيق(١٥٣ –١٥٤).

(٢) الكليات والأصول اللغويّة في معجم العين ،سارة الزهراني (ص١١– ١٢).

(٣) انظر: كتاب العين، الخليل بن أحمد ، مادة (أصل)(١٥٦/٧).

(٤) انظر: لسان العرب، ابن منظور، مادة (أصل)(١٦/١١).

(٥) معجم العين ، الفراهيدي ، مادة (فرع)، (١٢٦/٢).

(٦) انظر: مقاييس اللغة، ابن فارس مادة (فرع)،(٤٩١/٤).

(٧) انظر: النظرية الخليلية الحديثة–مفاهيمها الأساسيّة، عبد الرحمن الحاج صالح، (ص٢٥).

إنّ التغيير الذي يحدث في التفعيلات قد يخضع لقواعد الحذف الكمي من أسباب وأوتاد عند دخول الزحافات والعلل عليها، وهنا يظهر جليًّا الأصل من الفرع حسب التحويل، كما إنّ التغيير الجديد يحدث عنه تبديلًا في الترتيب الأساس، والتباديل هي ترتيبات منظمة لمجموعة من الأشياء،" واقتران واحد لواحد من مجموعة إلى نفسها"[١] فمثلًا: في تفعيلة (فعولن)التي تتكون من وتد مجموع (و) وسبب خفيف(س) عند تبديلها ينتج عنها تفعيلة (فاعلن) التي تتكون من سبب خفيف(س) ووتد مجموع(و)، فينتج من ذلك تباديل لمجموعة الأسباب والأوتاد[٢] والزاوية فيهما محيطية[٣] وهنا النظام ثنائي تبديلي وفيه خاصية التجميع حيث إنّ إنّ فعولن =فاعلن في المقاطع الصوتية مع مراعاة التبديل الدوراني، وهنا يظهر مفهوم الثابت والمتغير في التفعيلات، فالوحدة المتغيرة أو غير الثابتة تكون للأسباب لاعتمادها على الأوتاد، وهذا ما مثّله الخليل بن أحمد في تشبيه البيت الشعْرِي بالبيت الشَعرِي في مكوناته من أسباب–يقصد الحبل الذي يربط في الوتد–وأوتاد –يقصد به العود الذي يدق على الأرض–والحواجز أو الفواصل داخل الخيمة، التي جعلها في البيت الشعَرِي بمثابة البيت الشعْرِي، وعليه بنى الخليل منهجه الرياضياتي في علم العروض على الأعداد(5–4–3–2) حيث يمثل العدد (2)الأسباب والعدد (3)الأوتاد، و العددان (5–4) الفواصل في كلٍ من البيت الشعَري ،والبيت الشعْري، بناءً على الحركات والسكنات. والحساب الرياضياتي في هذه الحالة نريد حساب عدد التفعيلات الممكنة من حرفين مثل:(عن) والمشكلة انطلاقًا من متحرك وساكن، لهذ ا فإنّ: /o=2و//=2 ولأنّ الترتيب مهم، والتكرار ممكن، لا يصح استعمال الترتيبات، ويجب استعمال

(١)معجم الرياضيات، صالح رشيد بطارسة، (ص٦٨).

(٢) انظر: نظريّة الاحتمالات،عبد الحفيظ مصطفى ، ١/٦٠-٦١.

(٣) انظر: معجم الرياضيات، صالح رشيد بطارسة ،ص١٥١.

القوائم، فيكون الناتج 2×2=4(فاصلة صغرى) وتفسير ذلك ببساطة الذهنية الخليليّة العبقريّة تبقى تفعيلتان ثنائيتان:/o = متحرك + ساكن و// = متحرك + متحرك، وقد أطلق عليهما الخليل اسمي السبب الخفيف والسبب الثقيل.

وأيضًا التفعيلات الثلاثية (//o،o//)، وقد رمزت للوتد المجموع ب(و)،والوتد المفروق ب(وَ) للتمييز بينهما، و عدد التفعيلات الثلاثية الممكنة ثماني تفعيلات ومع حذف التفعيلات التي تبدأ بساكن أو تحتوي التقاء ساكنين تبقى تفعيلتان ممكنة فقط هي: (//o،o//) وقد أطلق الخليل على الرمزين اسمي الوتد المجموع والوتد المفروق. وينطبق هذا المنهج أيضًا في التفعيلات الخماسيّة والسباعيّة، وقد يدخل على هذه التفعيلات نقص أو زيادة وهو ما أطلق عليه مصطلح العلة [١] ويظهر هنا مفهوم الإضافة (+)وعمليات النقص (_) وعمليات الجداء(×)، وبالتالي لم يحتفظ إلّا بالتفعيلات الخماسيّة والسباعيّة.

معنى ذلك إنّ التباديل هي العينات المرتبة أمّا التوافيق فهي الأوجه المحتملة الأساس في اختيار عناصر دون ترتب إطلاقًا، مثل:{س،س،و} وهي مجموعات تقوم على منطق التقليب.[٢]

ترى الباحثة أنّ ثنائية الأصل والفرع في العروض العربي تقابلها ثنائية الثابت والمتغير؛ حيث إنّ الثابت في نظر الخليل هو الأسباب والأوتاد والمتغير هو مكونات البنى التجريدية التي هي عبارة عن قوالب ثابتة يبنى على أساسها النسيج العروضيّ.

(١) انظر: علم العروض والقافية ،عبد العزيز عتيق،ص١٤٦.

(٢) انظر: نظرية الاحتمالات،١عبد الحقيظ مصطفى،٦١/١

المطلب الثاني:مفهوم العلاقات بين العناصر (مجموعة وزمرة رياضيّة)في علم العروض:

يرى الحاج صالح أنّ النحاة الأوائل استعملوا مصطلح الباب للتعبير عن المجموعة بالمفهوم الرياضيّ المعاصر، يقول بهذا الصدد:" والباب كمفهوم رياضي هو مماثل لما يسمى الآن بالمجموعة"[١] فالمجموعة بالمفهوم الرياضي هي جملة من العناصر المجتمعة تحت مسمى واحد، فالمجموعة مبنية على مبدأ الانتماء، أي انتماء العنصر إلى المجموعة وإدراجه فيها. بيد أنّ السؤال المهم الذي يُطرح هنا هو: هل يمكن زيادة على ذلك إيجاد علاقة تربط بين تلك العناصر بعضها ببعض؟ الإجابة عن هذا السؤال الجوهري هي التي ستفرق بين مفهومين رياضيين ونحويين مهمين وهما: المجموعة(الفئة) والباب، حيث إنّ إن لم توجد علاقة رابطة بين العناصر فنقول إننا نملك مجموعة لا غير، في حين وجود علاقة تربط بين العناصر تحوّل المجموعة من مجرد مجموعة إلى بنية وهي ما يسميها الحاج صالح بابًا. وينتج عن ذلك المجموعة التي تسمى عناصر، أمّا عناصر الباب فتسمى نظائر. فالمجموعة تجمع أشياء متمايزة ولها عناصر ،ولا توجد أي فرضية حول عناصرها سوى انتمائها كمجموعة [٢] ، فالمجموعة إذن هي جملة العناصر التي لا ترابط فيما بينها، أما الباب فهو المجموعة التي تترابط عناصرها وفق علاقة معينة. ومن هذه العلاقات التكافؤ – الذي يُفسر رياضيًا بأنّه تساوي المجموعات في المسافات فقط [٣] –،والانعكاس والموافقة والزمرة .

(١) منطق العرب في علوم اللسان ،عبد الرحمن الحاج صالح، ص١٣٤.

(٢) أساسيات الرياضيات، العسيدي ص٤٣.

(٣)انظر: معجم الرياضيات، صالح رشيد بطارسة،ص١٠٠.

ومن اجتماع التفعيلات مع بعضها وتبديلها دورانيًا أنتجت خمس دوائر عَروضيّة ، والتي

تشكل كل دائرة من الدوائر العروضيّة شكلًا هندسيًا دائريًا، حيث يظهر التحويل الهندسي –أي اقتران تناظر– في المستوى نفسه، حيث تُرسم كل نقطة من نقط المستوى فوق نقطة أخرى من نقط المستوى نفسه[١] وهنا يتجلّى بوضوح الدور البارز للرياضيات في تنمية النشاط الذهني عند الإنسان، وفي إشباع حاجاته الفكريّة، وأول الفروع الرياضيّة التي كان لها الدور البارز الهندسة وتحديدًا الهندسة الإقليدية نسبة إلى إقليدس، يقول ديفيد برانان وزملاؤه: "دُرست الهندسة دراسة دقيقة ووُضعت على أسس نظرية راسخة؛ وذلك لإشباع حاجات الناس الفكريّة."[٢]

يرى الدكتور عبد الرحمن الحاج صالح أنّ عملية التحويل هو إجراء أو حمل الشيء على شيء، وهي ما تعرف بالزمرة[٣] ويرمز لها بالرمز(*) .وهذه العلاقة التركيبية لابدّ أن تتميز بخصائص ثلاثة أخرى، وهذه الخصائص تتميز بالترابط وتسمى بالخاصية التجميعية.

يقوم علم العروض في تشكّله على أنّه زمرة تركيبية، حيث مجموعة الجمع بين الأسباب والأوتاد تمثل مجموعة الأعداد الصحيحة وبالتالي تتكون زمرة عملية الجمع؛ لأنّ التفاعيل تشكّل كل منها زمرة تركيبية فمثلًا التفعيلتين (فعولن) + (مفاعيلن) = بحر الطويل مع تكرارهما ثماني مرات، حيث إنّ فعولن تتكون من (و+س) ومفاعيلن تتكون من (و+س+س) وتكرارهما ثماني مرات يأتي منهما بحر الطويل وهاتان التفعيلتان هما عنصران ينتميان إلى النظام

(١) انظر: ،معجم الرياضيات ،صالح رشيد بطارسة ،ص٧٣

(٢)الهندسة، برانان ديفيد ترجمة مها النبهان ص٩.

(٣) انظر: ،النظرية الخليلية الحديثة، عبد الرحمن الحاج صالح ،ص٢٥

العروضي فالوتد والسبب والتفعيلة تعتبر جميعها عناصر لغويّة تنتمي للنظام العروضي، والتركيب بين العنصرين {فعولن ،ومفاعيلن}، يؤدي لبناء عنصر لغويّ جديد هو الثنائية {فعولن مفاعيلن } ويكون تمثيل العمليتين التركيبتين وهما عمليتان ثنائيتان ب(فعو*لن)=فعولن ،و(فعولن *مفاعيلن) =فعولن مفاعيلن، والجمع بينهما يمثل المجموعة وهو عنصر جديد كما إنّ العمليّة التركيبية في التفعيلات تحتوي على الترابط يسمى بالخاصيّة التجميعية، وهذه المجموعة التي تمتلك بنية فلها عنصر محايد يتمثل في عدم التركيب، أي إبقاء المجموعة على حالها، وعدم التركيب=0،وهو يشير إلى حالة التفعيلة قبل التركيب، ولعملية التركيب هذه عملية عكسية في التفكيك، أي تفكيك التفعيلة فعولن وعكسها يعطي تفعيلة فاعلن فتكون زمرة تحويلية وهي العدول من الأصل–الوتد– إلى الفرع– السبب– وأنّ العناصر اللغويّة الناتجة من العملية التوليدية التي أتت من الدوران تسمى بخاصية الانغلاق . وإذا جمعنا بين العملية الأصلية وبين العمليّة العكسية فإنّها ستؤدي للعنصر الحيادي أي إلى الأصل لأنّه سيعود بنا إلى الوضع الأول وذلك لأنّ:

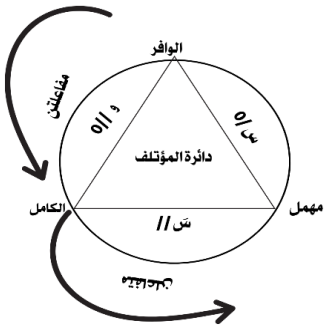
الفرع=الأصل +تغيير⟵ الأصل= (الفرع+ تغيير)– تغيير وذلك بتعويض الفرع بما يعادله،أي ب(الأصل +تغيير)⟵ الأصل+تغيير– تغيير ⟵ الأصل= الأصل+0 ⟵الأصل= الأصل."[1]وهنا ظهر لنا جليًا في علم العروض شروط الزمرة الرياضيّة .

ويسمى التناظر في الشكل الهندسي المنتظم بالزمرة.[2] ويرى مصطفى حركات أنّها علاقة تكافؤ معرّفًا علاقة التكافؤ هي: "العلاقة التي تتمتع بالخواص

(١) انظر: التفكير الرياضي في علوم العربيّةعواطف قاسمي الحسيني (ص٦١٤).

(٢) زمرة (رياضيات) - ويكيبيديا(wikipedia.org)

الآتيـة الانعكـاس والتنـاظر والتعدّي."[١] و الشـكل–1أدنـاه يوضـح علاقـة التكـافؤ التي تتمثل في دائرة المؤتلف:



الشكل –1

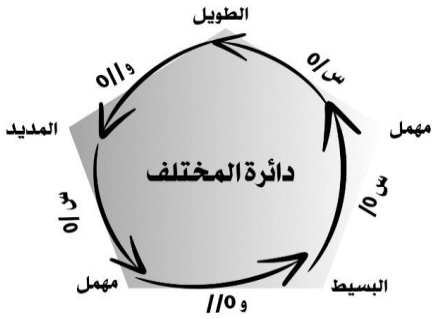
ترى الباحثة يتمثل التكافؤ– مثلًا– في دائرة المؤتلف، حيث تتكون الدائرة من بحري الكامل والوافر الذين توضحهما العلاقة الآتية:

الكامـل يتكـون مـن (سَ ،س،و) فاصـلة صـغرى ووتـد مجمـوع ، والـوافر يتكون من (و ،سَ،س) وتد مجموع وفاصلة صغرى ، حيث يتشابه البحران في أجزاء التفعيلة مع الاختلاف في الترتيب بقلب الاتجاه وهذا ما ذهب إليه عبد الرحمن الحاج صالح في التركيب التسلسلي الذي فيه صفة التركيب والعنصر المحايد في إمكانية عدم التركيب وهو ما يسمى بمصطلح الزمرة[٢] فبالتالي يولد بحورًا قد تكون مزيجًا بين المستعمل والمهمل. فدائرة المختلف –مثلًا–تنطلق من الطويل لتعود إليه عند استكمال عمليّة الحصر بهذه الدائرة التي تشمل بحران

(١) انظر:اللسانيات الرياضيّة والعروضمصطفى حركات، (حاشية ص٣٨).

(٢) انظر: منطق العرب في علوم اللسان ،عبد الرحمن الحاج صالح (ص٢٣٣.)

مهملان ، وثلاثة مستعملة، ويكون الانطلاق في كلا المجالين من وضع يسمى (المفك)،وهي في العروض الأسباب والأوتاد.(١)



الشكل -2

وهنا توضح علاقة المجموعة حيث يبدأ الفك من بحر الطويل عكس عقارب الساعة وتنتهي ببحر البسيط. ويلاحظ التبادل الدوراني في هذه المجموعة مغلق رغم اختلاف تفعيلاتها ما بين خماسيّة وسباعيّة (فعولن-مفاعيلن-فاعلاتن- مستفعلن)، كما إنها تشكل في دورانها شكل هندسيّ وهو (المعين) حيث يتساوى في الأسباب والأوتاد .

فمثلًا:مجموعة دائرة المجتلب التي تتكون من بحر الهزج والرجز والرمل يكون التبديل الدوراني للأسباب والأوتاد في شكل مجموعة كالأتي:

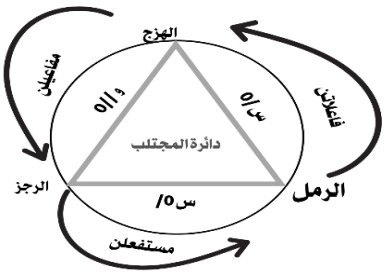
{o/،o/،o//} ={o/o/o//، o/o/o//، o/o/o//} ← الهزج

{o//o/o/، o//o/o/، o//o/o/} ={ o//o/o// ← الرجز

{o/o//o/، o/o//o/، o/o//o/} ={ o/o//o/ ← الرمل

(١) انظر: بحوث ودراسات في اللسانيات العربيّة، عبد الرحمن الحاج صالح(٨٨/٢).

حيث نجد أنّ احتمال دوران كل تفعيلة يأتي ببحر آخر، وهنا نجد مصطلح الاحتواء حيث المجموعة اليمنى جزء من اليسرى وليس العكس.[١] كما في الشكل –3 أدناه في دائرة المجتلب:



الشكل –3

وعند استخدام المفك في هذه المجموعة عن طريق الدائرة العروضيّة تكون كالآتي:

حيث نبدأ بالوتد المجموع ثم السببين الخفيفين عكس عقارب الساعة وهنا يظهر لنا بحر الهزج (مَفَاعِيلُن)، وعند البداية من السببين الخفيفين إلى الوتد المجموع يظهر لنا بحر الرجز(مستفعلن) وعند البداية من السبب الأخير ثم الوتد ثم السبب يتكون لنا الرمل ،وهنا تكون اكتملت الدائرة مكونة بداخلها مثلثًا متساوي الضلعين سببين خفيفين. وهذا هو الإبداع الفني الذي رسمه لنا العلّامة الفذ بعلم لم يسبقه عليه أحدٍ، كما نلحظ أنّ هنالك شكلين هندسيين متطابقين رُسم أحدهما فوق الآخر ، ويظهر ذلك في الانعكاس الدوراني. والأمر العجيب أنّ هذه الحسابات بالرموز الرياضية الحديثة تطابق تمامًا ما وصل إليه الخليل منذ عدة قرون.

(١) انظر: بطارسة(صالح رشيد)،معجم الرياضيات،ص١٠.

خاتمة:

توصلت الباحثة إلى أنّ الخليل بن أحمد الفراهيدي أول من استنبط جميع المفاهيم الرياضياتية إذ لم يسبقه أحد في ذلك، حيث أنّه طبّق مجموعة من المفاهيم كالزمرة والمجموعة والدوائر والتباديل والتوافيق من خلال علم العروض مطبقًا ذلك من خلال التفعيلات والدوائر العروضيّة، وهذا يثبت عبقريّة الخليل التي لم يصل إليها أحد بعده كما أنّه أسس لقواعد الأصل والمتغير من خلال الأسباب والأوتاد، وأنّ العروض تُشكل مجموعة منتهية العدد في شكل الدوائر المنغلقة في كل مجموعة واستخدام مصطلح الخلو من خلال استخدام الصفر في الرمز.

عليه أوصي بجعل علم العروض محوسبًا ليسهلَ للدارس معرفة قواعد وأصول علم العروض بالاستنباطات الرياضياتيّة التي أرسى قواعدها أستاذ جميع العلوم الخليل بن أحمد الفراهيدي.

المصادر والمراجع:

أخبار النحويين البصريين، السيرافي (أبو سعيد الحسن بن عبد الله)(٣٦٨هـ)، تحقيق: طه محمد الزيني، ومحمد عبد المنعم خفاجة ،عيسى البابي الحلبي،د.م،د.ط،١٩٥٥م.

أساسيات الرياضيات، العسيدي (سعدون عبدالله)، دار حنين للنشر والتوزيع، عمان الأردن،ط١، ٢٠٠٥م.

أوزان الشعر، مصطفى حركات ،دار الثقافة للنشر، القاهرة ،مصر ،د.ط، د.ت.

بحوث ودراسات في اللسانيات العربيّة، عبد الرحمن الحاج صالح ، موفم للنشر، الجزائر د.ط،٢٠١٢م.

بغية الوعاة في طبقات اللغويين والنحاة، السيوطي(عبد الرحمن بن أبي بكر، جلال الدين)، (ت٩١١هـ) تحقيق محمد أبي الفضل إبراهيم ، عيسى البابي الحلبي وشركاهد.م،د.ط،١٩٦٤م

تاج العروس من جواهر القاموس، الزّبيدي (محمد مرتضى الحسيني)(ت١٢٠٥هـ)،تحقيق :عبد الكريم العزباوي،مراجعة:عبد الستار أحمد فراج ،التراث العربي ، الكويت،١٣٩٩هـ=١٩٧٩م.

التفكير الرياضي في علوم العربيّة، عواطف قاسمي الحسيني، رسالة دكتوراه، إشراف مخلوف بن العلام، جامعة البليدة٢.

جمهرة اللغة، ابن دريد (أبوبكر محمد بن الحسن)(ت٣٢١هـ)، تحقيق رمزي منير بعلبكي،دار العلم للملايين، بيروت،ط١، ١٩٨٧م.

زمرة (رياضيات) – ويكيبيديا(wikipedia.org)

سير أعلام النبلاء،الذهبي(شمس الدين محمد بن أحمد(ت٧٤٨هـ) ،تحقيق مجموعة من المحققين بإشراف الشيخ شعيب الأرناؤوط،تقديم بشار عواد معروف، دار الرسالة ،د.م،ط٣،١٤٠٤هـ=١٩٨٥م.

الصاحبي في فقه اللغة، العربية ومسائلها وسنن العرب في كلامها ،ابن فارس (أحمد بن فارس بن زكرياء القزويني الرازي، أبو الحسين) (ت ٣٩٥هـ)، دار الكتب العلميّة، لبنان ،ط١ ،١٩٩٧م .

علم العروض والقافية ،عبد العزيز عتيق ،دار الآفاق العربية، القاهرة، ط١، ٢٠٠٦م .

العيون الغامزة على خبايا الرامزة، الدماميني(بدر الدين أبو عبد الله بن بكر المخزومي(ت٨٢٧هـ)، تحقيق:الحساني حسن عبد الله، مكتبة الخانجي ، القاهرة،ط١، ١٩٧٣م ط٢، ١٩٩٤م.

كتاب العروض، ابن جني (أبو الفتح عثمان)(ت٣٩٢هـ)، تحقيق: د.أحمد فوزي الهيب، دار القلم ، الكويت، ط١، ١٩٨٧م.

كتاب العين، الفراهيدي (الخليل بن أحمد)(ت١٧٥هـ)، تحقيق مهدي المخزومي، وإبراهيم السامرائي ،مكتبة الهلال،د.ط،د.ت.

الكتاب، سيبويه(أبو بشر عثمان بن قنبر)(ت١٨٨هـ)،تحقيق عبد السلام هارون، عالم الكتب، بيروت،ط٣، ١٩٨٣م.

الكليات والأصول اللغوية في معجم العين، سارة الزهراني ،رسالة ماجستير ، جامعة أم القرى،١٤٣٦هـ.

اللباب في قواعد اللغة وآلات الأدب والنحو والصرف والبلاغة والعروض واللغة والمثل، السرّاج (محمد بن علي)، دار الفكر، دمشق، ط١، ١٩٨٣م.

لسان العرب، ابن منظور (محمد بن مكرم)(ت٧١١هـ)، دار صادر، بيروت،ط٣، ١٤١٤هـ.

اللسانّيات الرياضيّة والعروض، مصطفى حركات ،دار الحداثة، د.م،ط١، ١٩٨٨م.

اللغة العربيّة والحاسوب، نبيل علي ،تقديم أسامة الخولي،دار تعريب،شركة العربية،د.ط،١٩٨٨م.

محاولات للتجديد في إيقاع الشعر، أحمد كشك ،دار غريب للطباعة والنشر، القاهرة، د.ط،٢٠٠٤ م.

مراتب النحويين، أبو الطيب اللغوي (عبد الواحد بن علي)(ت٣٥١هـ)، تحقيق: محمد أبو الفضل إبراهيم، المكتبة العصريّة، بيروت، ط٢، ٢٠٠٩م.

معجم الرياضيات، صالح رشيد بطارسة، دار أسامة للنشر والتوزيع، عمان الأردن،د.ط،٢٠١٣م.
المفصل في تاريخ العرب فبل الإسلام،د/جواد علي(ت١٤٠٨هـ)، دار الساقي ، دبي،ط٤، ٢٠٠١م.
منطق العرب في علوم اللسان،عبد الرحمن الحاج صالح،موفم للنشر، الجزائر ،د.ط،٢٠١٢م.
ميزان الذهب في صناعة شعر العرب، أحمد الهاشمي، مؤسسة هنداوي، المملكة المتحدة،د.ط،٢٠١٦م.
نزهة الألباء في طبقات الأدباء، أبو البركات الأنباري (عبد الرحمن بن محمد بن عبيد الله الأنصاري) (ت ٥٧٧هـ) ، تحقيق :أبراهيم السامرائي، مكتبة المنار الزرقاء ،الأردن ، ط٣، ١٩٨٥م.
نظريّة الاحتمالات ، مصطفى عبد الحفيظ ،ديوان المطبوعات الجامعيّة، الجزائر ، د.ط، ٢٠٠٨م.
نظرية الخليل: محاسنها ومساويها، جورج يوهاس، مجلة الأبحاث –الجامعة الأمريكية ،بيروت العدد ٤٣، د. ط ١٩٩٥م،.
النظرية الخليلية الحديثة–مفاهيمها الأساسيّة– ، عبد الرحمن الحاج صالح، إعداد نوال بهلول وحفناوي بلي، مركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللغة العربية، الجزائر ،د.ط، العدد الرابع.
نظريتي في تقطيع الشعر، مصطفى حركات ، دار الآفاق، الجزائر ،د.ط، د.ت.
الهندسة، برانان ديفيد، ترجمة مها النبهان، محمود باكير وآخر، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر ،دمشق،د.ط،٢٠٠١م.
الوافي بالوفيات، الصفدي(صلاح الدين خليل)(ت٧٦٤هـ)،تحقيق أحمد الأرناؤوط، وتركي مصطفى، دار أحياء التراث،بيروت،د.ط،٢٠٠٠م
وفيات الأعيان وأنباء أبناء الزمان، ابن خلكان (شمس الدين أحمد بن إبراهيم) (ت٦٨١هـ)،تحقيق: إحسان عباس، دار صادر ،بيروت،د.ط،١٩٠٠م