

التحليل الحاسوبي لعلم العروض - بطريقة البحث الشامل

عبدالرحمن أباحسين

كلية علوم الحاسوب والمعلومات، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، الرياض،

المملكة العربية السعودية

د.محمد العقيلي

هيئة الاتصالات وتقنية المعلومات، بالمملكة العربية السعودية

٢٠٩

الكلمات المفتاحية: العروض، الشعر، التعريب، الحاسوب.

ملخص: بدأ العديد من الباحثين منذ أكثر من ثلاثين سنة محاولات جادة لدراسة و تطوير وأتمتة علم العروض (تحليل أوزان الشعر العربي عن طريق الحاسوب)، هذه المحاولات الجادة نتج عنها الكثير من الدراسات والبرمجيات المتميزة. هذه الدراسة تقدم طريقة ونظرة جديدة في معالجة هذا الموضوع، تمثل تحولاً في التفكير من الطرق السابقة التي تعتمد على القواعد العروضية إلى الاعتماد على مكانز وقواعد بيانات الأنماط الكلية. وهذا الاتجاه يتماشى مع التطور الهائل في تقنيات التخزين والمعالجة في الحاسوب التي أتاحت الفرصة لأتمتة العروض بطريقة مختلفة عن السابق. ويشتمل هذا البحث على دراسة نظرية شاملة لجميع ما تم إنجازه في مجال علم العروض ثم تم تقديم الفكرة الجديدة المقترحة لاحتواء هذا العلم وتم تطبيق هذه الفكرة الجديدة وبرمجتها وأثبتت التجارب العملية نجاحها في تصنيف الأبيات الشعرية ومعرفة الصحيح منها والسقيم (أي الموزون و المكسور).

مقدمة

كانت هناك محاولات عديدة في دراسات سابقة لربط الحاسوب بعلم العروض وتسخيره لذلك العلم بالبسط تارة أو الإيجاز أخرى، وهي ما سميت بالعروض الرقمي في بعضها. ولا بد من الإشارة إلى أولى المحاولات في هذا الباب حيث كانت في العام ١٩٧١م وذلك حين قدم الدكتور محمد طارق الكاتب أولى محاولاته بتحويل البحور إلى صورة رقمية يقبلها الحاسوب حيث ألمح إلى إمكانية الكتابة الرياضية للعروض إلا أنه واجه عنتاً في كتابة برنامج للحاسوب. تلى ذلك عمل الدكتور أبوديب عام ١٩٧٢ حيث قدم فكرة جديدة لهذا العلم فصلها في كتابه.

“في البنية الإيقاعية للشعر العربي - نحو بديل جذري لعروض الخليل” (مستجير، ١٩٨٧). ومنذ ذلك الحين قدمت بعض التحويرات والتجديدات على هذا العلم منها ما أثبت جدارته ومنها ما كان سهيلاً للقارئ في هذا العلم من غير المتخصصين فيه، غير أن هذه المحاولات جميعاً لم تستطع أن تستوعب العلم كاملاً فدخلها النقص بدرجات متفاوتة. والبحث في علم العروض يطول شأنه ولكن نوجز طرق البحث التي مرت بنا إلى قسمين: أولاً، إعادة ترتيب قواعد علم العروض بشكل يسهل تقديمها للحاسوب، الثاني، الإتيان بطرق جديدة للتقطيع دون تغيير قواعد الخليل (العقيلي، ١٤٢٢هـ). ولا بد من الإشارة إلى بعض من هذه المحاولات والدراسات باعتبارها سابقة لدراستنا هذه

الدراسة الأولى: طريقة الدكتور أحمد مستجير

هذه الطريقة التي اقترحها الدكتور أحمد مستجير كما في (مستجير، ١٩٨٧م) مبنية على أن ترميز البيت عبارة عن سلسلة من الأسباب والسبب هو عبارة عن (٠١) أي (١) متبوعاً بـ (٠)، أما وجود (١) متبوعاً بـ (١) فيعني أن السبب الأول تم تحويره من (٠١) إلى (١) وهو ما أسماه بـ “السبب المميز”. يكون البيت الشعري تاماً إذا تكون الشطر الواحد من اثني عشر سبباً مميزاً. وللقيام بعملية التحليل العروضي لبحر فإنه يحسب سلسلة جديدة من الأرقام بناءً على مواقع السبب المميز (أي الرقم ١ المتبوع بـ ٠١) في رموز الشطر وهو ما يسمى بالدليل الرقمي للبيت، وبناءً على ذلك يتم تحديد وزن البيت والزخافات التي حدثت فيه، حسب القواعد التالية: أولاً، حذف الأرقام التي تزيد عن ١٢ من الدليل الرقمي للبيت. ثانياً، حذف الأرقام التي تقل أو تزيد عن آخر أرقام الدليل بأكثر من ٢. ثالثاً، الطرح من الأرقام التي تزيد عن أحد مضاعفات الرقم ٤ بحيث تكون جميع الأرقام دون ٤. أخيراً، البحث عن الدليل الرقمي



المطابق في جدول الأدلة وبناءً عليه يُحدد البحر. ولعلنا نورد مثلاً يسيراً في قول الشاعر:

ما عرفت الحزن يجتاح مدينة رغم ما تلقاه من حسن وزينة

ويقال هذا البيت الإيقاع التالي:

0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1

ويكون دليله الرقمي هو: ٢-٦-١٠

وبعد طرح مضاعفات ٤ نصل إلى دليل البحر: ٢-٢-٢

وهو يقابل بحر الرمل تبعاً لجدول الأدلة الذي اقترحه. وتعتبر هذه الطريقة من المحاولات القليلة المبتكرة لمعالجة التحليل العروضي بطريقة غير طرق الخليل وفيها من التفرعات والاستثناءات الشيء الكثير. وقد تم تطبيق هذه الطريقة برمجيًا من قبل د. أحمد شرف الدين كما في (العقيلي، ١٤٢٣هـ).

٢١٠

الدراسة الثانية: طريقة الدكتور عمر خلوف

عالجت هذه الدراسة فنّ التقطيع الشعري أو معرفة البحر، وذلك بطريقة جديدة ميسرة، دون المساس بقواعد الخليل. تتلخص في أربع خطوات سهلة الحفظ والتطبيق المذكورة بشكل مفصل في (خلوف، ١٤١٣هـ) وهي بشكل مبسط على النحو التالي: ترميز البيت وذلك بمقابلة الحروف المتحركة في البيت برمز الحركة (/)، والحروف الساكنة برمز السكون (o)، اعتماداً على الكتابة العروضية. ثم تأصيل البيت: وذلك بإعادة الزحافات - إن وجدت - إلى أصلها النموذجي، وفقاً لقواعد ثلاث هي: أولها، استبدال كل فاصلة (o / / /) بأصلها وهو سيبان فوتد (o / / o / /). ثانياً، استبدال كل فاصلة (o / / /) غير متبوعة بوتد وحيد بأصلها وهو سبب فوتد (o / / o). ثالثاً، الأوتاد المتجاورة (o / / o / /) تُرقم من اليسار إلى اليمين، ويُرد ما كان رقمه زوجياً إلى سببين (o / o /). ثم تحديد التفاعيل: وذلك اعتماداً على قوانين التقطيع الأربعة التالية: الأول، إذا كان البيت يبتدئ بوتد (o / /)، فنضع قاطعاً قبل كل وتد. الثاني، إذا كان البيت يبتدئ بسبب فوتد (o / / o / /)، فنضع قاطعاً قبل كل سبب بعده وتد. الثالث، إذا كان البيت يبتدئ بسببين (o / o /) أو بفاصلة (o / / /)، فنضع قاطعاً بعد كل وتد. الرابع، إذا تجاوز في حشو البيت ٣ أسباب متتالية، فنضع قاطعاً بعد الحرف السابع دائماً. وأخيراً تحديد البحر: وذلك بمقارنة التفاعيل الناتجة مع تفاعيل البحور النموذجية الأصلية، فنصل إلى بحر البيت المقصود. وقد قام الدكتور عمر بعد ذلك بإجراء بعض الدراسات على هذه الطرق أتت ثمارها في الأبيات التي اختارها، وقد كان السبب الرئيس لهذه الطريقة تسهيل عملية التقطيع ومعرفة حدود كل تفعيل حتى لا يتأخر الباحث في معرفة التفاعيل بالتجربة.

وحيث إن هذه الطريقة لم تكن في الأصل من أجل إيجاد فكرة جديدة لمعرفة البحور - إنما تسهيل البحث في الأبيات - فقد اعترى هذه الطريقة النقص في بعض الأبيات. وتبقى جهد جباراً سهل به الدكتور عمر على داري هذا العلم معرفة التقطيع الصحيح للبيت بدل التجربة كما حل مشكلة التداخل بين التفعيلات كتداخل فعولن مع مفاعل ونحوها.

الدراسة الثالثة: طريقة الأستاذ خشان محمد

ذكر الأستاذ خشان (خشان، ١٤١٨هـ) أن هذه الطريقة تقوم بتحويل الناتج من التقطيع إلى أرقام من (١ - ٢) بحيث يكون السبب (٢) والوتد (٢) أمّا الفاصلة (o / / /) فيعرفها على أنها (٣ ١) وليس (٤) لأنه يريد الاختصار على الأرقام الثلاثة الأولى. وهذه الطريقة شبيهة جداً بطريقة الدكتور عمر السابقة إلا أن فيها اختلافاً بسيطاً في بعض الأمور. وطريقة الأستاذ خشان نستطيع أن نعرفها بالطرق المبسطة التالية: أولاً: قطع البيت إلى أرقام ١ و ٢ و ٣ كما بينا سابقاً. ثانياً: اجمع الأرقام ٢٢ المتجاورة حسب القواعد التالية: إذا تجاوز ٢ و ٢ فتجمعها إلى ٤؛ وإذا تجاوز ٢ و ٢ فإنها تساوي ٦. ثالثاً: انظر هل هناك ٣ ٣ ١ وليس بعدها ٢ ٢؟ إذن أرجع ٣ ٣ ١ إلى ٢ ٢ ١ ١ = (٢) ٢ ٢. رابعاً: هل هناك وتدان أو أكثر متجاوران؟ إذن قم بالحساب من اليسار بحيث يكون أقصى اليسار ٢ ثم الذي عن يمينه يرجع لأصله ٤. خامساً: هل بقي لديك رقم ١ وحيداً؟ إذن أرجعه لأصله وهو الرقم ٢. أخيراً: قارن تقطيعك بجدول البحور المقترح لمعرفة البحر. مع أن هذه الطريقة بحق طريقة سهلة وميسرة جداً إلا أن تفرعاتها كثيرة، وبعض قواعدها لا ينطبق على بعض البحور، بل إن بحر المتدارك كله لا تشملها هذه القاعدة، وقد قام مجموعة ببرمجتها عبر الإنترنت ونشرها إلا أن البرنامج لم يجد مع بعض الأبيات المشهورة ولعل المشكلة تكمن في البرمجة وليست الطريقة.

البرامج العروضية

هناك العديد من البرامج الحاسوبية التي اعتمدت بموضوع العروض وتميزت في الأداء والتنفيذ وسنذكرها هنا ذكراً إتماماً للبحث باعتبارها أثرت الساحة بما يفيد. وتجدر الإشارة إلا أنه لا بد من تبيين أن طريقة البرمجة في هذه البرامج لا يمكن معرفته - وهو هدف هذه الدراسة - ولكن لإتمام البحث كما ذكرت وعدم إهمال كل ما يتعلق بجوانب الموضوع. من هذه البرامج برنامج شركة

العريس حيث قامت شركة العريس للبرمجيات منذ زمن بعيد بجمع للأبيات ووضعها في موسوعة يسهل الرجوع إليها حال الطلب وقد وفرت بذلك على الباحثين الرجوع لكثير من الدواوين الشعرية، وكتب التراث والبحث فيها. وقد تميزت النسخة الرابعة من هذا البرنامج بإضافة برنامج جديد عليها، وهو العروض حيث تستطيع إضافة قصيدة جديدة ويقوم بتقطيعها لك ومعرفة وزنها وبحرها. وقد قمنا بتجربة البرنامج ووجدنا نتائج جيدة، حيث تعرف على بعض الأبيات التي أدخلناها ولم يتعرف على البعض الآخر، ولكنه فشل في تحديد الأبيات المشطورة لاشتراطه فصل الشطرين عن بعضهما، وهو في بعض الأحيان يقوم بتقطيع البيت ومعرفة وزنه بصورة خاطئة. ومن البرامج كذلك برنامج المجمع التقايفي بأبوظبي "الموسوعة الشعرية" حيث قام المجمع بحصر عدد لا بأس به من الأبيات، ووضعها في قالب جميل يسهل على الباحثين البحث في الأبيات مع نبذة عن الشاعر وعصره، إلا أن ما يميز هذه النسخة وجود التقطيع الصحيح لكل الأبيات الموجودة في البرنامج، لكنه لا يمكنك من كتابة بيت جديد، ومعرفة وزنه، وهذا ما دعا البعض من القول بأن هذه التقاطيع أدخلت يدوياً لا برمجياً. لكن تظل فكرة متميزة في تنفيذ إحدى طرق البحث، وهي جمع أكبر عدد من الأبيات، وتغذيتها للحاسب ليتدرب بها على الوزن، أو ما يسمى بالنظام الخبير ولعلها تكون البذرة الأولى في هذا الموضوع.

لماذا طريقة جديدة ؟

لقد لاحظنا كما مر علينا سابقاً أن انطباق قواعد العروض وإيجاد طرق سهلة لها أمرٌ صعبٌ للغاية وذلك أن جميع المحاولات السابقة لإيجاد قواعد محددة لضبط الأوزان يغلب عليها كثرة الاستثناءات والتفريعات، وعدم الانضباط التام مما يصعب معه الوصول لنتائج دقيقة للبحور. لهذا أصبحت الحاجة ماسة للتفكير بطرق جديدة تنجح في حل المشكلات السابقة الذكر مع محاولة مطابقتها للواقع الحالي للحاسوب. لقد كانت الطرق السابقة متميزة حين كان الاعتماد على الحاسوب لا يتم إلا من ناحية البرمجة فقط دون الحاجة لربط قواعد البيانات بهذا العلم. ومع تغير الزمن وتقدم الأنظمة أصبح بإمكاننا أن نعيد التفكير في أنسب السبل للقيام بالتحليل العروضي للقوائد العربية بمساعدة الحاسوب.

فمن الطرق المناسبة اليوم أن نتبنى تجربة تجعل برمجيات الحاسوب بنفسها تقوم بالتعرف على الأنماط والأوزان الصحيحة دون أن نعرفها نحن وذلك عن طريق نظام خبير (Expert System) يستفيد من مصادر مختلفة للتحليل مع ربطه بمصادر العلم، وتدريبه عليها. وعيب هذه الطريقة أنها تستنزف الوقت والجهد، ولا تصلح لأن تقام على عمل فردي أو محدود الأشخاص.

لذا كان من المناسب التفكير بالطريقة الثالثة، وهي طريقة البحث الشامل لجميع احتمالات البحور بتفعيلاتها وزحافاتهما وعللها. وهذا ما اعتمدت عليه دراستنا هذه وتم تطبيقها بنجاح والحصول على نتائج ملموسة وسريعة وصحيحة في نفس الوقت. الرؤية الجديدة

الطريقة المتبعة في هذا المشروع تعتمد على طريقة البحث في جميع الاحتمالات الممكنة للبحور وهي ما تسمى بطريقة البحث الشامل (Exhaustive Search). لذا كانت الخطوة الأولى هي جمع التفعيلات الخاصة بكل بحر مع جميع زحافاتهما، وعللها، وذلك من مصادر علم العروض. وتجدر الإشارة إلى أن الطريقة الجديدة لا تهدف إلى إنشاء برنامج للتقطيع بل لوضع لبنة أولى لقاعدة بيانات يمكن الاستفادة منها في مجال التقطيع الشعري، فمع تقدم العلم في مجال قواعد البيانات وجدنا أن وضع إطار عام لجميع البحور وتقديمها للباحثين دون المساس بقواعد العلم الذي أسسه الخليل بن أحمد، وهو وسيلة أنجع في تطويع الحاسوب بكل مكوناته ليخدم هذا العلم. وبعد عملية القراءة والبحث المتأنية وجدنا أن الزحافات والعلل الموجودة في البحور نستطيع تقسيمها إلى قسمين: الزحافات والعلل الموجودة في الحشو، والزحافات والعلل الموجودة في العروض والضرب. وعليه تم تقسيم الإطار العام لقاعدة البيانات لتستوعب جميع الاحتمالات الخاصة بالبحور.

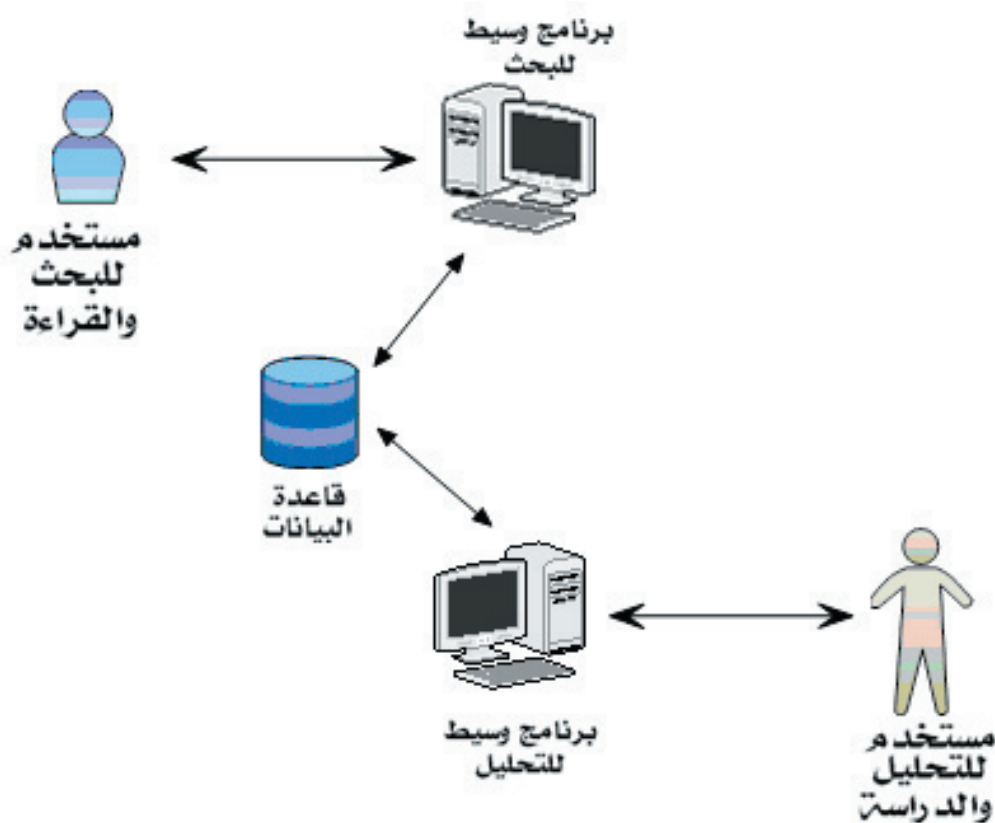
ومع كثرة الاحتمالات المتوقع خروجها، تم تقسيم قاعدة البيانات بطريقة تتيح للمستخدمين بعد ذلك إعادة استخراج الاحتمالات عند الرغبة في ذلك بطريقتهم الخاصة. وبعد إجراء عملية البحث التي استغرقت ما يقارب خمس دقائق فقط تبين أن عدد الاحتمالات ليس بالعدد المهول الذي يجعلنا نفكر في تكوين قواعد لاستخراج التفاعيل (١).

قمنا بتقسيم الإطار العام لقاعدة البيانات بطريقة تسهل بذلك على من أراد التطوير التعامل معها حيث تم التقسيم إلى خمسة جداول: الجدول الأول: فيه جميع البحور الأصلية بتقسيماتها (تام ، مجزوء ... الخ) مع التفعيلات الخاصة بها وبلغ عدد محتويات هذا الجدول ٢٨ حقلاً. الجدول الثاني: ويحتوي على جميع الزحافات والعلل التي تطرأ على تفعيلات الحشو. مثال ذلك تفعيلية فعولن في بحر الطويل تأتي على وزن فعولن فنكتبها في الجدول كحقول. وهكذا جميع التفعيلات الباقية في البحر نفسه ثم البحور الأخرى. وبلغ عدد حقوله ٥٢ حقلاً. الجدول الثالث: يحتوي على جميع الزحافات والعلل، التي تطرأ على العروض والضرب لأن لهما قواعد خاصة لا تشملها تفعيلات الحشو. مثال ذلك تفعيلية مستفعلن في بحر الرجز التام، لها عروض واحدة، وضربان فنقوم بتسجيلها في الجدول على النحو التالي: (مستفعلن مستفعلن) كحقول ثم (مستفعلن مفعولن) كحقول آخر. وهكذا لجميع التفعيلات الباقية في البحر نفسه، ثم البحور الأخرى. وبلغ عدد الحقول فيه ٨٨ حقلاً.

قمنا بتعبئة البيانات كاملة في الجداول الثلاثة الأولى يدوياً ثم قمنا بإدخال الحاسوب بعمل برنامج صغير يقوم بتكوين جدولين

آخرين لنصل إلى مرحلة دقيقة في سرد جميع احتمالات الأبيات في الشعر العربي. وطريقة إخراج الاحتمالات هي بأخذ كل تفعيلية من تفعيلات حشو كل بحر في الجدول الأول وتبديلها بكل احتمالاتها وهي الزحافات والعلل الموجودة في الجدول الثاني لتخرج لنا احتمالات حشو البحر الواحد. ثم أخذ هذه التباديل مع جميع تباديل العروض والضرب - والموجودة في الجدول الثالث - لتنشأ لنا جميع الاحتمالات الخاصة بالبحر الواحد، وتطبيق هذه العملية على جميع البحور نجد أن تلك الاحتمالات بلغ عددها ٦٠٢٧٢ احتمالاً، منها ما لا يجيء إلا نادراً، ومنها ما يجيء بشكل قليل، ومنها ما يكثر استخدامه. وننبه هنا إلى أن هذه الدراسة ليست جمعاً لاحتمالات البحور فقط، إلا أنها محاولة لبناء قاعدة شاملة مع إمكانية التعديل السريع عليها لنتمكن الباحثين والدارسين من الرجوع إليها لتكون مرجعاً في هذا العلم لمن أراد تحديد بحر أو تأصيله. وقد وضعت هذه الاحتمالات في قاعدة بيانات من نوع Microsoft Access لسهولة استخدامها ولتناولها عند الجميع مما لا يستدعي إضافة برامج خاصة لدعم قاعدة البيانات، لأن ذلك مما يشغلنا عن الفرض الرئيس لهذه الدراسة، وهو استخراج هذه الاحتمالات وتطبيقها.

ولتوضح الرؤيا بصورة أكبر أحب أن أبين بشكل مختصر الطريقة المتبعة لاستخدام قاعدة البيانات. فالطريقة المتبعة أن يقوم المستخدم بمقارنة التقطيع الناتج بما يتوفر في قاعدة البيانات المدخلة سابقاً وإخراج النتائج، وتوضح بصورة أكبر في الشكل ١.



شكل ١ : طريقة
استخدام قاعدة
البيانات

ويتضح في الشكل ١ أن لكل مستخدم برنامجاً خاصاً يستخدمه حسب تخصصه.

نتائج الدراسة

قمنا باختبار البرنامج على عدد لا بأس به من الأبيات وصل في مجموعها إلى ألفي بيت منوعة البحور باختلاف تفعيلاتها وقد أخرجت قاعدة البيانات النتائج الصحيحة للأبيات جميعاً. كما تبين لنا أن موضوع العروض قد أمكن تطبيقه بغير الطرق القديمة المعتمدة على استخدام القواعد، حيث لاحظنا قلة الاحتمالات بالنسبة للحاسوب والتي يمكن معها البحث بكفاءة عالية، ونشير هنا إلى أمور من الأنسب التركيز عليها في علم العروض للخروج بنتائج إيجابية ملموسة بدل أن ندور في فلك الوزن، وتتعهد القواعد له، بعد أن أثبت الإطار العام الذي اقترحنه فاعليته ومن هذه الأمور المهمة: التركيز على جمع الباحثين في علم العروض لإجراء عمليات التأكد من أن المعلومات المدخلة في الجداول التي ذكرناها صحيحة، ومن ثم إعطاء كل مدخل نسبة معينة لتحديد جودة البيت من عدمها وأذكر على سبيل المثال أن تفعيلات بحر الكامل ترد على مَفْتَعَلَن مَفْتَعَلَن مَفْتَعَلَن ولكنه نادر وقبيح ولا يعرف ذلك إلا العروضيون. فالتأكيد على بناء الجدول بناءً سليماً أولاً في نظرنا من تعهد القواعد التي تأخذ وقتاً وتضييعه هدراً، ثانياً من الأمور المهمة: توفير كمية كبيرة من البيانات والموسوعات التراثية (Corpus) لتوفير قاعدة بيانات كبيرة ذات فوائد متعددة في اختبار

إطارنا العام المذكور وبنائه وعدم الاقتصار على بعض الأبيات مهما زاد عددها، وجعل النظام نفسه يتعرف عليها ويختبرها.

الخاتمة

هذا الجهد هو فتح الباب بتغيير النظرة عند استخدام الحاسوب في خدمة العلوم الإنسانية، ومن أهمها علم القرآن والسنة، ونشرهما، ومن نشرهما الاهتمام بما يناسبهما من طرح قوي يخلو من الخطأ ما أمكن ذلك. وقد تبين لنا خلال الدراسة أن كل من قام بتقعيد قاعدة معينة في علم العروض لا بد من أن تكون لديه استثناءات ولو قليلة، أو أنه لا يستطيع قبول التفعيلات واستيعابها جميعاً. وقد نجحت هذه الدراسة في إيجاد بديل عملي ناجح يفني عن أنظمة القواعد rule-based systems التي انتمت الحاجة لها إذ أمكن تخزين جميع الأنماط الممكنة في قواعد بيانات وبالتالي أمكن التأكد من وزن البيت بمجرد البحث في قواعد البيانات (وهذا يتم لحظياً في ظل التقنيات المتاحة في الوقت الراهن).

وحيث إن هذه الدراسة ننظر إليها كباكورة لإنشاء قاعدة بيانات عربية موحدة نطمح أن تحظى بالمزيد من الجهد من قبل الباحثين تحصيماً وتدقيقاً و أن تحصل بعد ذلك على مباركة و توثيق الجهات و المجمع اللغوية ليسهل تطبيقها في برامج معالجة النصوص وتيسر على الأدباء و دارسي هذا العلم الوقت والجهد.

الحواشي

(١) تقصد بذلك أن عدد الاحتمالات قليل في لغة الحاسوب الآلي ويعتبر أمراً يسيراً حيث بينت الدراسات أن قواعد البيانات المشهورة Oracle أو MS SQL Server وغيرها تستطيع البحث في عدد يفوق ما توصلنا إليه بأضعاف كثيرة في جزء يسير من الثانية.

المراجع

- العقيلي، م. (١٤٢٣هـ) ”الإنترنت والحاسوب في خدمة الأدب العربي“ ، جامعة الملك سعود، كلية علوم الحاسوب والمعلومات، مركز البحوث، بحث محكم.
خشان م. (١٤١٨هـ) ”العروض رقمياً“ ، الطبعة الأولى مطبعة النرجس، الرياض، المملكة العربية السعودية.
خلوف ع. (١٤١٣هـ) ”فن التقطيع الشعري“ ، الطبعة الأولى.
مستجير، أ. (١٩٨٧م) ”مدخل رياضي إلى عروض الشعر العربي“ ، الطبعة الأولى، المكتب الدولي، القاهرة، مصر.