مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(9) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (9) 2022

استخدام توابع الانتقال المشروط لتحويل الأتومات NFA إلى DFA مختزل واستخدامه في توجيه التعليم الديناميكي المؤتمت

د. جعفر أنور سلمان*
م. لودي يعرب ديوب**

(تاريخ الإيداع 7/17 /2022 . قُبِل للنشر في 9/25 /2022)

□ ملخّص□

يقترح هذا البحث استخدام توابع الانتقال المشروط لتحويل الأتومات NFAإلىDFA مختزل و بذلك يتم الغاء الانتقال العشوائي للأوتومات بين مختلف الأوضاع والتخلص من التنفيذ اللامتناهي، واستخدامه في توجيه التعليم الديناميكي المؤتمت. يسمح ذلك باختصار زمن التحليل النحوي لعبارات الدخل التي تعكس حالة الطالب وفي جميع الأوضاع التي مر بها وفي مختلف المستويات التعليمية واستبعاد النقل العشوائي للطالب بين مختلف المستويات التعليمية وبالتالي تحسين مردود التعليم المؤتمت الديناميكي المتلائم مع كل طالب وبشكل منفرد وبالتالي اختصار زمن التعليم .

كلمات مفتاحية –عبارة دخل، تابع انتقال مشروط، NFA، DFA.

*دكتور مدرس في قسم هندسة تكنولوجيا المعلومات – كليّة هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات – جامعة طرطوس .
** مهندسة حاصلة على درجة الماجستير في قسم هندسة تكنولوجيا المعلومات – كليّة هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات – جامعة طرطوس .

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(9) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (9) 2022

USING CONDITIONAL TRANSITION FUNCTIONS TO CONVERT NFA TO DFA AND USING IT FOR AUTOMATION DYNAMIC TUTORIAL.

Dr.jafar anwar salman*
Eng. Loudy Yaroub Dayoub **

(Received 17/7/ 2022 . Accepted 25/9/ 2022)

□ ABSTRACT

This article, recommends using the conditional transition functions for converting NFA into minimized DFA which eliminates randomly automat transition and infinite execution of transition function and using it in controlling of automation dynamic tutorial ,which permits minimizing the syntaxsis analysis time for student's state expression at all passed vertexes in different tutorial levels and eliminates the student's randomly transition between different levels in result get improvement the corresponding dynamic the required time tutorial automation efficiency factor which permits optimization .

Keywords — input expression, conditional transition function, NFA ،DFA.

*Dr in Departement Information Technology Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria
**Master student at Information Technology Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria

1.المقدمة:

اسُتخدمت الأتوماتونات من النوع اللانهائي NFA لتوجيه التعليم المؤتمت، إلا أنّ الحجم الضخم للبرامج اللازمة لتنفيذ ذلك، الذي يتطلب بحثاً كبيراً بالإضافة الى حالات عدم التعيين الممكن مصادفتها وصعوبة برمجة حالات الرجوع الى الوراء في حالة التنفيذ الخاطئ لتوابع الانتقال بين العقد المشكلة للمسارات المحتملة للكائن، وتكرار سلوك المسارات نفسها وكذلك الإخفاق في معالجة مسألة الاستدعاء الذاتي Recursion تحد المشاكل السابقة من استخدامها في تصميم أنظمة التعليم المؤتمت. ولذلك لم يحقق استخدام هكذا نوع من الأتوماتونات (في التحليل النحوي أو في توجيه حركة كائن أو في التعليم المؤتمت أو التعرف على النماذج) النتائج المرجوة [4][2][8].

للأسباب المذكورة أعلاه، احتّل موضوع تحويل الأتومات اللانهائي NFA إلى الأتومات النهائي DFA مركزا" مهماً في الأبحاث العلمية. وإن استخدام الأتومات الناتج في توجيه التعليم المؤتمت له أهمية كبرى كونه يساعد في استبعاد أغلب هذه المشاكل و يلغي تكرار المسارات التي قد يسلكها الكائن ممّا يختصر زمن تحليل عبارة الدخل ويحافظ على قوة اللغة التي يمكن تمريرها بواسطة الأتومات ، ممّا يوسع إمكانية تدوين جميع الأوضاع التي قد يسلكها الكائن الموجه وفي جميع المستويات التعليمية المتاحة، يحافظ ذلك على جميع خصائص الأتومات اللانهائي NFA الرائعة واستخدامه وكأنه DFA. جعلت جميع هذه المشاكل من الصعب اختصار زمن التحليل النحوي لعبارة الدخل التي تحدد حالة الكائن واستخدام ذلك لنقل الكائن من وضع لآخر ممّا يزيد الزمن اللازم لعبور الكائن الأوضاع اللازمة وبلوغ الهدف الموضوع والمردود المرجو منه. يعد الهدف المطلوب إيجاد تحكم ديناميكي يتلاءم مع بارامترات كل كائن موجه (طالب)مهما كان نوع العملية المنفذة، وبالتالي اختصار زمن التوجيه[3][9].

لم تتطرق جميع أنظمة التعليم المؤتمت الى دراسة آلية التنبؤ بالمسار الأفضل للكائن الموجه، وأهملت كيفية بلوغ الكائن الوضع الحالي استخدمت الشبكات العصبونية ومختلف أنواع خوارزميات التحكم الخطي لإيجاد مخرج من هذه المشاكل ...الخ ولكن بقيت الكثير من المشاكل عالقة دون حل.

2.أهداف البحث:

يهدف البحث لاستخدام الأتومات اللانهائي NFA ذو توابع الانتقال المشروط التي تسمح بالمحافظة على جميع مزايا استخدام الأتومات اللانهائي وتحويله الى اتومات من النوع DFA الذي يملك عدد محدود من الأوضاع التي يمكن الانتقال اليها في توجيه التعليم المؤتمت الديناميكي والتلاؤم مع بارامترات كل طالب بشكل منفرد واستبعاد النقل العشوائي للطالب بين أوضاع التحكم الممكن أنّ يشغلها الذي يشغلها الكائن (الطالب) يسمح ذلك بالتنبؤ بالمسار الأمثل للكائن واختصار زمن التوجيه لبلوغ الكائن الهدف المطلوب.

3.منهجية البحث:

لم يحقّق استخدام الأتومات اللانهائي NFA في توجيه التعليم المؤتمت النتائج المرجوة، إذ أنّ مردوده منخفض جدا" وذلك بسبب البرامج الضخمة اللازمة لذلك وتكاليفها الباهظة مما حدّ من استخدام هكذا أنظمة. استخدمت لذلك أنظمة تعليم مؤتمت تعتمد أساسا" على استخدام الأتومات النهائي DFA ولكن بإمكانيات محدودة.

تطرقت عدة أبحاث لتحويل الأتومات NFA اللانهائي إلى أوتومات نهائي DFA باستخدام خوارزميات معقدة و متعددة المراحل ولكن الأتومات الناتج بقي DFA غير مختزل وبقيت معه عدة مسائل دون حل نذكر منها تكرار

المسارات نفسها التي قد يسلكها الأتومات ومشكلة الرجوع إلى الوراء Backtracking عند التنفيذ الخاطئ لتوابع الانتقال بين الأوضاع التي قد يشغلها الأتومات وكذلك الانتقاء العشوائي لتوابع انتقال الأتومات ومعالجة سلسلة الدخل الفارغة التي تؤدي إجمالاً لزيادة زمن التحليل النحوي لعبارة الدخل وانخفاض مردودها بشكل ملحوظ. دعنا نتعرف وباختصار على الأتومات.

يعرف الأتومات على أنه : هو آلة شكلية مجردة تشغل عدد من الأوضاع المحتملة والمحدودة العدد إذ تُستخدم توابع الانتقال (ذات البنى المتباينة تماما") لتحديد الوضع التالي الذي قد يشغله الأتومات(عندما يشغل الأتومات الوضع لحالي المُعطى) ومن أجل عنصر الدخل المحدد (وقد يكون سلسلة محرفية فارغة)وتستخدم خطوط الارتباط التي تصل بين مجموعة العقد المحتملة وبحيث ترتبط كل عقدة بعقدة واحدة على الأقل تغطي توابع الانتقال هذه جميع الاحتمالات الممكنة، بالإضافة الى استبعاد حالات عدم التعيين التي تسبب توقف عملية التحليل النحوي لعبارة الدخل عن العمل في نهاية الامر.

تشكل مجموعة الأوضاع التي قد يشغلها الأتومات ومجموعة خطوط الارتباط التي تربط بينها المخطط (Graph)

أنّ مجموعة الأوضاع المرحلية التي قد يشغلها الأتومات يقابلها في النحو الشكلي مجموعة العناصر الثانوية V_n (كل منها يستطيع أنّ يلعب دور عقدة أب) وتقابل مجموعة الأوضاع النهائية –الوريقات V_t التي قد يشغلها الأتومات مجموعة العناصر النهائية (لا تستطيع أنّ تلعب دور عقدة أب) ويقال عن الأتومات بانه يمرر سلسلة محرفية ما إذا تمكن من بلوغ إحدى الوريقات انطلاقا" من الوضع البدائي ولجميع المسارات الممكنة.

يمثل كل تابع من توابع الانتقال قاعدة اشتقاق واحدة متميزة مشكلة وفق إحدى نماذج النحو الشكلي المعروفةformal grammar وفق تصنيف Chomsky وباستخدام مجموعة منها يمكن وفق أسس تحددها توابع الانتقال المستخدمة ويقوم المترجم بإنشاء (تركيب) هياكل أو نماذج مناظرة لكائن الدخل (عبارة–جملة–صوت–.....الخ) وذلك وباستخدام مجموعة توابع الانتقال الخاصة فإذا كانت نتائج عملية التركيب هذه مطابقة لكائن الدخل (عبارة الدخل) تكون عبارة الدخل صحيحة وخلافاً لذلك تعد عبارة الدخل غير صحيحة[8][2]

يمكن القول أنّ الأتومات هو الآلة الشكلية التي تتحقق من صحة بنية مجموعة سلاسل الدخل المحرفية المكونة للغة الشكلية للنحو الشكلي المستخدم ويرمز لها بالرمز T(A) إذ تبقى العلاقة التالية محققة:

$$L(G)=T(A)$$

أي أنّ اللغة T(A) التي يمررها الأتومات A مطابقة تماماً للغة L(G) التي يمكن توليدها وباستخدام نوع محدد من أنواع النحو الشكلي المعروفة L(G) وبمعنى آخر فإن مجموعة توابع الانتقال المستخدمة للتحقق من صحة أي مفردة من مفردات الدخل للأتومات T(A) يقابلها مجموعة قواعد الاشتقاق المستخدمة في النحو الشكلي المولد للغة L(G) [8].

نميز **نوعان** من الأتوماتونات ومن أجل دخل محدد:

a)الأتومات النهائي: يشغل عدداً محدوداً من الأوضاع Deterministic Finite Automata DFA إذ يستطيع الأتومات الانتقال الى وضع **وحيد** من مجموعة الأوضاع المتاحة.

b)الأتومات اللانهائي : Non Deterministic Finite Automata NFA يستطيع الأتومات الانتقال الى **أية** مجموعة من الأوضاع المتاحة.

1.3.الأتومات النهائي DETERMINISTIC FINITE AUTOMATA DFA محدود عدد الأوضاع يمكن تعريف الأتومات النهائي A محدود عدد الأوضاع التي يمكنه الانتقال اليها ومن أجل دخل ما بخمسة عناصر كالآتي:

$$A= (\sum, q_0, Q, F, \delta) \qquad (1)$$

إذ أنّ:

$\sum$– المجموعة المنتهية المحدودة من محارف الدخل (القاموس).

Q – المجموعة النهائية للأوضاع (العقد)الثانوية (تملك عقد أبناء) والنهائية (لا تملك عقد أبناء) بالإضافة للوضع الأولي (المنطلق) والتي تشكل العقدة المنطلق لجميع المسارات التي قد يسلكها الأتومات للتعرف على عبارات الدخل.

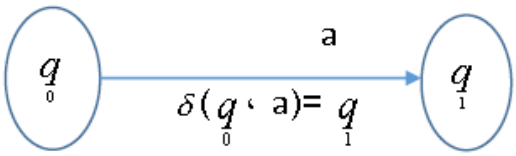
q_0 –الوضع الأولي – البداية (المنطلق)الذي يبدأ منه الأتومات العمل ($q_0 \in Q$).

δ –تابع الانتقال لتحديد الوضع التالي الذي يمكن للأتومات الانتقال اليه وليكن "q_1 " انطلاقا" من الوضع الاولي وليكن "q_0" ومن أجل دخل محرفي محدد وليكن "a" (وقد تكون سلسلة فارغة طولها $\lambda = 0$) ونعبر عن ذلك بالعلاقة:

δ (q_0 ، a) ={q_1}

$F \in Q$ – مجموعة الأوضاع النهائية المحدودة العدد (العقد الوريقات لا تملك عقداً أبناء ولا تستطيع أنّ تؤدي دور عقدة أب) و التي قد يشغل أيا منها الأتومات وهذا يعني أنه من أجل أي محرف دخل وليكن $a \in \sum$ وعندما يكون الأتومات في وضع ما وليكن $q_0 \in Q$ ينتقل الأتومات إلى الوضع $q_1 \in Q$ ونعبر عن ذلك بالتابع

δ (q_0،a) ={ q_1 } كما في الشكل (1).



شكل(١).

انتقال الأوتومات من الوضع q_0 الى الوضع q_1

أنّ تابع الانتقال لتحديد الوضع التالي الذي يمكن للأتومات الانتقال اليه وانطلاقا" من الحالة (الوضع الاولي) q_0 وعندما يكون كائن الدخل عبارة عن سلسلة محرفية ولتكن($x\gamma$ وفق العلاقة التالية:

$$\delta(q_0, x\gamma) = \delta(\delta(q_0,x),\gamma) \qquad (2)$$

إذ أنّ : $\{ X \in \sum^*, \gamma \in \sum \}$

وهذا يعني أنّ الأتومات A الذي يشغل الوضع q_0 ومن أجل محرف الدخل وليكن x سينتقل إلى الوضع q_1 أي أنّ δ (q_0، x)= q_1 وفي الوضع الجديدq_1 وعندما يكون محرف الدخل الثاني"γ" فان الأتومات سينتقل إلى وضع آخر جديد وليكن q_2 ولنفرض أنه وضع نهائي$q_2 \in F$ ونعبر عن ذلك بالعلاقة التالية:

$$\delta (q_1، \gamma)= q_2$$

في هذه الحالة يقال بأن الأتوماتA يمرر السلسلة المحرفية xγ إذا كان الوضع الأخير الذي سيشغله الأتومات وضع نهائي وليكن q_2.

ومن الواضح أنّ الانتقال إلى وضع آخر جديد وليكن q_1 من الوضع السابق وليكن q_0 قد لا يؤدي الى وضع (عقدة) نهائي لا رجوع منه نتيجة التنفيذ الخاطئ لتوابع الانتقال أي انه مازالت مشكلة الرجوع الى الوراء ⊢الاقتفاء Backtracking قائمة والذي يسبب المزيد من الهدر بالزمن ويستهلك ذاكرة[6][5].

2.3الأتومات اللانهائي **NON DETERMINISTIC FINITE AUTOMATA NFA** :

الأتومات اللانهائي ذو قائمة الأوضاع التي يمكن الانتقال اليها NFA ويشبه الى حد بعيد جدا" الأتوماتDFA محدود عدد الأوضاع التي يمكن الانتقال اليها ومن أجل دخل ما ويحدد بخمسة عناصر أيضا" الفرق الوحيد بينهما هو بنية تابع الانتقال الذي يُحدد بالعلاقة الآتية :

$$\delta(q_0, a)=\{q_1, q_2, .., q_n\} \quad (3)$$

وهذا يعني أنه عندما يكون الأتومات A في وضع ما وليكن q_0 ومن أجل عبارة الدخل ولتكن "a" يستطيع الانتقال إلى إحدى مجموعة الأوضاع $\{ q_1, q_2, ...q_n \}$ وبشكل عام يمكن التعبير عن ذلك بالعلاقة:

$$\delta (q_0، x\ a)= U_{qi}(q_0\ (q_1,a)) \quad (4)$$

إذ أنّ:

$$q_i \in \delta (q،x) ، \qquad x \in \sum^* \ , \ a \in \sum$$

$$\delta (\{q_1, q_2, .., q_i\} , x)= U_{i=1}^{l} (q_i , x) \quad (5)$$ وعليه فإن :

وبالتالي فاللغة T(A) التي يمررها الأتومات A اللانهائي NFA تحدد وفق العلاقة الآتية:

$$T(A)=\{x|p \in \delta ((q_0 , x),p) \in F\} \quad (6)$$

أنّ الأتومات اللانهائي NFA يسمح بتمرير(التعرف على) مجموعة ضخمة من السلاسل المحرفية متفاوتة درجات التعقيد و يسمح معه بتدوين جميع الأوضاع التي قد يشغلها الكائن الموجه من جهة ومن جهة أخرى يتيح بناء اعداد هائلة من نماذج السلاسل المحرفية الا أنّ عدد الأوضاع الكبير جدا" والممكن الانتقال اليه وحالات الانتقال الخاطئ للأتومات من وضع لآخر واحتمال ضرورة تنفيذ أعدد هائلة أيضا" من عمليات الرجوع الى الوراء والذي سيشكل تابعاُ أسياً من أجل عدة أوضاع قد يشغلها الأتومات في هذه الحالات بالإضافة لوجود تكرار سلوك المسارات نفسها مما يسبب المزيد من الهدر بالزمن اللازم لتنفيذ عمليات التحليل النحوي لعبارات الدخل والذاكرة اللازمة تدعو جميع هذه الأسباب لإيجاد وسيلة للمحافظة على مزايا الأتومات

النهائي والتخلص ما أمكن من العيوب المرافقة لاستخدامه في عمليات توجيه التعليم المؤتمت وتأمين تعليم ديناميكي متلائم مع بارامترات كل كائن وبشكل مستقل. [3][4]

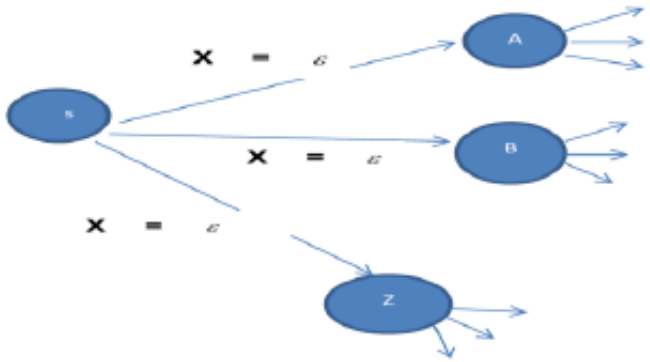
كل تابع انتقال للأتومات وليكن $\delta(S, \varepsilon)=A$ يقابله قاعدة اشتقاق ولتكن $S \longrightarrow \varepsilon A$ والذي يحدد للأتومات الوضع التالي (وانطلاقا من الوضع الاولي S) الذي يجب الانتقال اليه وليكن A ومن أجل محرف الدخل النهائي نفسه وليكن ε مثلاً أما إذا كان لدينا قواعد النحو الشكلي الآتية:

$$S \longrightarrow \varepsilon A$$
$$S \longrightarrow \varepsilon b$$
$$\ldots\ldots\ldots \qquad (7)$$
$$S \longrightarrow \varepsilon Z$$

فتابع الانتقال للأتومات اللانهائي NFA يأخذ الصيغة الآتية:

$$\delta(S, \varepsilon)=\{A,B,..,Z\} \qquad (8)$$

وهذا يعني أنّ الأتومات اللانهائي يستطيع أنّ يشغل إحدى الأوضاع الآتية: { A,B,..,Z} وذلك عندما يكون محرف الدخل "ε" وانطلاقا من الوضع الاولي وليكن "S" وعندما تكون هذه العقدة ثانوية(انتقالية) يستطيع الأتومات الانتقال من العقدة المنطلق ولدى الدخل $X=\varepsilon \in \sum$ (ε–سلسلة محرفية فارغة طولها $\lambda = 0$) إلى أي من قائمة العقد التالية المتاحة { A,B,..,Z} وهكذا يمكن تنفيذ عدة عمليات انتقال وصولاً لعقدة هدف ما قد لا تكون مطابقة للهدف المرجو(اختيار المسار قد يكون خاطئ) وعندئذ سوف يرجع الى الوراء والبحث عن العقدة الهدف في بقية المسارات مرة أخرى وقد تنفذ جميع توابع الانتقال المتاحة ودون أنّ يؤدي ذلك الى نتيجة إيجابية فعبارة الدخل تكون خاطئة ويمثل الأتومات اللانهائي كالتالي (شكل 2).[6][7] :



شكل(2)اتومات لا نهائي ذو دخل (ε)

وفقاً للبنية السابقة يستطيع الأتومات الانتقال من العقدة المنطلق ولتكن "S" إلى إحدى العقد A,B,.....,Z ومن أجل الدخل $X= \varepsilon$ (ε – سلسلة محرفية فارغة) ونميز هنا حالتين:

a) <u>اختيار العقدة التالية من المسار **الصحيح**</u> :

ينتقل الأتومات إلى أحد العقد الأبناء ولتكن (A) من العقدة الجذر ولتكن S ، فإذا كان الانتقال صحيحاً فقد تكون العقدة الحالية والتي ستؤدي دور عقدة أب بداية إحدى المسارات التي تؤدي الى عقدة هدف نهائية والتي تعني أنّ عبارة الدخل سليمة(شكل 2).

b) اختيار العقدة التالية من المسار **الخاطئ**:

إذا تبين بعد تنفيذ سلسلة من توابع الانتقال بين العقد وانطلاقاً من العقدة البداية ولتكن S وبين العقدة النهائية للمسار الذي يبدأ بالعقدة A يرجع الى الوراء عقدة تلو الأخرى وصولا للعقدة A ثم الرجوع الى العقدة المنطلق S وهنا يتم اختيار عقدة بداية جديدة لمسار آخر جديد ولتكن بدايته العقدة "B"ويتم الانتقال من عقدة الى أخرى وصولا" الى العقدة النهائية للمسار الذي يبدأ بالعقدة B واذا لم يعثر على سلسلة محرفية مطابقة لعبارة الدخل يتم الرجوع الى الوراء عقدة تلو الأخرى وصولا للعقدة B ومن ثم الانتقال الى العقدة الجذر S كما في الحالة الأولى يزيد زمن التحليل النحوي لعبارة الدخل أسيا[7][8]

وبغية إلغاء الانتقال العشوائي هذا والمحافظة على قوة اللغة التي يمررها الأتومات NFA اللانهائي وليكن T(A) إذ يمكن تأمين انتقال الأتومات من الوضع نفسه ومن أجل الدخل نفسه إلى إحدى مجموعة الأوضاع ولحل هذه المسألة (كبديل عن استخدام تابع انتقال يعتمد على مجموعة قواعد الاشتقاق للنحو الشكلي الحر مثلا")يمكن استخدام توابع انتقال $\delta(,,,)$ بالاعتماد على مجموعة توابع انتقال مشروط يخصص كل منها بعبارة شرطية (علائقية–حسابية–منطقية– بوليانية أو مزيج منها) وإذا كانت هذه العبارة صحيحة يستخدم تابع الانتقال المحدد وخلافاً لذلك يبحث عن تابع انتقال آخر $\delta(,,,)$ ذو عبارة شرطية محققة أي أنّ تابع الانتقال للأتومات اللانهائي NFA يأخذ الشكل التالي:

$$\delta(S, a, r_i)=\{C,D,\ldots\} \qquad (9)$$

إذا كانت العبارة الشرطية r_i محققة ومن أجل محرف الدخل $a\in\sum$ يتم الانتقال من الوضع S إلى وضع واحد من مجموعة الأوضاع المتاحة وليكن "C" إذ أنّ: $\{S,C\} \in V_n$

فإذا كانت العبارة الشرطية المرفقة r_i , $i=1\sim n$ لكل تابع انتقال $\delta()$للأتومات اللانهائي محققة يتم الانتقال إلى إحدى الأوضاع المحددة التي يحددها هذا التابع وخلافاً لذلك يتم البحث عن عبارة شرطية r_i محققة ليتم استخدام تابع الانتقال المرفقة به إذ يشغل الأتومات وضع جديد يحدده العنصر الثانوي المستخدم في تابع انتقال الأتومات وقد يكون الوضع الذي سيشغله الأتومات هو نهائي terminal يقابلها الوريقة في شجرة التحليل النحوي الثنائية (لا يسمح الانتقال منه إلى أي وضع آخر–وبفرض لا يوجد استدعاء ذاتي في هذه العقد) وفي هذه الحالة يتعرف الأتومات على السلسلة المحرفية المقابلة لهذا الوضع.

عندما لا توجد أي عبارة شرطية r_i محققة فإن عبارة الدخل تكون خاطئة و مرفوضة أي أنّ الأتومات لا يستطيع تمريرها لأنها لا تنتمي اصلاً إلى اللغة التي يمررها $T(A)_i$, $i=1\sim n$ أي لا يمكن بناء نموذج مماثل لعبارة الدخل لها وذلك وفق توابع قواعد الانتقال وبالتالي فهي خاطئة ولا يمكن تمريرها، والأتومات في هذه الحالة لن يتعرف عليها أي أنّ عبارة الدخل خاطئة.ولمعالجة هذه المشاكل نقترح الآتي:

بفرض كان لدينا أتومات لانهائي NFA ذو N عقدة فعند تحويله إلى اتومات نهائيDFA وفق أحدث الخوارزميات [4] فإننا نحتاج ل 2^N خط ارتباط مما يجعل معه مخطط الانتقال معقد جداً لأن كل خط ارتباط يجب أنّ يمثل بتابع انتقال ما علماً أنّ المخطط الناتج ليس مختزلاً لوجود عدة خطوط ارتباط

بين عقد المخطط نفسها وإهمال الحالة عندما تكون عبارة الدخل المتعلقة بخط الارتباط هي سلسلة فارغة εمع الإشارة إلى أنّ استخدام الاستدعاء الذاتي سيجعل المخطط أكثر تعقيداً.

وبغية حل هذه المشاكل الأساسية نقترح ربط كل تابع انتقال للأتومات من وضع لآخر بتحقق عبارة بوليانية(او الحسابية او علائقية ....الخ) ما يرفق كل خط ارتباط بتابع انتقال مشروط واحد مما يلغي تكرار خطوط الارتباط نفسها بين عقد المخطط Graph ،وبالتالي فهو مختزل ويبقى عدد خطوط الارتباط N فيه على حالها وبذلك يحافظ الأتومات على تنوع وقوة اللغة التي يمررها ، ويقلل بالتالي من زمن تمرير سلسلة محرفية ما ويزيد من فعالية عملية التحليل النحوي لعبارة الدخل. على ضوء ذلك يمكن للأتومات اللانهائي NFA وانطلاقاً من الوضع الأولي S الانتقال إلى احد مجموعة الأوضاع {A,B,.....Z} وعندما يكون محرف الدخل $\alpha \in \sum$ وذلك عند تحقق العلاقة البولیانية $r_{i=1\sim n}$، r_i الذي يحدد الوضع التالي للأتومات ويمكن التعبير عن ذلك وفق الآتي:

$$\delta_1 (s,\alpha, r_1)=\{A\} \quad , \quad r_1 : I=c_1 \& T=t_1$$

$$\delta_2(s,\alpha, r_2)=\{B\} \quad , \quad r_2 : I = c_2 \parallel T<t_2 \qquad (10)$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots$$

$$\delta_n(s,\alpha, r_n)=\{Z\} \quad , r_n : I = c_n \ \& \ T=t_n$$

إذ أنّ: I– طول المسار المسلوك. t_1, t_2, c_1, c_2 –ثوابت عددية محددة القيمة.

S –العنصر المنطلق.

$a \in \sum^*$– محرف الدخل أي أنّ الاتومات يستطيع وفق ذلك الانتقال من الوضع "S" إلى الوضع "A" إذا وفقط إذا كانت r_1=True وإذا لم تكن محققة r_1 =False يتم التحقق من العبارة الشرطية التالية r_2 هل هي محققة إذا كان الجواب بنعم يتم استخدام تابع انتقال العبارة الشرطية الثانية :

$$\delta_2(s,a, r_2)=\{B\} \qquad (11)$$

وعندما تكون العبارات r_1 & r_2 غير محققة يستمر البحث عن علاقة محققة $r_{i \ \overline{i=1\sim n}}$ ليتم استخدام تابع الانتقال المرتبط بها لتحديد الوضع التالي وليكن H وفي الوضع المنطلق الجديد(العقدة الأبن) H يتم التحقق من وجود عبارة شرطية محققة لتحديد الوضع التالي(العقدة الأبن) المنطلق الذي سيشغلها الأتومات وعندئذٍ يصبح الوضع الجديد(عقدة حفيدة) وليكن W هو الوضع الحالي المنطلق وتستمر هذه العملية طالما كانت العبارات الشرطية المناسبة محققة إذ يخصص كل تابع انتقال للأتومات بعبارة شرطية فريدة أي أنّ :

$$r_{1\neq} r_{2.....\neq} r_i \qquad (12)$$

تستخدم توابع الانتقال ذات العلاقات المحققة وذلك حتى الوصول إلى المحارف النهائية(الوريقات) Terminal التي لا يمكن أنّ تُستخدم لاشتقاق أي محرف آخر ونعبر عن ذلك بالعلاقة:

$$\delta (T,B)= \ \phi$$

إذ أنّ $T \in V_T$ وضع يقابله محرف نهائي ما(وريقة).

$B \in \sum^*$– محرف دخل ما.

وهذا يعني أنّ الأتومات الذي يشغل وضع يقابله محرف نهائي وليكن"T" ومهما كان محرف الدخل وليكن "B" فإن مجموعة الأوضاع التالية التي قد يشغلها الأتومات اللانهائي هي مجموعة خالية { ϕ}.

4. توابع الانتقال المشروط:

أنّ استخدام توابع الانتقال للأتومات المعتمدة أصلاً على أنواع النحو الشكلي الكلاسيكي تحد من إمكانية الانتقال إلى عدد كبير نسبياً من الأوضاع الثانوية وعند زيادة عدد محارف سلسلة الدخل فإن زمن التحليل النحوي(التعرف على السلسلة المحرفية التي تعكس مستوي الطالب) لها سيزداد بشكل أسي ويصعب معه كتابة برامج لتنفيذ عملية التحليل النحوي والذي يتطلب زمناً كبير وفي بعض الأحوال قد لا يتعرف الأتومات على سلسلة الدخل أصلاً وبالتالي تكون قد نفذت عدة عمليات انتقال عشوائية غير دقيقة وفي الغالب تؤدي لنتائج غير صحيحة وإضاعة المزيد من الوقت .

أنّ استخدام توابع الانتقال المشروطة لتحديد الوضع التالي للأتومات (العقدة الأبن) وباستخدام فكرة التوريث (الاستدعاء الذاتي) ايضاً يفتح آفاق جديدة أمام تركيب وتحليل نماذج معقدة لسلسلة الدخل وبالتالي تمرير لغات ضخمة جداً وباستخدام عدة توابع انتقال ويمكن تمييز **<u>الأنواع الرئيسية لسيناريوهات الانتقال المشروطة</u>**:

1 –تكرار زيارة العقدة نفسها(الاستدعاء الذاتي–التوريث RECURSION).

2–الانتقال (زيارة)إلى عقدة ابن ثانوية (قد تؤدي بدورها دور عقدة أب).

3–الانتقال إلى عقدة ابن نهائية (وريقة –عقدة عقيمة لا يمكنها أنّ تلعب دور عقدة أب).

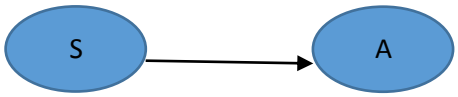
4–الانتقال لزيارة أية عقدة أب او أبن أو حفيدة ومن أية درجة قرابة كانت.

❖ حسب **<u>نوع انتقال الأتومات</u>** من وضع (عقدة) أب لأخرى نميز **<u>الأنواع التالية لتوابع الانتقال المشروط</u>** $\delta(,,,)$ وهي:

a) تابع الانتقال المباشر A=($S, a_1, r_{1,1}$) δ_i للأتومات T(A) من عقدة أب (جذر) ولتكن "S " (الوضع المنطلق)إلى عقدة ابن ولتكن "A" إذا وفقط إذا تحققت العبارة الشرطية المرفقة ولتكن i=1, j=1 $r_{1,1}$ (I=c_1&& T!=t_1) ومن أجل الدخل وليكن " a_1" (سلسلة محرفيه وقد تكون فارغة $\lambda = 0$).(شكل3)

t_1, c_1 –ثوابت عددية موجبة اختيارية

$\delta(S,\alpha_1,r_{1,1})$= {A}

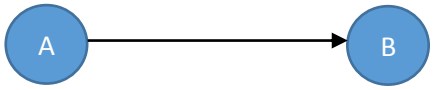


شكل(3).تابع الانتقال من عقدة جذر S إلى عقد ابن A

–تابع الانتقال B=($A, a_2, r_{2,1}$) δ_i للأتومات T(A) **من العقدة الأب ولتكن" A" إلى العقدة الحفيدة ولتكن "B**"إذا وفقط إذا تحققت العبارة الشرطية المرفقة بها ولتكن i=2,j=1, ($r_{2,1}$ (I=$c_{2,1}$ && T!=$t_{2,1}$) ومن أجل الدخل وليكن " a_2" (سلسلة محرفيه وقد تكون فارغة $\lambda = 0$).(شكل4)

ونعبر عن ذلك بالعلاقة التالية: {A} {B}

$t_{i,j}$, $c_{i,j}$, $\overline{i=1,n}\overline{j=1,m}$ –ثوابت عددية موجبة اختيارية.



شكل(4) تابع الانتقال للأتومات T(A) من العقدة الأب " A" إلى العقدة الابن "B"

– تابع الانتقال المشروط {B =} $\delta(S, a_1, r_{1,2})$ الذي يسمح بالانتقال من العقدة الجذر"S" إلى عقدة حفيدة ولتكن "B" (شكل 5)ومن أجل الدخل وليكن "a_1" إذا وفقط إذا تحققت العبارة الشرطية $r_{1,2}$ المرفقة بها المرفقة ولتكن $r_{1,2}$ ($i=1,j=2$, $r_{1,2}$ $(l=c_{1,2}$&& $T!=t_{1,2})$ ونعبر عن ذلك بالعلاقة الآتية: {B } {S}

–تابع الاستدعاء الذاتي Recursion $\delta(A, a_2, r_{2,2})$ ={A} (البقاء في الوضع نفسه لطالما كان شرط ما محققا") والذي يسمح بالبقاء وفي العقدة نفسها "A" ومن أجل الدخل وليكن " a_2" إذا وفقط إذا تحققت العبارة الشرطية المرفقة بها ولتكن ($i=2,j=2$, $r_{2,2}$ $(l=c_{2,2}$&& $T!=t_{2,2})$. ونعبر عن ذلك بالعلاقة الآتية: { A } {A}

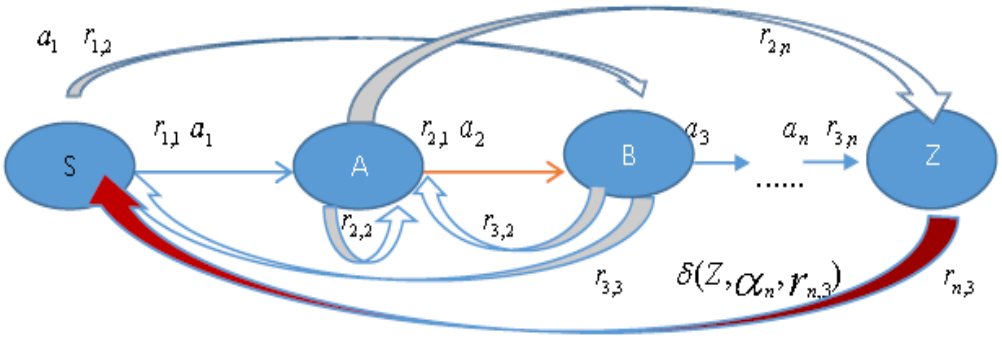
– تابع الانتقال المشروط { A =} $\delta(B, a_3, r_{3,2})$ الذي يسمح بالانتقال **من العقد الأبن السابق** ولتكن"B" إلى عقدة أب ولتكن "A" ومن أجل الدخل وليكن "a_3" إذا وفقط إذا تحققت العبارة الشرطية المرفقة بها ولتكن $r_{3,2}$ ($i=3, j=2$) $r_{3,2}$ $(l=c_{3,2}$ && $T!=t_{3,2})$ ونعبرعن ذلك بالعلاقة الآتية : { A } {B}

– تابع الانتقال { Z =} $\delta(A,a_3,r_{3,2})$ الذي يسمح بالانتقال من **العقدة الأب** ولتكن"A" إلى عقدة حفيدة ومن الدرجة n ولتكن "Z"ومن أجل الدخل وليكن "a_2" إذا وفقط إذا تحققت العبارة الشرطية المرفقة بها ولتكن $r_{2,n}$ ($i=2, j=n$) $r_{2,n}$ $(l=c_{2,n}$&& $T!=t_{2,n})$, ونعبر عن ذلك بالعلاقة التالية: { Z } {A}

– تابع الانتقال { S =} $\delta(B,a_n,r_{3,3})$ الذي يسمح بالانتقال من عقدة حفيدة ولتكن B إلى العقدة المنطلق(الجذر) S ومن أجل الدخل وليكن " a_3" إذا وفقط إذا تحققت العبارة الشرطية المرفقة بها ولتكن $r_{3,3}$ والمحددة كما يلي ($i=2,j=n$) , $r_{3,3}$ $(l=c_{3,3}$&& $T!=t_{2,n})$ ونعبر عن ذلك بالعلاقة التالية: { S } {B}

– تابع الانتقال { S =} $\delta(Z,a_3,r_{n,3})$ من العقدة الحفيدة ولتكن" Z" ومن الدرجة n إلى العقدة الجذر S ومن أجل الدخل وليكن "a_n" إذا وفقط إذا تحققت العبارة الشرطية المرفقة بها ولتكن $r_{n,3}$ وفق الآتي :

($i=n,j=3$) $r_{n,3}$ $(l=c_{n,3}$&& $T!=t_{n,3})$, ونعبر عن ذلك بالعلاقة التالية:{ S} {Z}



الشكل(5) مخطط الانتقال المشروط للأتومات T(A)

أنّ استخدام توابع الانتقال المشروط وباستخدام الاستدعاء الذاتي نتج عنه عدد محدود من مرات التنفيذ وذلك بربط كل عقدتين بخط ارتباط وحيد من أجل عبارة بوليانية مميزة ومن أجل عنصر دخل وحيد مما سمح بتحويل الأتومات(T(A من النوع اللانهائ NFA الى النوع النهائي DFA مع المحافظة على قوة اللغة التي يمكن أنّ يمررها الأتومات NFA,وبالإضافة لإلغاء الاستخدام العشوائي لتوابع الانتقال بين عقد المخطط Graph مما يلغي معه ضرورة الرجوع إلى الوراءBacktracking لعدم وجود انتقال خاطئ للأتومات مما يخفض زمن تحليل عبارة الدخل وهذه من أهم سمات النموذج المقترح, وكما نرى أنه لا يمكن تنفيذ أية عملية انتقال مكررة بين العقد ولا يوجد تماثل بالمسارات فكل مسار له مجموعة شروط فريدة (وقد تكون مجموعة خالية).

استخدام الأتومات النهائي NFA المختزل لتحسين مردود عملية التعليم المؤتمت

تعدَ أغلب أنظمة التعليم المؤتمت تعتبر خطية وإلى حدَ بعيد لأنهًا تعتمد على نقل الطالب من وضع ما لآخر ودون الأخذ بالحسبان بارامترات الطالب الحقيقية مثل نوع الطريق المسلوكة وآلية بلوغ الطالب الوضع الحالي غير آبهة ببارامترات الطالب الحقيقية وعدد مرات زيارة مستوي تعليمي ما او الزمن المستهلك في كل عقدة وفي كل مستوي من المستويات التعليمية المتاحة وبلوغ الطالب الوضع إذ أنّ: $\overline{i=1,n}\overline{j=1,m}$, $q_{i,j}$

i – رقم المستوى التعليمي .

j : رقم الوضع الذي قد يشغله الطالب.

وبالتالي فقد يكون القرار نقل الطالب من وضع لآخر بين وضمن المستويات التعليمية قرارا" خاطئا" يؤدي إلى زيادة زمن التعليم المؤتمت وبالتالي تقديم سيناريو محادثة غير مناسب ولا يعكس أصلاً مستوى الطالب وبالتالي لا يسمح بتقديم أنظمة تعليم مؤتمت ذات مردود مقبول.

وبغية الارتقاء لتصميم أنظمة تعليم مؤتمت ديناميكية يجب وقبل اتخاذ أي قرار بنقل الطالب من وضع لآخر أنّ تُدرس بارامترات الطالب وسلوكه خلال مسار المحادثة التعليمية المؤتمتة وتجنب النقل العشوائي للطالب مما يسمح معه باختصار زمن المحادثة التعليمية إذ يجب أنّ يُقدمً لكل طالب سيناريو محادثة يتناسب مع مستواه وهذا يؤدي لزيادة مردود التعليم المؤتمت وبفرض لدينا مجموعة من الأوضاع التي قد يشغلها الطالب ولتكن

$q_{i,j}$, $\overline{i=1,n}\overline{j=1,m}$ ممثَّلة بالمخطط graph (شكل 5)كالتالي:

وبالتالي فان الأتومات NFA المعدل يمكن تعريفه بخمسة عناصر: $A=(\sum, Q, \delta, q_0, F)$

$F=\{q_{1,n}, q_{2,n}, ..., q_{n,n}\}$ – مجموعة الأوضاع النهائية(الوريقات–leaves).

$Q=\{q_0, q_{1,1}, q_{2,n}, ..., q_{n,n}\}$– مجموعة نهائية من الأوضاع التي قد يشغلها الأتومات إذ $F \subseteq Q$.

$\delta=\delta_{i,j,k}$, $i=\overline{1,n}$,$j=\overline{1,n}$,$k=\overline{1,n}$ – مجموعة غير خالية نهائية لتوابع الانتقال المشروط.

إذ أنّ : i –رقم المستوى التعليمي ، j– رقم الخطوة التعليمية ،k– رقم المسار المحتمل سلوكه من قبل الطالب، q_0 –الوضع الأولي (المنطلق).

$\sum=\{A,B,C,..,Z,1,..,9\}$ مجموعة نهائية من محارف الدخل المحتملة (القاموس) والتي تعكس مستوى الطالب وفي مختلف العقد.

يعتمد التعليم المؤتمت على تحديد مستوي الطالب الاولي (شكل 6) إذ ينتقل من الوضع الأولي q_0 إلى الوضع التالي $q_{i+1,j}$ وذلك عندما يكون مستوى الطالب L_i الذي يمكن تقديره بتقييم وتتبع بعض

البارامترات مثل عدد الأجوبة الصحيحة والزمن المستهلك ...الخ وذلك ضمن حدود خطوة تعليمية ما (عدد من الوحدات التعليمية) وليس بالاعتماد على جوابه على سؤال واحد وقد تكون الإجابة الصحيحة او الخاطئة بمحض الصدفة وبالتالي يُنقل الطالب إلى مستوى أعلى أو أقل من مستواه الحقيقي وبشكل خاطئ مما يؤدي لزيادة زمن التعليم المؤتمت وبالتالي انخفاض مردود عملية التعليم وتجنباً لنقل الطالب من وضع لآخر عشوائياً تدرس آلية بلوغه الوضع الحالي (يمكن ادراج العدد المرغوب به من البارامترات والذي يحدده مؤلف النظام) في التعليم المؤتمت و يؤخذ بالحسبان سلوك الطالب منذ بداية التعليم المؤتمت ولغاية الوضع الحالي وللقيام بذلك يجب بناء نموذج الطالب X الذي يعكس جميع الأوضاع التي قد مر فيها ودرجته في كل وضع إذ يخصص كل وضع بمجموعة محارف ....A,B,C, إذ يعكس كل منها مستوى الطالب في هذا الوضع وفي نهاية كل خطوة يتم تقييم وضع الطالب ومنحه درجة بشكل محرفي مرفقة برقم الخطوة التعليمية.

فإذا تحققت العلاقة البوليانية r_1 =true والتي قد تمثل عدد الأجوبةالصحيحة N_{cor}،زمن الإجابة ،عدد مرات زيارة مستوي تعليمي ما ..الخ)إذ يستخدم تابع الانتقال المرفق وليكن $\delta(q_0,a_3,r_1)=\{q_{1,1}\}$

أي أنّ سيناريو المحادثة التالي سيبدأ بالعقدة $q_{1,1}$ من المستوى التعليمي التعليمي الأول(مستوى منخفض) وإذا كانتr_1 =false عندها يتم التحقق من صحة العبارات البوليانية r_2 , r_3 وانتهاء" بالعبارة r_n إذ أنّ :

$r_1 \neq r_2 \neq .. \neq r_n$– العلاقات البوليانية r_n لتوابع الانتقال المشروط للأتومات تبقى محققة دائما" وفي كل وضعية من مجموعة الأوضاع { $q_{1,1}$،.. $q_{1,n}$، $q_{2,1}$،.. $q_{2,n}$، $q_{n,1}$،..$q_{n,n}$ } Q={ التي قد يشغلها الأتومات واثناء تنفيذ التعليم المؤتمت وقد يصادف إحدى الحالات التالية:

a) **الاستمرار** في المستوى التعليمي نفسه فإن الأتوماتDFA سينتقل إلى الوضع التالي من المستوى التعليمي الأول–الثاني..نفسه المستوى التعليمي n على التقابل. وذلك وفق مجموعة توابع الانتقال الآتية:

{ $\delta_{1,2,1}$،{ $\delta_{1,1,1}$ ، $\delta_{2,1,1}$ ، $\delta_{2,2,1}$ ، $\delta_{2,n,1}$ ، $\delta_{n,1,1}$ }.

b) **الانتقال** إلى الوضع المقابل $q_{i,j}$ من المستوى التعليمي الحالي i إلى المستوى التعليمي i+1 وذلك وفق مجموعة توابع الانتقال

{ $\delta_{1,1,2}$ ، $\delta_{1,2,2}$ ، $\delta_{2,1,2}$ ، $\delta_{2,2,2}$ } التي ينتقل وفقها الأتومات من المستوى التعليمي الأول إلى الثاني ومن الثاني إلى الثالث ومن الثالث إلى الرابع وهكذا.

C) الانتقال من الوضع $q_{i,j}$ المستوى التعليمي الأعلى i إلى الوضع $q_{i,j}$ من المستوى التعليمي الأعلى "i" إلى المستوى التعليمي الادنى i−1 (حتى بلوغ المستوى التعليمي الأول) وفق مجموعة توابع الانتقال: $\delta_{n,2,2}$ ، $\delta_{n,1,3}$، $\delta_{2,2,3}$ ، $\delta_{2,1,3}$ التي ينتقل بموجبها الأتومات من المستوى التعليمي الثالث i=3 إلى المستوى التعليمي الثاني i=2 ومن المستوى التعليمي الثاني إلى المستوى التعليمي الأول على التقابل.

بفرض انه لا يوجد استدعاء ذاتي فان الانتقال من وضع إلى آخر يتم مع تجنب تكرار المرور بالعقد التي تم زيارتها سابقاً من المستوى التعليمي ا الأول ..... الثالث وهذا يفيد بتجنب إضاعة وقت الطالب في تقديم معلومات عُرضت له سابقاً وتجاوزها بنجاح إذا من الأفضل عدم المرور بها أي أنّ عدد العقد التي سوف تهمل زيارتها $N_{noVisit}$ وخلال ثلاث خطوات مثلاً من ثلاث مستويات تعليمية مختلفة للمادة التعليمية يمكن حسابه كالتالي:

$$N_{noVisit} = N_{totourLev} * Nver.tovisit \quad (13)$$

إذ أنّ:

$N_{totour.level}$ – عدد المستويات التعليمية ، *Nver.tovisit* –عدد العقد التي تم زيارتها.

تعكس المحارف التي خُصصت بها خطوط الارتباط كل منها مستوى الطالب وفي كل وضعية "i" قد يشغلها وتستخدم للتعبير عن مستوى الطالب في كل خطوة وبتعبير آخر كل وضعية مرحلية للأتومات تمثل خطوة تعليمية يقيَم في نهايتها مستوى كل طالب (شكل 6).

تستخدم عناصر المجموعة Σلتشكيل مجموعة سلاسل محرفية تبدأ من نهاية المستوى التعليمي الأولي (قد تكون إحدى الأوضاع التالية $\{q_{1,1},q_{1,2},q_{1,3}\}$ إذ ترقم الدرجات المحرفية برقم الخطوة التعليمية i=1..n وبذلك يُدوَن مستوى الطالب في الوضعية الحالية المشغولة آخذاً بالحسبان الأوضاع السابقة التي مر بها .

يبدأ التعليم المؤتمت بتقييم وضع الطالب في البداية إذ يكون نموذج الطالب المحرفي فارغاً " "=x (كونه لم ينفذ أي شيء بعد)وبعد الانتهاء من الإجابة على جميع الأسئلة تُقيَم بارامتراته فإن كانت تتناسب مع المستوى التعليمي الأول (المتدني) فإن الدرجة التي سينالها ستدون في نموذج الطالب الحالي ولتكن "X_{now}="A أي أنّ نموذج الطالب هو $X= X_{now}$ أي أنّ "X="A النموذج المحرفي للطالب X يرسل إلى مدخل اتوماتونات التحكم $T(A_i)$ إذ يحدد انتمائه لإحدى اللغات التي تمررها هذه الأتوماتونات فإذا مررها $\overline{i=1,n}$ T(Ai), أي أنه إذا تحققت العلاقة الاتية $X\in T(A_i), \overline{i=1,n}$ ف المستوى التعليمي التالي للمحادثة هو المستوى التعليمي i وبنفس الآلية يُقيَم مجموعة من الوحدات التعليمية (الوحدة التعليمية تتألف من مجموعة من نصوص الشرح ومجموعة من الأسئلة الخاصة بها و الأجوبة الصحيحة والتعليقات على الأجوبة صح أو خطأ) وبناء على مستوى الطالب وضمن هذه الخطوة من المستوى التعليمي التعليمي المحدد يتم تقييم مستواه الحالي وليكن "X_{now}= H_1 ") وبعدئذٍ يُحدث نموذج الطالب فيصبح $X= X_{now}$ أي أنّ"X="AH1 ومن جديد يدخل النموذج هذا إلى مدخل الأتوماتونات المختزلة $\overline{i=1,n}$ T(Ai), لتحديد المستوى التعليمي التالي للمحادثة وبفرض أنّ درجة الطالب "H" أي أنّ الأتومات سينتقل بموجبه الأتومات الوضعية $q_{2,2}$ (المستوى التعليمي الثاني)إلى الوضعية $q_{3,2}$ (المستوى التعليمي الثالث)إذا يقرر الأتومات الانتقال إلى المستوى التعليمي الثالث إذ تستمر العملية التعليمية حتى بلوغ أحد مجموعة الأوضاع النهائية مثل { $q_{1,3}$ ، $q_{2,3}$ ، $q_{n,n}$ } وبهذه الآلية يمكن تدوين جميع الأوضاع التي مر بها الطالب كماً و كيفاً مما يسمح معه بتحقيق تلاؤم العملية التعليمية مع كل طالب وبشكل مستقل.

مجموعة المحارف{ A_i ، B_i ، C_i }تشير إلى إمكانية الانتقال إلى الوضعية $q_{i-1,j}$ من المستوى التعليمي الأدنى i−1.

{ Z_1, Z_2, Z_5, Z_7} – تشير إلى المستوى التعليمي المتدني في المستوى التعليمي الثالث وضرورة نقل المحادثة التعليمية إلى المستوى التعليمي

لنفرض أنّ قاعدة البيانات مؤلفة من 3مستويات مختلفة (من إذ درجة الصعوبة وصياغة الأسئلة ..الخ)وأن عدد الأوضاع التي يمكن نقل الطالب فيها من وضع لآخر هي ثلاث وفي كل مستوى وعلى الشكل الآتي:

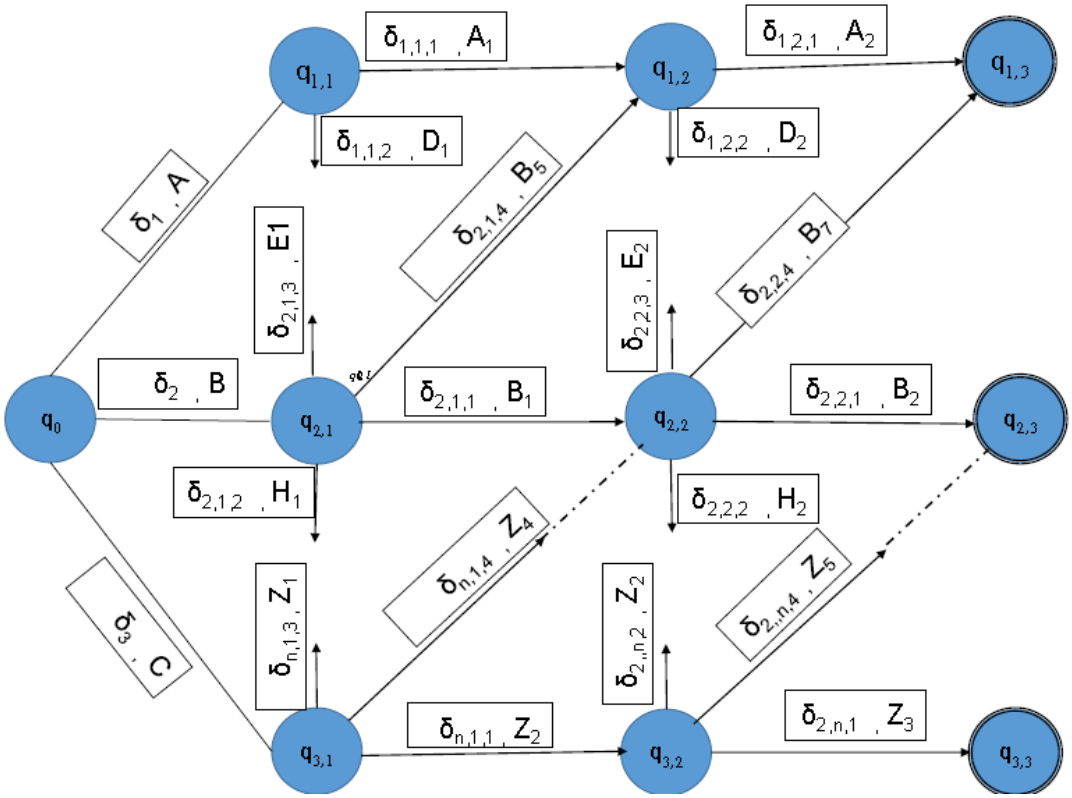
$$Q=\{q_{1,1}, q_{1,2}, q_{1,3}\ q_{2,1}, q_{2,2}, q_{2,3}, q_{3,1}, q_{3,2}, q_{3,3}\}$$

ولنفرض أنّ مجموعة الأوضاع النهائية F محددة كالتالي $F=\{q_{3,1}, q_{3,2}, q_{3,3}\}$ ولنفرض أنّ الأسهم تشير إلى المسارات الممكنة بين الأوضاع وسندرس حالتين :

1) عدم استخدام فكرة التوريث (الاستدعاء الذاتي).

2) استخدام الاستدعاء الذاتي ولمرة واحدة وفي كل وضعية للأتومات ما عدا الوضعية المنطلق.

-عند اجتياز الطالب وبشكل جيد لوضع ما $q_{i,j}$ يجب نقله إلى وضع جديد وليكن $q_{i+1,j}$ من المستوى التعليمي الأعلى إذ يقييم الطالب فإذا كان مستواه منخفض يجب استبعاد نقله إلى نفس الوضع $q_{i,j}$ كونه قد اجتازه بنجاح وبذلك نختصر زمن المحادثة ويزداد مردود المحادثة ويقابل ذلك الأسهم ذات مجموعة درجات الطالب الآتية: $A_2\ A_3\ \{C_2, C_3, B_2, B_3, \}$.



شكل(6).اتومات ذو 3 مستويات

-يُقيِّم مستوى الطالب وباستخدام مجموعة المحارف وفق الآتي:

$\{A_1,A_2\},\{B_1,B_2\},\{W_1,W_2\}$ – للتعبير عن المستوى التعليمي الوسط للطالب في المستويات التعليمية الأول والثاني والثالث على التقابل(وعند الخطوات التعليمية $i=\overline{1,2}$ إذ تستمر العملية التعليمية بالمستوى التعليمي الحالي نفسه).

$\{B_5,B_7\}$ – ترمز إلى المستوى التعليمي المتدني للطالب في المستوى التعليمي الثاني وحيث يجب نقله إلى مستوى أدنى (الأول).

{F_5,F_7} –ترمز مجموعة المحارف إلى المستوى التعليمي المتدني للطالب في المستوى التعليمي الثالث إذ يجب نقله إلى مستوى أدنى (الثاني).

بفرض أنه لا يمكن الرجوع إلى الوراء و المستوى التعليمي نفسه وبدلاً من ذلك يجب نقل الطالب إلى المستوى التعليمي الأدنى وصولاً إلى المستوى التعليمي الأول الذي يستمر فيه حتى النهاية (في أسوء الأحوال) وقد ينتقل إلى مستويات أعلى وذلك تبعاً لمستواه المتجدد.

أثناء تنفيذ المحادثة التعليمية المؤتمتة نميز عدة سيناريوهات للمحادثة تعكس نقل الطالب بين مختلف الأوضاع التعليمية لنستعرض أهم السيناريوهات.

1) سيناريو اختيار مستوى تعليمي ما إذ أنّ عدد العقد $N_{v.shortcut}$ المستبعدة من قائمة الزيارات يعطى بالعلاقة الآتية:

$$N_{v.shortcut} = N_{Global} - N_{visited} = 9-3=6$$

إذ أنّ: N_{Global} – العدد الإجمالي للعقد ، $N_{visited}$ –عدد العقد التي تم زيارتها

وبالتالي فإن عدد توابع الانتقال المستخدمة لنقل الطالب وضمن حدود المستوى التعليمي ذاته: $p_{sep.lev} = 3$

وهذا يعني أنّ عدد توابع الانتقال المختزلة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$p_{p.shortcut} = p_{tota} - p_{p.sep.lev} = 21-3=18$$

p_{Total} – العدد الكلي لتوابع الانتقال الممكن استخدامها.

2) المحادثة التعليمية تبدأ ب المستوى التعليمي **الأول أو الثاني** ويتابع الطالب المحادثة في المستوى التعليمي التالي حتى النهاية فيكون عدد توابع الانتقال للأوضاع التي يمكن أنّ يجتازها الطالب: $p_{1or3}=4$ وبالتالي فإن عدد توابع الانتقال المختزلة $p_{p.shortcut_{1-2}}$ يعطى بالعلاقة الآتية:

$$p_{p.shortcut_{1-2}} = p_{p.shortcut_{2-3}} = p_{path} - p_{p.1-2} = 21-4=17$$

3) المحادثة التعليمة تبدأ ب المستوى التعليمي **الأول** وتستمر في المستوى **الثاني** إذ يتم الانتقال إلى المستوى التعليمي الثالث والمتابعة فيه حتى النهاية وبالتالي فإن عدد توابع الانتقال للأوضاع التي سيجتازها الطالب:

4) $p_{p1-2-3} = 5$

ويكون عدد توابع الانتقال المختزلة $p_{p.shortcut_{1-2-3}}$ يعطى بالعلاقة الآتية:

$$p_{p.shortcut_{1-2-3}} = p_{path} - p_{p1-2-3} = 21-5=16$$

لنفرض أنّ T_i زمن زيارة عقدة ما وفق مسار ما فإن الزمن الاعظمي $T_{\max}$ الذي قد يستغرقه الطالب مروراً بجميع العقد وفق طرق التعليم المؤتمت الخطي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$T_{\max} = p_{path} * T_i = 21 * T_i$$

إذا كان العدد الأعظمي $p_{path.\max}$ لتوابع الانتقال المشروط فإن الزمن الكلي الأعظمي للانتقال المشروط $T_{con.\max}$ في حالتنا يعطى بالعلاقة الآتية:

$$T_{con.\max} = p_{path.\max} * T_i = 5 * T_i$$

وهذا يعني أنّ نسبة الربح θ_{allLev} في اختصار الزمن الذي يستغرقه الطالب لبلوغ نهاية المحادثة التعليمية (كما في حالتنا $q_{3,3}$) يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\theta_{allLev} = \frac{T_{con.\max}}{T_{\max}} = \frac{5 * T_i}{21 * T_i} = 0.238$$

دعنا نحسب قيمة اختصار الزمن الذي قد يستغرقه الطالب مروراً بمستوى تعليمي واحد T_{oneLev} الذي يعطي بالعلاقة الآتية:

$T_{oneLev} = p_{onePath} * T_i = 2 * T_i$ ، حيث $p_{onePath} = 2$ ولأي مستوى تعليمي.

وبالتالي فإن الربح $\theta_{one.path}$ باختصار عدد توابع الانتقال يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\theta_{onePath} = \frac{p_{onePath}}{p_{pM\max Rec}} = \frac{2T_i}{21T_i} = 0.0952$$

2)يوجد **<u>استدعاء ذاتي</u>** ولمرة واحدة في كل عقدة $N_{\mathrm{Rec}} = 1$ أي أنّ عدد العقد $p_{pTotalRec}$ التي يتكرر زيارتها من أجل ثلاث مستويات (في كل مستو يوجد عقدتين وعقدة نهائية واحدة) يعطى بالعلاقة الآتية:

$$p_{pTotalRec} = p_{LEV} * p_{VER} + p_{rec} = 3 * 2 + 6 = 12$$

p_{LEV} –عدد المستويات التعليمية ، p_{VER} – عدد العقد ، p_{rec} –عدد العقد في حال وجود استدعاء ذاتي.

ويصبح العدد الإجمالي $p_{globalWithRec}$ لتوابع الانتقال الممكن اجتيازها يعطى بالعلاقة الآتية:

$$p_{globalWithRec} = p_{global} + p_{total.rec} = 21 + 12 = 33$$

p_{global} – العدد الإجمالي لتوابع الانتقال المستخدمة ، $p_{total.rec}$ –عدد توابع الانتقال الكلي مع وجود استدعاء ذاتي.

أنّ استخدام العبارات البوليانية لتوابع الانتقال سيتيح بلوغ العقدة النهائية و يعطى عدد توابع الانتقال $P_{pathWithRec}$ الاعظمي في هذه الحالة بالعلاقة الآتية:

$$P_{pathWithRec} = p_{\max} + p_{totalRec} = 5 + 6 = 11$$

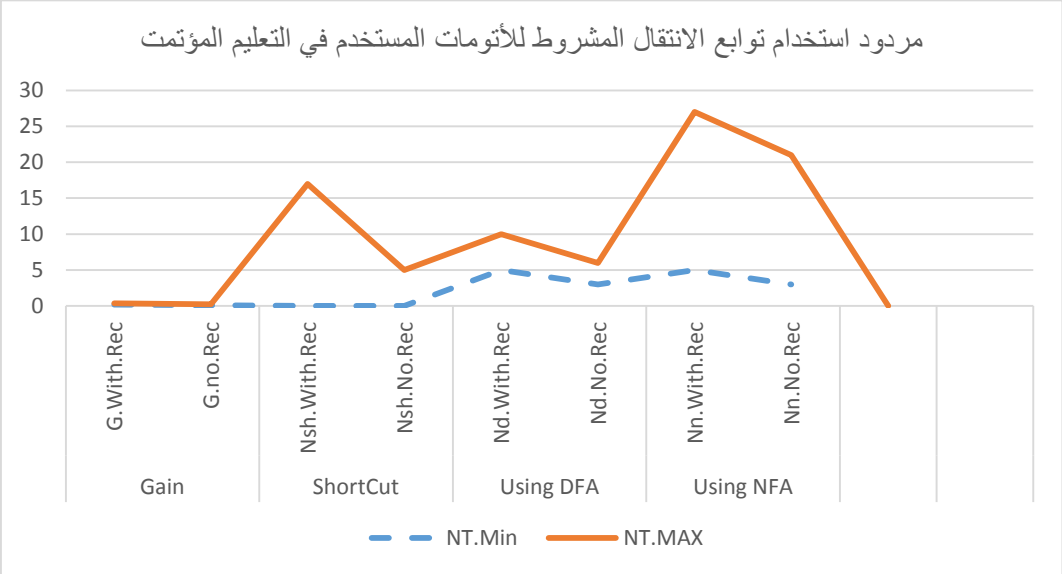
أي أنه نسبة اختزال توابع الانتقال بين مختلف الأوضاع $\theta_{\max WithRec}$ يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\theta_{\max WithRec} = P_{pathWithRec} / P_{globalWithRec} = 11/33 = 1/3 = 33\%$$

ومن الواضح كلما زاد عدد مرات الاستدعاء الذاتي في العقد يتم زيادة العدد الإجمالي لتوابع الانتقال الممكنة (بين مختلف الأوضاع ولمختلف المستويات التعليمية) وبشكل أسي مما يحد من استخدام فكرة الاستدعاء الذاتي إلا أنّ استخدام العبارات البوليانية المرفقة بتوابع الانتقال المشروطة تجعل استخدام الاستدعاء الذاتي أمراً جيداً. نلخص هذه النتائج بالجدول TAB1.

TAB1.الربح عند استخدام توابع الانتقال عند وجود /عدم وجود استدعاء ذاتي في حالتي NFA&DFA

	Using NFA		Using DFA		ShortCut		Gain	
	$N_{n.No.Rec}$	$N_{n.With.Rec}$	$N_{d.No.Rec}$	$N_{d.With.Rec}$	$N_{sh.No.Rec}$	$N_{sh.With.Rec}$	$G_{.no.Rec}$	$G_{.With.Rec}$
$N_{T.Min}$	3	5	3	5	0	0	3/27=0.111	5/27=0.185
$N_{T.Max}$	21	27	6	10	5	17	6/27=0.222	10/27=0.370



شكل.7.مردود استخدام توابع الانتقال

4.الاستنتاجات والتوصيات

من الشكل(7) السابق يتبين أنّ الأتومات ومن النوع NFA حافظ على قوة وضخامة اللغة التي يمررها مع التخلص من معظم العيوب ويتميز بما يلي:

-لا وجود لحالات عدم التعيين وهذا يزيد من وثوقية استخدام هكذا أتومات في عمليات التحكم.

- اختصار زمن التعليم وذلك للتلاؤم مع كل طالب بشكل منفرد فكلاً منهم يُقدم المستوي التعليمي المناسب.

- دراسة أسباب بلوغ الطالب هذه الحالة دون سواها والتنبؤ بالسيناريو التالي الأفضل للمحادثة.

- سمح تقسيم المادة التعليمية بتقديم عدة سيناريوهات تعليمية متفاوتة المستوى التعليمي.

- سمح استخدام محارف متنوعة للتعبير عن نفس مستو الطالب وفي عدة مستويات معه بالتكيف مع مختلف مستويات الطلاب.

- يتيح بناء نماذج مستقلة لكل طالب تعكس حالته وفي جميع العقد التي مر بها إمكانية التنبؤ بالمسار الأفضل وبالتالي زيادة مردود التعليم المؤتمت.

المراجع العلميةReferences–

1.Simon Thompson, using Miranda, Regular Expressions and Automat. Computing Laboratory University of Kent at Canterbury, 1995.

2. jiang D C, Li W. The verification of conversion algorithms between finite automata. Sci China Inf Sci, 2018, 61(2): 028101, doi: 10.1007/s11432-017-9155-x

3.Finite automata theory and formal language http://www.cse.schalmers.se/edu/ course/TMV027.

4. Chengcheng Xu, Jinshu Su, Shuhui Chen. College of Compute National University of Defense Technology Changsha,China,410073xuchengcheng@nudt.

edu.cn (2018)Association for Computing Machinery.

5. NFA to DFA conversion and regular expressions CSCI 3130 Formal Languages and Automata Theory Siu On CHAN Chinese University of Hong Kong Fall 2017.

6.AlfredV.Aho, MonicaS.Lam,Jeffrey.D.Ullman.Compilers principles, techniques& tools, Pearson-Addison Wesley, 2007.

7.Dayoub.y, Predictive adaptive dynamic object's traversals control, Tartous, Volume3 N:6 2019.

8.Dayoub.y, Predictive adaptive dynamic object's traversals control, Tartous, Volume3 N:6 2019.

9. Dayoub.y, Converting non-free-context indexed production rules in programmed formal grammar into free-context type Tartous,Volume4 N:5 2020.