التعلم الذكي بمساعدة الحاسبة

د. رعد فاضل علوان
مدرس- قسم الحاسبات - الجامعة التكنولوجية

١-المقدمة

تم تطبيق الذكاء الاصطناعي على التعلم بمساعدة الحاسوب بشكل كبير في مجال تدريس المعرفة الاجرائية واستراتيجيات الاستنباط للإستخدام في حل المشاكل او المسائل . واطلق على هذا المجال (تطبيق الذكاء الاصطناعي على انظمة التعلم بالحاسبةCAL) تسمية التعلم الذكي بمساعدة الحاسوب (ICAL)

يقصد بالذكاء الاصطناعي برمجة الحاسوب للقيام بمهام لا يؤديها حالياً بشكل جيد سوى الانسان لأنها تتطلب ذكائه ومهارته (٤.٣.٢). أي يمكن اعتبار الذكاء الاصطناعي محاكاة ذكاء الانسان الى حد ما بالحاسوب . وبشكل عام استخدمت تقنيات الذكاء الاصطناعي لتزويد المنظومات الحاسوبية ببعض مهارات اتخاذ القرار وحل المشاكل والاستنباط وهذه ترتبط او ترافق التصرف الذكي للإنسان.

ان الاهداف الرئيسية لإدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي الى التعلم بمساعدة الحاسوب CAL هي بلا شك لجعل انظمة التعلم بمساعدة الحاسوب تتصرف الى حد ما مثل المدرس او المدرب (الانسان) { ٦.٥} من الخصائص المهمة والضرورية للمدرس والتي هنالك فائدة من اضافتها للبرنامج التعليمي الذكي (اذا كان ذلك ممكناً) هي قابليته على ما يلي:

١- جعل اسلوب البحث عن الحل (البحث التقييمي Heuristics) الخاص بالطالب او المتدرب يقترب من اسلوب البحث عن الحل الذي يستخدمه المدرس.

٢- تعلم وتبني طرق الحل المستخدمة من قبل الطالب اذا كانت أجدر.

٣- استخدام الامثلة والتمارين الملائمة للطالب المعني.

٤- التوصية حول خيارات خطط الحل واستعراض كيفية تطبيق التقنيات عندما يحتاج الطالب للمساعدة.

٥- سهل المسئلة على التعيين يتم اختيارها من قبل الطالب.
٦- التكيف لخلفيات مختلفة للطلبة.
٧- قياس مدى تقدم الطلبة.
٨- مراجعة مواد سبق وان تعلمها الطالب اذا اقتضت الحاجة الى ذلك.
٩- تزويد الطلبة بتغذية راجعة فورية (Immediate feedback) عند الخطأ واعطاء الطالب الحرية الكاملة لتقرير كيفية حل المشكلة.
١٠- الاشارة الى طرق الحل المباشر او الاقصر او الطرق التي تستخدم النظريات والتقنيات التي تعلمها الطالب حديثاً ، وذلك عند انجاز الطالب حل السؤال ، اي تقديم النصيحة حول افضل الطرق بعد نجاح الطالب في السؤال.

٢- مكونات نظام التعلم الذكي

ان انظمة التعلم الذكي بمساعدة الحاسوب (ICAL) عبارة عن انظمة التعلم بمساعدة الحاسوب التي تستند الى ثلاثة أصناف من الخبرة {٧}.

(أ) خبرة في المجال المراد تعليمه فيه.
(ب) خبرة في فهم اخطاء الطلبة وافكارهم الخاطئة.
(ج) خبرة في استخدام استراتيجية التعليم المناسبة لكل طالب وهذا ما يطلق عليه بتفريد التعلم (Individualized Instruction) .

وفي ما يلي توضيح للمكونات اعلاه :

٢-١ : خبرة في حل المشاكل

تستخدم هذه الوحدة كمية كبيرة من المعرفة (Knowledge) لبناء قاعدة معرفة للمجال المراد تعليمه . بعد ذلك اي بعد بناء هذه القاعدة تقوم هذه الوحدة باستخدام المعرفة المخزونة لحل اي سؤال (او مشكلة) تطرح من قبل الطالب. ان قاعدة المعرفة الخاصة بهذه الوحدة تشتمل على الحقائق والقواعد للمجال المعني . والحقيقة عبارة عن شرط (Condition) صحيح دائماً ، اما القواعد فلا تكون صحيحة الا اذا تحققت شروطها . فلو اردنا تعلم التفاضل مثلاً فإن قاعدة المعرفة ستشمل حقائق مثل :

مشتقة الثابت = صفر
مشتقة س =١
. . .

وقواعد للإستنتاج مثل :

مشتقة Xn تساوي In(x)

اذا كانت n = -١

وتستخدم احدى لغات البرمجة لتمثيل هذه الحقائق والقواعد ويفضل ان تكون احدى لغات الذكاء الاصطناعي مثل برولوك (prolog) او لسب (lisp).

٢-٢ خبرة تشخيص و معالجة الاخطاء

ان الاستراتيجيات الارشادية مهمة جداً لأي نظام تعليمي معان بالحاسوب لكي يكون مؤثراً . هنالك ثلاث استراتيجيات في هذا المجال اثنتان منهما متطرفة والاخرى تقع بالوسط بين الاثنين.

٢-٢-١ المدرب الفعال Active Coach

تستند هذه الاستراتيجية على تأشير الخطأ مباشرة بعد وقوعه واصلاح الخطأ اما من قبل البرنامج او الطالب قبل الاستمرار في بقية الحل او الانتقال الى فقرة تعليمية جديدة.

ان هذه الطريقة تلائم بشكل كبير الاخطاء غير المفاهيمية اي عدم وجود خلل بالمفاهيم وهذه تشمل المدخلات غير المترابطة منطقياً او الاخطاء الغبية (ما يطلق عليها بأخطاء المغفلين ' dumb').

ان هذا الاسلوب فعال جداً بالحصول على حل للسؤال من المحاولة الاولى ، الا انه يقلص الى حد كبير الفوائد المتأتية من التعلم من الاخطاء . اضافة الى ذلك هنالك احتمال ان يميل الطالب الى عدم التركيز بشكل كاف على كامل خطة الحل بسبب مقاطعته عند حصول اي خطأ.

٢-٢-٢ المبوب غير الفعال Passive grader

وهذه الاستراتيجية تسمح للأخطاء بالحصول وتجمعها وتبويبها وتقترح التصميمات في نهاية التمرين ، وهي لا تزود الطالب بأية تغذية راجعة وفعاليتها تكمن في تجميعها للمعلومات حول اجراءات او عمليات حل المشكلة.

٢-٢-٣ المدرس الذكي Intelligent Tutor

بين الاسلوبين الصارمين او المتطرفين اعلاه المدرب الفعال والمبوب غير الفعال يقع المدرس الذكي. ان هذا الاسلوب يعمل بشكل مثالي من خلال اعطاء الطالب الكمية الصحيحة واللازمة من المساعدة في الوقت المناسب ليكون التعلم اعظم ما يمكن . وهذا يجب تحديد متى يجب

التدخل واعطاء المساعدة (تشخيص ومعالجة الخطأ) فورياً ومتى يترك الموضوع لرحلة لاحقة.

تستند هذه الاستراتيجية على تقديم العون بشكل ملاحظات صغيرة (بسيطة) او بشكل تدريجي حيث تكون الزيادة صغيرة بحيث تكون كل زيادة او ملاحظة اكثر تخصصاً مع مرور الوقت . ان الطالب الذي يعطي الملاحظة اللازمة من اجل وضعه بالمسار الصحيح للحل ، يحاول ان يحدد اخطائه ويصححها.

ان هذه الاستراتيجيات التي اشرنا اليها اعلاه يمكن اضافتها الى البرنامج الذكي بشكل وحدة ذكية او منظومة خبيرة تعتمد على قاعدة معرفة تشمل حقائق وقواعد التشخيص والمعالجة التي يعتمدها المدرس . فمثلاً يمكن ان تكون احدى القواعد في برنامج تعليم التفاضل ما يلي : فإذا كان السؤال ما هو تفاضل المعادلة التالية $Y=X^3$ وكان جواب الطالب $3X^3$ فإن الطالب قد نسي طرح ١ من الأس ٣.

وهذا أيضاً يمكن برمجتها وتفضل لغات الذكاء الاصطناعي او مولدات الأنظمة الخبيرة في بناء مثل هذا البرنامج.

٢-٣ التعلم الإفرادي Individualized Instruction

ان هذه الوحدة صعبة التحقيق ومعظم انظمة التعلم الذكي بمساعدة الحاسوب لا تعتمدها . ان الهدف منها هو تعليم الطالب وفق مستواه بعد تحديد هذا المستوى من قبل الحاسبة.

ولغرض تكيف التعليم لشخص معين وجب معرفة بعض الشيء عن ذلك الشخص وبشكل واضح فإنه مطلوب معرفة ما هي الصعوبات التي يعاني منها ذلك الشخص من خلال الملاحظة ويجب على المدرس ان يستنبط ما يلي :

أ- ما هي الاشياء (المعلومات والمفاهيم) التي يعرف الطالب فعلياً.

ب - ما هي الاشياء التي لا يعرفها.

ج- ما هي الاشياء التي تعلمها وفهمها بشكل خاطىء.

ان المدرس يقضي ساعات طويلة في تحليل ودراسة الاخفاقات والاخطاء التي يقع بها الطالب اضافة الى البدايات الخاطئة والاجوبة المخطوعة قبل ان يتوصل المدرس الى ما يعرفه الطالب وكيف يفكر . ان المدرس يقوم بتكرار ما ذكر اعلاه مع كل الطلبة مستخدماً خبرته ، حدسه وفطرته وكل فصل او موضوع من مواضيع الكتاب او المنهاج المقرر . وفي البند التالي سنوضح بعض التقنيات المستخدمة لهذا الغرض.

٣-تقنيات التشخيص المعرفي Techniques for Cognitive Diagnosis

ان دراسة التشخيص تعني البحث عن بعض الطرق او التقنيات لكيفية الانتقال من اداء المتعلم (أجوبة المشاكل) الى الفرضية اوالحدس بخصوص معرفته او سوء معرفته.

ولهذا الغرض نستعرض الطرق المقترحة للتشخيص المعرفي والتي طبقت بكثرة في مجال تعليم الرياضيات ولكن يمكن تعميمها لتغطي مواضيع اخرى.

٣-١ تقنية تحليل المهارة The Skill Analysis Technique

تتمثل هذه التقنية بالخطوات الآتية :

١- جزء المهارة المراد تعلمها الى سلسلة حرفية من المكونات (أي مهارات فرعية ، مهارات فرعية فرعية ...).

٢- قرر لكل مسألة مستخدمة بالتشخيص أي المكونات (Components) ضرورية لحل السؤال بشكل صحيح.

٣- لكل سؤال تشخيص ، حله المتعلم بشكل خاطىء ، أشر المكونات الضرورية التي حددتها في النقطة (٢) بأنها " مشكوك بها " ولكل سؤال تشخيص حل بشكل صحيح ، أشر هذه المكونات بأنها " متعلمة ".

٤- إستمر بتقديم الأسئلة التشخيصية حتى تصل الى قناعة بأن المكونات الضرورية التي ما زالت مؤشرة بكلمة " مشكوك بها " تمثل المهارات الفرعية التي لم يسيطر عليها المتعلم بعد.

فمثلاً يمكن تقسيم مهارة تكامل الدوال المثلثية الى المهارات الفرعية التالية : مهارة الأسس، مهارة المطابقات المثلثية (تبسيط التعابير المثلثية) ، مهارة تكامل الدوال الجبرية ... الخ .

٣-٢ تقنية مكتبة الأخطاء The Error Library Technique

١- كون قائمة بكل المفاهيم الخاطئة ذات العلاقة بالموضوع ، أي النسخ غير الكاملة او غير الصحيحة للمهارة التي حصل عليها المتعلم بشكل خاطىء.

٢- طبق (الحاسوب) مفهوم خاطىء (misconception) على نفس التمارين (او المشاكل) التي طبق عليها المتعلم ، واستنتج اي الاجوبة كان يمكن ان يحصل عليها المتعلم.

٣- قارن الاجوبة المستحصلة من قبل الحاسوب مع الاجوبة المعطاة من قبل المتعلم واختر المفاهيم الخاطئة التي تشابه بشكل كبير المفاهيم الخاطئة المتعلم كمؤشر لضعف المتعلم في

هذا المجال.

٣-٣ تقنية سلسلة العمليات The Operation Sequence Technique

١- كون قائمة بكل العمليات الذهنية التي يعتقد ان المتعلم القدرة عليها.

٢- لكل جواب للمتعلم ابحث خلال سلاسل العمليات الممكنة حتى تحصل على سلسلة عمليات توضح كيفية انطلاق المتعلم من السؤال الى حله.

٣- لخص التناسق او الانتظام خلال عدة سلاسل عمليات بصيغة قواعد تصف كيف قرر المتعلم أي العمليات وجب تطبيقها لحل السؤال.

٤- قارن هذه القواعد الخاصة بالتعلم مع القواعد الخاصة بالحل الصحيح فإن أي اختلاف بينها يعني ان هنالك ضعف او سوء فهم في ذلك الجانب.

ولغرض ان تقترب بإتجاه تقنية تعليمية مفيدة وجب اجراء الدراسات ومنها ما يلي:

١- جمع أمثلة من انواع الأخطاء التي يقع بها المتعلمين في مجالات كثيرة من المادة لتعليمية.

٢- دراسة افكار وتقنيات التشخيص للمدرسين الذي اصبحت لديهم خبرة تدريسية.

٣- نعمل على ايجاد تقنية تشخيص عديدة ومختلفة.

٤- تطوير الخبرة في مجال احتواء تقنيات التشخيص في برامج الحاسوب وتطبيقها على مجالات تعليمية مختلفة (اي في تدريس كافة المواد وليس الرياضيات فقط).

٤- مشكلة التمثيل The Representation Problem

ان المشكلة المركزية لكافة تصاميم التعلم التكائي بمساعدة الحاسوب هي هيكلة المعرفة . ان اختيار منظومة للتمثيل الشكلي للمهام التي يعالجها التعليم لكي يتواجه مع شكل سلس مع هياكل المعرفة الحالية للمتدرب او المتعلم هو مفتاح اساسي للتعلم السريع والكفوء والفعال.

ان تمثيل المعرفة يجب ان لا يشتمل فقط على الاوساط التعليمية المختلفة ومجالات التحسس (اللمس ، السمع ، الرؤيا) بل يجب ان تكون هياكل المعرفة ممثلة بشكل يتيح سهولة التعامل معها ويجب ان تتمذج بأشكال متوافقة مع المفاهيم الخاطئة الحالية ونظريات الخلل (الأخطاء) التي قد يقع بها المتعلم.

ان تصميم أنظمة ICAL عبارة عن عملية خلاقة مثل تأليف كتاب ، اذ لا تتوفر ادوات وافكار فعالة للمساعدة في هذا الجانب . ان انظمة ICAL وتصاميمها لا تسلم نفسها بشكل جاهز لأساليب هيكلية المعرفة وطرق البرمجة التقليدية [٨] . ونظراً للطبيعة غير المحددة او المعرفة بشكل جيد لمشكلة ما فإن محاولة تحديد مسبق للمتطلبات اللازمة لنقل المعرفة الى

المتعلم في مجال معين يكون مملوء بالمشاكل والصعوبات.

اذ ربما كان المصمم نظام ICAL اهداف مميزة في ذهنة ولكن المسار في التصميم الى تنفيذ سهذه الاهداف غير واضح تماماً.

وبشكل عام فإن الأمثلة الوحيدة بخصوص الاستمرار في هذا الجانب تأتي من الكتب المنهجية وبعض الحدس حول المشكلة ولكن الكتب تعدنا بترتيب خطي واحد فقط للأفكار المفتاحية ولا تتعامل مع المفاهيم الخاطئة الواسعة التي قد تكبر وتترسخ وتتراكم بسبب هذا النوع من تقديم المعلومات. أن ما يحتاجه المصمم في أدوات تدعم التجريب مع الاساليب المعقولة لمعالجة المشكلة واستنادً الى هذه التجارب سيتم استخراج الافكار بخصوص ما هو مؤثر فعلاً وما هو غير مؤثر.

٥- متطلبات النظم التعليمية الذكية

تتطلب الانظمة التعليمية الذكية ما يلي :

١- هيكلة المعرفة بشكل وحدات صغيرة.

٢- الاستحواذ على تمثيل جيد للمعرفة لتشكيل الاساس لنموذج الطالب (Student Model)

٣- اكتشاف كل المفاهيم الخاطئة التي يمكن ان يولدها التعليم في مجال معين.

٤- تزويد المتعلم بمواجهة بيئية مرنة ويمكن ان تتكيف مع كل متعلم.

٥- خلق مدرس او مدرب التي يتصرف بشكل شمولي واساسي وعام مع المتعلم بدلاً من استخدام نصائح جاهزة قد تؤثر سلبياً على التعليم.

٦- دور الانظمة الخبيرة

هنالك نوعين اساسيين من المعرفة تتطلبها انظمة ICAL. الاول يشمل المعرفة التي يجب ان يحصل عليها المتعلم . وهذا ما يشار اليه بالمعرفة بالمجال (Domain Knowledge) والاخرى تشمل المعرفة الخاصة بإجراءات (او عملية) التدريس . وهذه لها علاقة بالمعلومات الخاصة بكل متعلم ومستوى مهارته وكذلك المعلومات الخاصة بتقنيات التمارين والمسائل ويشار اليها بالمعرفة الارشادية (Tutoring Knowledge) . اي ان نظام ICAL يمكن تقسيمه طبيعياً الى جزئين رئيسيين : الخبير في المجال (Domain Expert) والخبير في التعليم (او الارشاد) (Tutoring Expert) . وكلاهما مهمان وبشكل متساوي لنجاح اي نظام تعليمي ذكي.

- للنظام الخبير القابلية على انجاز مهام تخصصية تنفذ من قبل خبراء بشريين في مجال محدد . والمقصود بالنظام الخبير برنامج حاسوبي يحاكي خبرة الانسان في مجال معين ، اي يجهزنا بالقرارات المهمة والصعبة الحاسمة في مجال معين كما يعملها الانسان الخبير [٩].

— ان المشكلة الرئيسية في استخدام النظم الخبيرة في التعليم هي نقص او قصور معرفتها حول كيفية استخدام قاعدة المعرفة لإرشاد المبتدئين [١٠] ويمكن استخدام الانظمة الخبيرة للاغراض التعليمية بصيغتين ، كما يلي :

١- صيغة حل المشكلة : حيث تحل المسألة او المشكلة مع اعطاء التوضيحات والتفسيرات عند الضرورة.

٢- الصيغة الارشادية : حيث يزود المتعلم بسؤال (مشكلة) ويتم متابعة مسار حله للمشكلة مع توجيه عند الضرورة.

ان الصيغة الاولى اعلاه متوفرة بشكل جاهز غالباً في الانظمة الخبيرة (لأن الانظمة الخبيرة تختص بحل المشاكل) وباستمرار الاستخدام واستمرار الطلب للتوضيحات التفسيرات يتمكن المتعلم من ان يتعلم كيف يحل المشاكل في مجال معين.

اما الصيغة الارشادية فتتطلب القابلية على تقييم المشاكل المتعلمين وتحليل حلولهم (جوبتهم). ان الصيغة الارشادية (الخبير الارشادي) تتطلب وجود صيغة اخرى (وحدة خبيرة) تسمى نموذج الطالب (Student Model) تساعدها على تحديد المشاكل او الاسئلة الملائمة لغرض عرضها على المتعلم اي ان الصيغة الارشادية تحتاج الى وحدة خاصة للسيطرة

- على ما سوف يعلم وكيف الوصول الى قاعدة المعرفة.

٧- اهمية اللغة الطبيعية في انظمة ICAL

من المعروف ان التعليم يتطلب مواجهة بين المتعلم والمعلم (او المدرب)وفي حياتنا اليومية يتم التعليم باستخدام اللغة الطبيعية (Natural Language) لذلك البلد . ولما كنا نفكر ببناء انظمة تعليمية ذكية ، انظمة تحاكي المدرس (الانسان) وجب استخدام اللغة الطبيعية في انظمة ICAL

في معظم الانظمة التعليمية يكون التعامل مع البرنامج الحاسوبي التعليمي من خلال تقنيات عديدة دون استخدام اللغة الطبيعية ومن هذه التقنيات ما يلي :

١- التعامل مع صيغ جاهزة معرفة سلفاً مثل ادخال كلمة نعم او كلا أو ادخال عبارات محددة وكذلك الحاسوب بعرض صيغ لغوية وتعابير جاهزة.

٢- التعامل من خلال قوائم حيث تحتوي القائمة على مجموعة فقرات والمطلوب من المتعلم

ادخال رقم الفقرة.

٢- التعامل من خلال الرسوم والمخططات.

ولكي يكون التعلم فعال فعلاً وجب استخدام الاسلوب الطبيعي المعتمد اثناء التعليم اليومي. وهذا الاسلوب هو اعتماد اللغة الطبيعية . ولكون موضوع اعتماد اللغة الطبيعية ضمن البرامج الطبيعية معقد جداً ويستغرق وقتاً طويلاً اي يؤخر انتاج البرنامج التعليمي الذكي لفترة قد تمتد طويلاً الى سنة او سنوات وحسب التطبيق المراد تعليمه ، ابتعد معظم العاملون في مجال ICAL عن اعتماد اللغة الطبيعية.

ان ابسط تقنية مستخدمة في الانظمة التعليمية الذكية لإعتماد اللغة الطبيعية هي المطابقة المفتاحية Keyword Matching [١١] حيث يبرمج الحاسوب لمعرفة الكلمات الاساسية او المفتاحية (اي الكلمات المفتاحية ويهمل الكلمات الاخرى حيث يعبرها ضوضاء Noise words . فمثلاً لو كنا في مجال تعليم الدوائر الكهربائية وادخل المتعلم الجملة الآتية :

" يرجى تزويدي بأمثلة توضح كيفية ايجاد المقاومة في دائرة كهربائية مع الشكر "

فإن الحاسوب سيأخذ الكلمات (امثلة ، المقاومة) ككلمات مفتاحية ويهمل بقية الكلمات في الجملة اذ تكفيه الكلمتين " امثلة " و " مقاوم " لمعرفة ما هو مطلوب.

اما اذا اردنا نظام تعليمي ذكي يعتمد فعلاً اللغة الطبيعية وجب اللجوء الى اساليب فهم اللغات الطبيعية (Natural Language Understanding) كفرع من فروع الذكاء الاصطناعي حيث يمكن ان تمر الجملة بثلاث مراحل من التحاليل [١٢]:

أ- التحليل الصرفي (Morphological Analysi)

وفيه تتم تحليل الكلمات صرفياً اي استخراج جذور او جذوع الكلمات والتي الواحق والسوابق لغرض استعمال الجذر (او الجذع) المستخرج للوصول الى القاموس.

ب - التحليل النحوي (Syntactical Analysis)

وفيه تتم تحليل الجملة المدخلة لمعرفة ان الكلمات المعطاة ككل ، وفق تسلسلها المعطى مقبولة قواعدياً في اللغة المعنية ام لا.

ج- التحليل الدلالي (Sernantical Analysis)

وفيه تحلل معاني الكلمات بشكل انفرادي ومن ثم تدمج هذه الكلمات لمعرفة معنى او دلالة الجملة ككل.

الخلاصة

لقد استخدمت مفاهيم الذكاء الاصطناعي في بناء انظمة تعلم ذكية في مجالات تدريس المعرفة الاجرائية لأجل الوصول الى حل المشاكل . ان الهدف الاساسي من استخدام مثل هذه المفاهيم هي لأجل جعل انظمة التعلم الذكية تتصرف مثل الانسان (المدرب).

ان المكونات الأساسية لمثل هذه الانظمة هي استخدام ثلاثة انواع من الخبرة (في مجال الدرس . فهم الاخطاء ، تقويد التعلم).

ان المشكلة الاساسية في بناء هذه انظمة التعلم الذكية هي اسلوب تمثيل المعرفة حيث ان ايجاد الاسلوب الصحيح يؤدي الى بناء انظمة كفوة وفعالة وتكون مفتاح اساسي التعلم السريع . ان انظمة التعلم الذكية لا تعلم نفسها بشكل جاهز لأسباب هيكلة المعرفة وطرق برمجتها التقليدية.

ان الاسلوب الفعال لبناء مثل هذه الانظمة تتطلب استخدام وحدات خبيرة تستحوذ على اسلوب تمثيل جيد للمعرفة ، اكتشاف المفاهيم الخاطئة التي يولدها التعليم في مجال معين ، بناء واجهة مرنة مع المتعلم.

هنالك نوعين من المعرفة يجب استخدامها مع انظمة التعلم الذكية هي معرفة بالمجال ومعرفة بإجراءات التدريس . كذلك فإن هنالك حاجة ماسة الى استخدام اللغات الطبيعية في بناء واجهة استخدام مع المتعلم تكون تلك تقنية المطابقة المفتاحية.

المصادر

1. Tennyson, R.D. and Ferrara, J. " Introduction to Special Issue : Artificial Intelligence in Eduction ", Educational Technology, May 27 (5), 7-8,1987.

2. Alty, J. and Coombs , M.J., " Expert System , Concepts and Examples " The National Computing Center Limited, Manchester, 1984.

3. Barr, A. and Feignbaum , E.A., " The Handbook of Artificial Intelligence " Vol. 1, William Kaufmann, Galif,1981.

4.Nilsson ,N.J. " Principles of Artificial Intlligence " Springer, Berlin,1982.

5. Knezek,G.A., " Intelligent Tutoring Systems and ICAL, The Computing Teacher , March, Pp. 11-13,1988.

6. Tennyson,R.D., " MAIS : An Eductional Alternative of ICAL" , Educational Technology, May,22-28,1987.

7. Bonar, J., "Panel : Intelligent Computer Assisted Instruction ", IEEE,220-222,1985.

8. Roberts, F.C. and Park,O. , " Intelligent Computer Assisted Instruction : An Explanation and Overview ", Educational Technology,23 (12),7-12,1983.

9. Waterman,D.A. , " A Guide to Expert Systems", Addison-Wesley,1986.

10. Barker, P, and Yeates ,H. " Introducing Computer Assisted Learning ", Prentice-Hall International , 1985.

11. Rauch-Hindin, W.B. , " A Guide to Commerical Artificial Intelligence ", Prentice -Hall,1988.

١٢- البياتي ، عبا أدهم ، " تصميم وتنفيذ معرب محوسب لجمل اللغة العربية الاسمية والفعلية " ، اطروحة ماجستير مقدمة الجامعة التكنولوجية ، بغداد ١٩٩١.