

الباب السابع

تعلم الأنظمة اللغوية في النظرية التفاضلية

1-7 المقدمة

يقول الادعاء الذي طرحه النظرية التوليدية بأن الأنظمة اللغوية في اللغات الفردية ما هي إلا صور مختلفة لموضوع واحد، وهو ذلك المتعلق بالنظام اللغوي الكوني. والفرضية هي أن هذا النظام اللغوي الكوني يعتبر فطرياً بدلاً من كونه مكتسباً، وعليه فهو يحدد مدى الاحتمالات التي يمكن أن تظهر فيها مختلف اللغات الطبيعية. ومن هذا المنطلق تتأتى الأهمية الحاسمة للربط بين دراسة اكتساب اللغة الأولى ودراسة اللغة الطبيعية، لما قد يقدمه ذلك من رؤية واضحة لخصائص النظام اللغوي الكوني، الأمر الذي سينعكس إيجابياً على فهم أغوار القدرة اللغوية لدى الإنسان. والمسألة المحورية في مجال دراسة اللغة الأولى هي: كيف يمكن لمبادئ النظام اللغوي الكوني أن تحدد عملية الاكتساب؟

لقد تم في دراسات سابقة تناول هذه المسألة لاكتساب اللغة من زوايا مختلفة وبأساليب متعددة. فقد قام بعض الباحثون بدراسة معطيات أخذت من لغة الأطفال، بينما فضل البعض الآخر دراسة الشروط الأساسية الواجب توافرها في نظام لغوي ما لجعله قابلاً للتعلم. فنجد أن أحد حقول البحث الاستقصائي يعتمد على مبدأ جمع المعلومات من "حديث" الأطفال، في شكل متون (مواد معلوماتية لغرض البحث اللغوي) جمعت لحديث عفوي، أو استنبطت عن طريق أساليب اختبارية. بحيث يقوم الباحثون بدراسة هذه المعلومات وربطها المباشر مع الادعاءات المطروحة بخصوص النظام اللغوي الكوني، كمحاولة لترسيخ الخصائص ذات العلاقة للنظام اللغوي الكوني والتي تقوم بدور الإرشاد للطفل أثناء عملية اكتسابه للنظام اللغوي الهدف (Nouveau 1994, Demuth 1995, Gnanadesikan 1995, Goad 1997).

أما بالنسبة للحقل الثاني من البحث الاستقصائي، والذي سنوليه حقيقة الاهتمام الأكبر في هذا الباب، هو موضوع *الاكتسابية*. وتكمن المسألة المحورية هنا في تحديد ماهية الخصائص المنهجية ذات الوجود المستقل للنظام اللغوي الكوني والتي يمكن من خلالها تحقيق اكتسابية الأنظمة للغات الفردية. ومن هذا المنطلق، نجد أن النظرية التفاضلية تطرح عدداً من الافتراضات بالنسبة للنظام اللغوي الكوني والتي تعتبر في جوهرها مختلفة تماماً عن النماذج الأخرى، وتحديداً *نظرية المبادئ والنطاقات* (Wexler and Culicover 1980, Hymas 1986, Drescher and Kaye 1990)، والتي تحدد مهمة المتعلم في تحديد القيم لقائمة متوفرة كونياً من الخيارات الثنائية، والتي تقابل كل واحدة منها أحد الخصائص الغير منتهكة للنظام

اللغوي الهدف. ولكن بالمقابل نجد أن النظرية التفاضلية تفترض أن النظام اللغوي الكوني هو الذي يعرف قائمة من القيود الكونية المنتهكة، وكذلك تلك المبادئ التي تحكم عملية تفاعلها. فاللغات الفردية تختلف من خلال بعد القيود وترتيبها (بالإضافة إلى أنها تختلف في مجموعات المفرداتية). فإذا كانت الأنظمة اللغوية، بالمقام الأول، تعتبر مجموعة من الترتيبات لبعض القيود الكونية، فإن اكتساب لغة ما يجب أن يشتمل على اكتساب تسلسلية مخصصة-لغوياً لهذه القيود الكونية. ولتعلم اللغة علاقة مباشرة وحصرية بالصيغ المخرجة للغة الهدف، وهو مطالب باستنباط كل المعلومات اللازمة لعملية التعلم من هذه المخرجات ليتمكن في النهاية من تحديد الضروريات الواجب توافرها لترتيب كل القيود بطريقة تساهم في تحقق ظهور تلك المخرجات. فما هي الإستراتيجيات التي يمكن لمتعلم اللغة أن يستخدمها لتحقيق هذه المهمة بنجاح؟ وما الذي يضمن أن الطفل سوف يصل في النهاية إلى النظام اللغوي المطلوب إذا ما استخدم هذه العملية التي تعتمد على ترتيب وإعادة ترتيب القيود؟ فهذه الأسئلة، وأسئلة أخرى مشابهة، ستكون مركز اهتمامنا في هذا الباب.

وقد تم ترتيب هذا الباب كما يلي. سنركز في الفصل 2-7 على مسألة قابلية تعلم الأنظمة اللغوية في النظرية التفاضلية. فلو كان الإدعاء أن اللغات تختلف أساساً في ترتيباتها للقيود، فهل يمكن إثبات أن المتعلم يمكن له حقيقة أن يستنتج الترتيب الصحيح بناء على المعطيات المتوفرة لديه في المخرجات؟ الأمر الذي سيدعونا لنقاش خارزمية تعليمية (محاولة لحوسبة عملية التعلم) طورها Tesar and Smolensky (1993)، والتي قد ساعدت في التوصل إلى إجابة إيجابية على التساؤل أعلاه. وسوف نشاهد كيفية أداء هذه الخارزمية في الفصل 3-7. أما في الفصل 4-7، فسوف نناقش سمات عملية اكتساب اللغة التي لم يتم إدراجها في هذا النموذج حتى الآن، وسوف نلخص لبعض المحاولات لإدراجها. وفي الختام، سنقدم في الفصل 5-7 تصوراً مبدئياً لمدخل يتبنى هذه الخارزمية لمحاولة تحليل التعقيدات التي قد تتضمنها عملية تعلم "التناوبات" الفونولوجية.

2-7 تعلم ترتيب القيود

2-7-2 تعريف المشكلة

سيكون السؤال المحدد الذي سنطرحه في هذا الفصل هو: إذا ما أخذنا في الاعتبار توافر قائمة من الصيغ السطحية المأخوذة من اللغة الهدف، وكذلك توافر قائمة من القيود الكونية، فهل من الممكن لمتعلم اللغة أن يتوصل إلى الترتيب الصحيح للقيود المفعلة في اللغة الهدف؟ وإذا كان

هذا صحيحاً، فما هي الإستراتيجيات التي يستخدمها المتعلم لاكتشاف ذلك الترتيب المناسب لهذه اللغة؟ وللإجابة على مثل هذه التساؤلات، سوف نناقش مدخلاً لمسألة قابلية تعلم الأنظمة اللغوية للنظرية التفاضلية والذي قاما على تطوره Tesar and Smolensky (1993). سنلاحظ كيف أن خارزمية التعلم في هذا المقترح ستلعب دور نموذج لمتعلم اللغة، حيث أنها ستكلف بمهمة إنشاء تسلسلية من القيود للغة ما بناء على المعطيات التي تقدمها الصيغ/المخرجة لهذه اللغة. وتعتبر نتائج هذه الخارزمية إيجابية، من منطلق أنه يمكن فعلاً استنباط ترتيبات القيود بالنظر إلى ما يربط مدخلاً ما بمخرجه. وتعتبر هذه النتيجة ذات أهمية بالغة بالنسبة للإدعاء القائل بأن الأنظمة اللغوية هي في أساسها تسلسليات محددة-لغوية للقوانين الكونية.

2-2-7 خارزمية هيمنة القيود: الأفكار الأساسية

تبين هذه الخارزمية التي يقدمها Tesar and Smolensky أنه من الممكن استنباط ترتيبات القيود بالرجوع إلى الصيغ المخرجة زائداً قائمة من القيود الكونية. وتفترض الخارزمية بأن يكون المدخل (أي تلك الصيغة التي تم اشتقاق المخرج المثبت منها) معطى. وبالإضافة إلى ذلك فإن الخارزمية تفترض أيضاً أن يكون المخرج عبارة عن تمثيل مركب (مبنى) لغوياً، بدلاً من كونه صيغة صوتية خام. وكلا هذين الافتراضين يمثلان مثالين لوضعيات التعلم الحقيقية (التي يجب على المتعلم أثباتها أن يستنبط المدخلات، حيث أن المخرجات تكون صيغ سمعية خام). وباستخدام خارزمية تعلم أكثر تطوراً، سنجد أن الحاجة لمثل هذه التوضيحات المثالية تتلاشى. سوف نناقش العديد من الاحتمالات لكيفية تحقيق ذلك في الفصلين 4-7 و 5-7.

تعتمد خارزمية Tesar and Smolensky على فكرة قد سبق وأن فعلناها، ولو بشكل ضمني، لمرات عديدة قبل ذلك في هذا الكتاب. وتتلخص في أنه يمكن استنباط المعلومات المتعلقة بترتيب القيود من تلك الحالات التي ينتهك فيها المرشح الأفضل بعض القيود (بدلاً من كون ذلك من حالات موافقته لها). وتتلخص الفكرة الرئيسية هنا في أن القيود التي تنتهك في المخرج الأفضل يجب أن توضع في مرتبة تهيمن عليها بعض القيود الأخرى. ولتحديد تلك القيود ذات العلاقة، والتي تحتل مرتبة مهيمنة، نجد أن الخارزمية تعتمد إلى مقارنة المخرج المثبت بعدد من المرشحات الأخرى (الأدنى أفضلية). فلكل زوج مكون من المخرج المثبت وأحد الصيغ المرشحة الأدنى أفضلية، تدرج الخارزمية قائمة من القيود التي ينتهكها أحد هذين الزوجين، في الوقت الذي يوافقها الآخر، والعكس بالعكس. من هذه المقارنة "المنقطة"، ستتمكن الخارزمية من استنباط تسلسلية القيود القادرة على الجمع بين الصيغة المثبتة (على أنها المخرج الأفضل) وأحد المدخلات. وبهذه الطريقة سنتمكن من تحقيق

الاستفادة القصوى من المعلومات التي يقدمها المصدر الأوحـد للدلائل الإيجابية: وأقصد بذلك الصيغ المخرجة.

والمبدأ المركزي الذي تعتمد عليه الخارزمية في التطبيق هو "هيمنة القيود". حيث أن الوضعية المبدئية للخارزمية لا يظهر فيها أي ترتيب بين القيود. أي أن كل القيود في هذه المرحلة تكون غير مهيمن عليها. أنظر (1):

(1) الوضعية المبدئية لتسلسلية القيود

{ق₁، ق₂، ق₃، ... ق_ن}

وابتداء من هذه الوضعية المبدئية الغير مرتبة، تبدأ الخارزمية تدريجياً بتطوير التسلسلية وذلك عن طريق ترتيب القيود. ولا يسمح بالترتيب إلا في ظل تواجد الدلائل الإيجابية في شكل انتهاكات القيود التي تظهر في المخرج الأفضل. وسيشتمل الترتيب دائماً على حالات لتخفيض درجة أحد القيود (بدلاً من ترفيتها) بالمقارنة مع قيد آخر. ولكن هذا التخفيض سيكون في حده الأدنى باعتبار أنه يتم وضع أحد القيود في مرتبة تكون مباشرة أدنى من ذلك القيد الأعلى-ترتيباً الذي يتسبب في انتهاك الأول في المخرج الأفضل. والآن أنظر إلى (2) أدناه حيث يشار إلى القيود بالرمز ق زائداً الرمز السفلي:

(2) اخفض ق₂ أدنى من ق₄ اخفض ق₃ أدنى من ق₄ اخفض ق₁ أدنى من ق₃

ق₃

{ق₁ ... ق₃، ق₄، ... ق_ن} {ق₁ ... ق₄ ... ق_ن} {ق₄ ... ق_ن}

<<

<<

<<

{ق₂، ق₃}

{ق₂، ق₃}

{ق₂}

{ق₁}

يتضح أنه لا توجد أي علاقات ترتيبية بين القيود في القوائم أعلاه. ويطلق على مثل هذه القوائم من القيود مسمى طبقة. ويكن أن لا تحتوي الطبقة إلا على قيد واحد، كما يتضح من الطبقة {ق₂} في التسلسلية والتي تظهر بعد خفض هذا القيد. والتسلسلية المحتوية على (طبقة أو أكثر) تدعى تسلسلية متطابقة (مكونة من طبقات).

(3) تسلسلية متطابقة

{ق₁ ... ق_n}

<<

{ق_{n+1} ... ق_m}

<<

...

{ق_{m+1} ... ق_r}

من المهم أن نضع في اعتبارنا أن التسلسليات المتطابقة التي تظهر أثناء تقدم الخارزمية هي في الحقيقة *افتراضية*. ففي كل لحظة أثناء عملية التعلم، نجد أن التسلسليات المتطابقة تمثل قدر المعرفة *الحالية* التي تمكن المتعلم في تلك اللحظة من اكتسابها (تراكمياً) عن تفاعلات القيود الكامنة تحت ترشيح أحد الصيغ المخرجة المعطاة. وتتصف هذه المعرفة بالديناميكية، كونها تخضع لحالة تغيير مستمرة أثناء معالجة الخارزمية للمعلومات المأخوذة من الصيغ المخرجة. وبعد الانتهاء من عملية "استخلاص" كل المعلومات من أحد الصيغ المخرجة في شكل ترتيبات، يمكن القول بأن التسلسلية الحالية تتطابق تماماً وتسلسلية النظام اللغوي الهدف. ولكن من الممكن أيضاً أن لا تكون التسلسلية قد حققت الكمال التام، الأمر الذي يعني أن هناك قيد أو أكثر لم يتم وضعها في مواقعها المناسبة. ولكن قد تظهر بعض الدلائل الحاسمة المطلوبة لإكمال التسلسلية في صيغ مخرجة "جديدة"، والتي لم تفرغ الخارزمية بعد لدراستها. وفي هذه الحالة، لن يستطيع المتعلم التأكد من أن عملية الاكتساب قد انتهت بعد أي صيغة مخرجة. ولكن الدور الذي ستلعبه أي صيغة مخرجة جديدة يواجهها المتعلم قد ينحصر في كونها ستساهم في تهذيب التسلسلية القائمة، بدلاً من كونها ستقدم تعريفاً جديداً كلياً لها. وذلك لأن الفرضية تقول أن كل الصيغ المخرجة في اللغة الهدف تعكس، وبشكل دائم، تسلسلية قيود واحدة.

وننتوجه الآن لتوضيح يبين كيفية عمل خارزمية Tesar and Smolensky.

3-7 تعلم النظام اللغوي للنبرة في لغة Pintupi

1-3-7 النظام اللغوي الهدف

مشكلة التعلم التي يجب أن نوجد لها حلاً هي: أن نستنبط ترتيب القيود الصحيح الذي بمقدوره أن يتنبأ بنمط النبرة في هذه اللغة الأسترالية (Pintupi Hansen and Hansen, 1969, Hayes 1995). تذكر من الباب الرابع (الفصل 4-4-1) أن للكلمات في لغة Pintupi نبرة رئيسية

بدئية، ونبرة ثانوية تظهر بعد ذلك بطريقة تناوبية على كل المقاطع الكلمية فردية الترتيب. كما أن المقاطع الكلمية الختامية تكون دائماً غير منبورة. في (4) أدناه، سنجد مثلاً لكلمة خماسية المقاطع الكلمية مقطعة عروضياً:

(4) (pú.lɪŋ).(ka.là).tʰu "نحن (جلسنا) على التل"

يعود هذا النمط في لغة Pintupi لتفاعل قيود عروضية كونية ومنتبكة، نذكر من بينها الستة قيود التالية (مأخوذة من الباب الرابع، الفصل 4-4-1، والفصل 4-4-3):

- (5) أ. **تقطيعة-ثنائية**
تكون التقطيعات النبرية ثنائية من خلال تحليلها المجتزئي أو النبري.
ب. **وزع-مقطع**
يجب توزيع المقاطع الكلمية على التقطيعات النبرية.
ج. **أقصى-يسار**
اصطفافية (رأس-تقطيعة، يسرى، كل تط، يسرى) "تكون التقطيعات النبرية الأساسية بدئية في الكلمة التطريزية."
د. **أقصى-يمين**
اصطفافية (رأس-تقطيعة، يمنى، كل تط، يمنى) "تكون التقطيعات النبرية الأساسية ختامية في الكلمة التطريزية."
هـ. **كل-تقطيعة-يسرى**
اصطفافية (تقطيعة، يسرى، كل تط، يسرى) "تكون التقطيعات النبرية بدئية في الكلمة التطريزية."
و. **كل-تقطيعة-ينمى**
اصطفافية (تقطيعة، ينمى، كل تط، ينمى) "تكون التقطيعات النبرية ختامية في الكلمة التطريزية."

ونجد أن النظام اللغوي في لغة Pintupi يرتب هذه القيود بالطريقة التالية (ويعرف الترميز أربع طبقات في التسلسلية):

(6) جزئية من النظام اللغوي في لغة Pintupi

{نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار}

<<

{وزع-مقطع، أقصى-يمين}

<<

{كل-نقطيعة-يسرى}

<<

{كل-نقطيعة-يمنى}

ولكي تكتمل الصورة، فقد تم توضيح كيفية عمل هذا الترتيب من خلال التصوير التالي للمدخل /pu[ŋkalat'u/ في (7):

(7)

المدخل: /pu[ŋkalat'u/	نقطيعة-ثنائية	أقصى-يسار	وزع-مقطع	أقصى-يمين	كل-نقطيعة-يسرى	كل-نقطيعة-يمنى
أ. (pú.[ŋ).(kà.la).t'u			*	***	**	***_*
ب. (pú.[ŋ).ka.(lâ.t'u)			*	***	!***	***
ج. (pú.[ŋ).ka.la.t'u			*!***	***		***
د. pu.[ŋ.ka.(lá.t'u)		***!*	***		***	
هـ. (pú.[ŋ).(kà.la).(t'ù)	!*			***	****_**	***_*

وكما جرت عليه العادة، فقد استخدمت المقاطع اللمية لحسبت انتهاكات قيود اصطفاية التقطيعات النبرية.

7-3-2 تعريف مهمة خارزمية التعلم

يتلخص الافتراض الذي قدمناه ضمناً حتى الآن في أن التسلسلية في (6) أعلاه، كأى تسلسلية أخرى مقترحة في هذا الكتاب، قد تم استنباطها من الصيغ المخرجة. ولكن السؤال هو: هل هذه الفرضية المطلقة صحيحة؟ وهل يمكننا فعلاً افتراض أن الصيغ المخرجة ستظهر على السطح لتجسد، وبشكل فريد، ذلك النظام اللغوي الذي قام على توليدها؟ وما لم تكن هذه هي الحقيقة، فلن نستطيع القول بأن النظام اللغوي في لغة Pintupi، أو أى لغة أخرى، يعتبر قابل للتعلم. وبالطبع، سيشكل هذا الأمر عائقاً لا يمكن تذليله بالنسبة للنظرية اللغوية المتنازع على

قدراتها التحليلية، وذلك لأن أي نظرية تقترح أنظمة لغوية غير قابلة للتعلم لا يمكن وأن نعتبرها نظرية صحيحة قادرة على استيعاب القدرة اللغوية للإنسان.

ولذلك، الذي يجب أن نقوم به الآن هو أن نضع النظرية موضوع النقاش، أي النظرية التفاضلية، تحت المجهر، لنتمكن من تحديد ما إذا كانت أنظمتها اللغوية هي في الحقيقة قابلة للتعلم. وللتوصل إلى هذه النتيجة، سوف نستخدم نموذجاً لمتعلم اللغة. حيث سيعكس هذا النموذج بعض الفرضيات المتعلقة بكيفية تنظيم وترتيب الأنظمة اللغوية، وتحديدًا تلك الفرضية القائلة بأن النظام اللغوي لأي لغة طبيعية يتكون من تسلسلية واضحة وصارمة تحتوي على قيود كونية منتهكة (من بين سمات أخرى مثل مجموعة المفردات).

وسأخذ هذا النموذج شكل خوارزمية تعليمية، والتي هي مجرد سلسلة من التعليمات التي، إذا ما أخذت على علاقتها، فسوف تقودنا إلى هدف محدد. وقد نص على الذي نهدف إليه من وراء مثل هذه الخوارزمية التعليمية، وبشكل عام، في (8):

(8) مهمة خوارزمية التعلم

استنباط تسلسلية القيود التي تبرز في ظلها صيغة سطحية معينة على أنها المخرج الأفضل للصيغة المدخلة.

وبناء على ذلك، فإنه يمكن تلخيص المهمة المحددة للخوارزمية بالنسبة لوضعية التعلم في لغة Pintupi في أنها تعمل على استنباط ذلك الترتيب للقيود في (5) الذي سيتنبأ بظهور الصيغة المخرجة $(pú.lĩŋ).(kà.la).t̥u$ بذلك بناء على المدخل المعطى $/puĩŋkalat̥u/$. ولتحقيق هذا الهدف، سنجد كيف أنه قد تم تزويد خوارزمية التعلم بهذه المعلومات تحديداً:

(9) أ. النظام اللغوي الكوني، بالإضافة إلى القيود الكونية الستة في (5)

ب. صيغة مخرجة $(pú.lĩŋ).(kà.la).t̥u$

ج. صيغة مدخلة $/puĩŋkalat̥u/$

7-3-3 الحالة البدئية، وأزواج معطيات-الانتهاك

الأمر الذي تقوم به الخوارزمية أولاً هو الشروع في التسلسلية. ونذكر أن الخوارزمية تبني على التوقع الأولي الذي مفاده أن كل القيود تظهر في أول الأمر بشكل غير مرتب. وهذا يماثل الفرضية القائلة بأن القيود في بادئ الأمر تكون غير مهيمن عليها، أي أنها تشترك في "طبقة" واحدة في التسلسلية:

(10) الحالة البدئية لتسلسلية القيود

{كل-تقطيعة-يسرى، كل-تقطيعة-يمنى، تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار، وزع-مقطع، أقصى-يمين}

ومن هذه الطبقة "الأم"، المفردة والبدئية، ستقوم خازمية التعلم على إنشاء وتطوير تسلسلية متكاملة وذلك باعتماد الهيمنة المتتابعة للقيود، أي بوضعها في طبقات مستحدثة دنيا. وستحدد مفردات هذه الهيمنة على أساس المعلومات المستتبطة من المقارنة بين حالات انتهاك القيود في الصيغة الأفضل وتلك الانتهاكات التي تتكدها الصيغ المرشحة الأدنى أفضلية. ولكن مثل هذه المقارنة الدقيقة بين الصيغ المرشحة ستطلب شيء من المعالجة-السابقة لبعض المعطيات، كما سنرى أدناه.

فكما أشرنا إلى ذلك آنفاً، سنفترض أنه تتم تغذية خازمية التعلم بالصيغة السطحية [(pú.lɪŋ).(kà.la).tʰu]، بالإضافة إلى بنيتها العروضية، وإلى جانب المعلومات الدالة على أن مدخلها هو الصيغة /puɭɪŋkalatʰu/ "نحن (جلسنا) على التل".

(11) المدخل: /puɭɪŋkalatʰu/ "نحن (جلسنا) على التل"

المخرج: [(pú.lɪŋ).(kà.la).tʰu]

وتتمثل مهمة المتعلم (في شكله النموذجي، أي الخازمية) في استنباط النظام اللغوي المؤدي إلى هذه المزاوجة المعينة بين المدخل والمخرج. وهذا الاستنباط للنظام اللغوي يعني: ترتيب القيود الكونية في تسلسلية يتم في ظلها اختيار الصيغة [(pú.lɪŋ).(kà.la).tʰu] على أنها المخرج /الأكثر تلائماً للمدخل /puɭɪŋkalatʰu/، بالمقارنة مع كل الصيغ الأخرى التي يمكن أن تكون مخرجات محتملة. وهذا يعني ضمناً أن كل هذه الصيغ الأخرى التي يمكن أن تكون مخرجات محتملة للمدخل /puɭɪŋkalatʰu/ هي بشكل أو بآخر في متناول المتعلم، إلى جانب علامات انتهاك بعض القيود المحددة التي ساهمت في جعلها أدنى أفضلية. ولكن، هل الصيغ الأخرى الأدنى أفضلية فعلاً في متناول المتعلم؟ وللإجابة على هذا التساؤل نقول أنه لطالما أشار المتخصصون في علم اللغة التوليدي، مراراً وتكراراً، إلى أن اتصال الطفل الذي يتعلم لغته

الأم لا يتحقق إلا بالدلائل الإيجابية فقط. الأمر الذي يعني أنه لن يقدم للمتعلم، وبشكل مباشر، أي خلل للسلامة-اللغوية في الصيغ في شكل معطيات.¹

وباستخدام مصطلحية النظرية التفاضلية، يمكن القول بأن الطفل يستطيع العبور مباشرة للمخرجات الأفضل للنظام اللغوي، بينما لا تعد الصيغ المخرجة الأدنى أفضلية (أي الدلائل السلبية) كجزء من بيئة الطفل اللغوية. ولتوضيح هذه المسألة، دعونا نقصر تلك المعطيات المتوافرة لدى متعلم لغة Pintupi (والذي تقابله مهمة بناء النظام اللغوي العروضي في 6) إلى جزئية واحدة من الدلائل الإيجابية، أي تلك الصيغة المخرجة في (11). والنتيجة التي تترتب على ذلك هي أن المتعلم يجرّد من أية مخرجات أدنى أفضلية للمدخل /pu[ɲkalatʰu/، أي مثل تلك الصيغ المرشحة (7ب - هـ) في التصوير أعلاه. ولكن كما سبق وأن شاهدنا لأكثر من مرة في هذا الكتاب، فإن المتبع هو أن نعتمد في بناء الحجج الترتيبية للقيود على مقارنة الصيغ المرشحة الأدنى ترتيبياً بالمخرج الحقيقي "الأفضل". وهذه هي الطريقة الوحيدة التي يمكن أن تفرز حجج ترتيبية صحيحة (شرعية). فإذا لم يكن لدى المتعلم (كما سبق وأن افترضنا آنفاً) أي وسيلة اتصال بالصيغ الأدنى أفضلية، فكيف يمكن استخلاص الترتيبات ذات العلاقة؟ ويبدو أن المتعلم قد شلت حركته قبل أن يبدأ في عملية الاكتساب. فكيف يمكن لنا أن نتخلص من هذه المأزق؟

تتمثل الإستراتيجية التي يتبناها المتعلم في أنه يهدف لتحقيق أعلى قدر من الاستفادة من المعطيات الضمنية التي يمكن استنباطها من الصيغة السطحية، ولكن تلك التي يمكن أيضاً إعادة بنائها. فإذا كانت الصيغة [(pú.ɲ).(kà.la).tʰu] هي المخرج الأفضل للمدخل /pu[ɲkalatʰu/، فإن أي مخرج مرشح آخر سيمون لا محالة أدنى أفضلية. فللمتعلم حقيقة مطلق الحرية في أن يقترح أي مخرج مرشح كمنافس للصيغة [(pú.ɲ).(kà.la).tʰu]، ويكون في ذات الوقت متأكداً من هذا المنافس الافتراضي هو أقل تلائماً. وهذه هي النقطة التي تنطلق منها الخارزمية، لتولد قائمة من المرشحات الأدنى أفضلية،² والتي هي منافسات للصيغة [(pú.ɲ).(kà.la).tʰu]، أي القائمة التالية على سبيل المثال:

$$(12) \quad [(pú.ɲ).ka.(lâ.tʰu)], [(pú.ɲ).ka.la.tʰu], [(pu.ɲ).ka.(lá.tʰu)], \\ [(pú.ɲ).(ká.la).(tʰù)]$$

¹ ما عدى تلك الحالات التي يراد منها تقديم تصحيح واضح للطفل.

² يوجد هناك منهج لتحقيق الاختيار الآلي للمرشحات الدالة الأدنى أفضلية، والذي يطلق عليه مسمى تخفيض القيود المحدد- بالأخطاء (Tesar 1995). وانظر كذلك الحاشية 7.

ومن ثم، يقدم للمتعلم، وبطريقة آلية، مجاميع من المعلومات من الصنف التالي:

(13)	أدنى أفضلية	>	الأفضل
ب	>	أ	[[pú.lij].ka.(lâ.t'u)] > [(pú.lij).(kà.la).t'u]
ج	>	أ	[[pú.lij].ka.la.t'u] > [(pú.lij).(kà.la).t'u]
د	>	أ	[(pu.lij.ka.(lá.t'u)] > [(pú.lij).(kà.la).t'u]
هـ	>	أ	[(pú.lij).(ká.la).(t'ù)] > [(pú.lij).(kà.la).t'u]

تتكون كل من هذه المجاميع المعلوماتية من ترتيب متلائم لمرشحين، يكون أحدها صيغة مخرجة أدنى أفضلية، وأم الأخرى فهي صيغة المخرج الأفضل.³

هذه هي المرحلة التي تتضح فيها أهمية عملية التقييم التي تؤديها القيود. فكما نعرف أن النظرية التفاضلية تعتمد على الادعاء المركزي القاضي بأن الصيغة السطحية هي التي تعتبر المخرج الأكثر "تلائماً" (من بين كل الصيغ المحتملة للمخرج)، إذا ما أخذ في الاعتبار ترتيب محدد للقيود المنتهكة. فالمخرج الأفضل قد ينتهك بعض القيود - وفي الحقيقة سنجد دائماً يتكبد ذلك. ولكن حقيقة أن هذا المخرج هو الأفضل ستعني ضمناً أنه لن يحتمل وجود أي مخرج آخر يكون أكثر تلائماً، على الأقل ليس في ظل نفس ترتيب القيود. ويمكن للمتعلم أن يكون على ثقة تامة من أن أي انتهاك لأي من القيود في المخرج الحقيقي لن يكون إلا مفروضاً. أي أنه لو كان المخرج الأفضل ينتهك القيد *ق₁*، فسند أن المخرجات الأخرى الأدنى أفضلية التي توافق القيد *ق₁* يجب أن تكون في حد ذاتها تنتهك أحد من القيود الأعلى-ترتيباً (*ق₂* على سبيل المثال) والذي لا ينتهكه المخرج الأفضل. (وذلك لأنه لو لم ينتهك القيد *ق₁* في الصيغة الأفضل، لكانت هذه الصيغة في حد ذاتها أدنى أفضلية.) ويكمن الحل لمشكلة التأسيس للترتيب المجهول للقيود، تحديداً، في هذه الخاصية للأنظمة اللغوية في النظرية التفاضلية. فعلى المتعلم أولاً أن يحدد انتهاكات القيود في الصيغة الحقيقية للمخرج (والتي ستكون بالطبع هي الصيغة الأفضل)، مقارناً هذه الانتهاكات بتلك الانتهاكات للقيود الأخرى

³إذا ما أخذنا في الاعتبار خاصية التحليل الحر، فإن المولد سوف يزود المتعلم بعدد لا نهائي من هذه الأزواج. وبالطبع، فلن تكون كل هذه الأزواج ذات دلالة مهمة بالنسبة للمتعلم، وذلك بسبب تواجد عدد كبير من الصيغ المرشحة التي تكون في "جوهرها متدنية الأفضلية" (انظر الباب الأول، الفصل 1-7-5). ولكننا لن نناقش مسألة كيفية التعامل مع مثل هذا "النشاز" هنا؛ وفي أية حال، فلن تظهر أي تأثيرات سلبية بالنسبة للمتعلم إذا ما طرح للفحص والتدقيق تلك الصيغ المرشحة التي هي "جوهرياً أدنى أفضلية". وبالإضافة إلى ذلك، فإنه لا تتوافر لدى الخارزمية أي معلومات مسبقة عن عدد "أزواج معطيات-الانتهاك" التي يجب التعامل معها لتتوصل إلى النظام اللغوي الهدف، وليس من الضروري معرفة ذلك. فالمتعلم "مثالي" سوف يدرس كل المعلومات المتوفرة، الأمر الذي سينتج عنه اكتساب إيجابي للنظام اللغوي الهدف، كما سنرى لاحقاً.

تستبدأ خارزمية التعلم أولاً بتكوين رؤية عامة لانتهاكات القيود لكل زوج من الأزواج في القائمة (13) أعلاه. وقد تم تصوير النتيجة في (14). بحيث يمثل كل صف علامات الانتهاك التي تكبدها أحد الأزواج في (13). ولكل زوج من الصيغ المرشحة، نجد أن هناك خلية في عمود العلامات-الخاسرة توضع فيها كل علامات الانتهاك التي تكبدها المرشح الأدنى أفضلية، بينما توجد خلية أخرى في عمود العلامات-الرابحة والتي توضع فيها كل علامات الانتهاك التي تكبدها المرشح الأفضل. ولقد تمت الإشارة إلى هذه الانتهاكات بوضع نجمة قبل أسم القيد المنتهك. وقد تمت الإشارة إلى الصيغ المرشحة التي تتكبد انتهاكات متعددة لنفس القيد بتكرار علامة الانتهاك لهذا القيد. (كما هو الحال في التصوير 7 بالنسبة للصيغة (.([pú.lín).(kà.la).tʰu)

العلامات-الخاسرة	أدنى أفضلية > أفضل
{ *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *وزع-مقطع، *أقصى-يمين *أقصى-يمين { *أقصى-يمين	{ *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *وزع-مقطع، *أقصى-يمين *أقصى-يمين { *أقصى-يمين
{ *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *وزع-مقطع،	{ *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *وزع-مقطع، *وزع-مقطع، *وزع-مقطع، *أقصى-يمين

*أقصى-يمين *أقصى-يمين *أقصى-يمين{	*أقصى-يمين *أقصى-يمين{		
{*كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *وزع-مقطع، *أقصى-يمين *أقصى-يمين *أقصى-يمين{	{*كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *أقصى-يسار، *أقصى-يسار، *أقصى-يسار، *وزع-مقطع، *وزع-مقطع، *وزع-مقطع{	[(pu.ɭɪŋ.ka.(lɑ.ʔu)] [(pú.ɭɪŋ).(kà.la).ʔu] >	د > أ
{*كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *وزع-مقطع، *أقصى-يمين *أقصى-يمين *أقصى-يمين{	{*كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *كل-تقطيعة-يمنى، *تقطيعة-ثنائية، *أقصى-يمين *أقصى-يمين *أقصى-يمين{	[(pú.ɭɪŋ).(ká.la).(ʔu)] [(pú.ɭɪŋ).(kà.la).ʔu] >	هـ > أ

لاحظ أن كل زوج في (13) يحتوي على المخرج الأفضل [(pú.ɭɪŋ).(kà.la).ʔu]. ويعتبر هذا الأمر ضرورة منطقية، وذلك لأن المرشح الأفضل هو الذي يقدم بمفرده للمتعلّم. وبما أن كل حالات مقارنة التلاؤم ستشتمل على المخرج الأفضل، فإن كل خلية من خلايا العلامات-الرابحة ستحتوي على قوائم متطابقة من علامات الانتهاك. وبالمقابل، فإن محتوى خلايا العلامات-الخاسرة سيختلف من صف لآخر.

7-3-4 إلغاء علامات الانتهاك

يقدم جدول "أزواج معطيات-الانتهاك" في (14) مجموع المعلومات والمعطيات "الخام" التي تعمل الخارزمية على معالجتها بغية التوصل إلى النظام اللغوي الهدف. ولكن، يجدر القول بأن هناك الكثير مما يتوجب عمله قبل الوصول إلى النتيجة المرجوة. فسيوضح أن هذا الجدول، وبشكله الحالي، لن يتمكن من توفير القاعدة المطلوبة لترتيب القيود، وذلك لأننا نجد في كل زوج من أزواج معطيات-الانتهاك ظهور علامات انتهاك متطابقة في كل من خلايا "العلامات-الخاسرة" و"العلامات-الرابحة". ولذلك، فإنه يجب على الخارزمية أولاً أن "تنقي" هذه المعلومات بإلغاء (شطب) علامات الانتهاك التي ليس لها أي قيمة معلوماتية.

أول خطوة سنقوم بها هي أن نعمل على القضاء على أي علامات انتهاك تكون مشتركة بين الرابحة والخاسرة. وبالرجوع إلى منطق النظرية النفاضلية، فإن الانتهاكات المشتركة لا يمكن وأن تفرز أي اختلافات في التلاؤم بين مرشحين، مما يعني أنها لن تتمكن من تقديم أي معلومات حول ترتيب القيود. وكما سبقت الإشارة إليه، فإنه ستنتم "تنقية" المعلومات الخام في الجدول (14) عن طريق شطب علامات الانتهاك التي ليست لها أي قيمة دلالية. وقبل الشروع في نقاش كيفية تحقيق الخارزمية لهذه الوظيفة، دعونا نلق نظرة على جدول أزواج معطيات-الانتهاك الجديد في (15)، حيث يتضح شطب علامات الانتهاك التي تم إلغاؤها.

(15) أزواج معطيات-الانتهاك بعد الإلغاء

العلامات-الرابحة	العلامات-الخاسرة	أدنى أفضلية > أفضل	
{*كل-تقطيعة-يسرى+}	{*كل-تقطيعة-يسرى+}	[(pú.lɪŋ).ka.(lâ.tʰu)]	ب > أ
{*كل-تقطيعة-يسرى+}	{*كل-تقطيعة-يسرى+}	[(pú.lɪŋ).(kà.la).tʰu] >	
*كل-تقطيعة-يمنى،	*كل-تقطيعة-يسرى،		
*كل-تقطيعة-يمنى+}	*كل-تقطيعة-يمنى+}		
*كل-تقطيعة-يمنى+}	*كل-تقطيعة-يمنى+}		
*كل-تقطيعة-يمنى+}	*كل-تقطيعة-يمنى+}		
*وزع-مقطع+}	*وزع-مقطع+}		
*أقصى-يمين	*أقصى-يمين		
*أقصى-يمين	*أقصى-يمين		
{*أقصى-يمين}	{*أقصى-يمين}		
{*كل-تقطيعة-يسرى،	{*كل-تقطيعة-يمنى+}	[(pú.lɪŋ).ka.la.tʰu]	ج > أ
		[(pú.lɪŋ).(kà.la).tʰu] >	

<p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*وزع-مقطع،</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين {</p>	<p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*وزع-مقطع،</p> <p>*وزع-مقطع،</p> <p>*وزع-مقطع،</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين {</p>		
<p>{*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*وزع-مقطع،</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين {</p>	<p>{*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*أقصى-يسار،</p> <p>*أقصى-يسار،</p> <p>*أقصى-يسار،</p> <p>*وزع-مقطع،</p> <p>*وزع-مقطع،</p> <p>*وزع-مقطع {</p>	<p>[(pu.ɭɨŋ.kɑ.(lɑ.ɬu)]</p> <p>[(pú.ɭɨŋ).(kà.lɑ).ɬu] ></p>	<p>د > أ</p>
<p>{*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*وزع-مقطع،</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين {</p>	<p>{*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يسرى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*كل-تقطيعة-يمنى،</p> <p>*تقطيعة-ثنائية،</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين</p> <p>*أقصى-يمين {</p>	<p>[(pú.ɭɨŋ).(ká.lɑ).(tʰu)]</p> <p>[(pú.ɭɨŋ).(kà.lɑ).ɬu] ></p>	<p>هـ > أ</p>

ولكن، كيف تتم عملية الإلغاء هذه؟ أولاً، يجب علينا أن نعرف أنه لا توجد أي علاقة للعدد المطلق لانتهاكات أحد القيود بسلامة-صيغة المرشح. ولكن، الأمر ذا العلاقة هو الاختلاف في انتهاكات أحد القيود بالمقارنة مع الصيغ المرشحة الأخرى. وبالنسبة للقيود التي يمكن أن تنتهك انتهاكات عديدة في المرشح الواحد، فإن الأمر ذا الأهمية هنا هو: أي هذه الصيغ المرشحة ينتهك القيد بشكل أسوأ (بدلاً من كم هو العدد المطلق للانتهاكات)؟ ولنتمكن من التأسيس لرؤية واضحة للاختلاف في انتهاك أحد القيود بين مرشحين، يجب إجراء عملية إلغاء علامات الانتهاك على أساس عنصر-بعد-عنصر. فانظر، على سبيل المثال، إلى الزوج الأول في الجدول (15)، والذي تم فيه إلغاء علامتي انتهاك *كل-تقطيعة-يسرى، الأمر الذي نتج عنه بقاء علامة انتهاك واحدة في خلية العلامات-الخاسرة.

وقد تم تحقيق هذه الرؤية من خلال الخطوتين الأوليين في خارزمية إلغاء علامات

الانتهاك:

(16) إلغاء علامات الانتهاك

لكل زوج من (العلامات-الخاسرة، العلامات-الرابحة) في معطيات-الانتهاك:

أ. لكل حالة ظهور لعلامة انتهاك *في في كل من العلامات-الخاسرة والعلامات-الرابحة في نفس الزوج، اعمل على إبعاد ذلك الظهور للعلامة *في من كليهما.

ب. إذا نتج عن ذلك اختفاء كل العلامات-الرابحة، فاعمل على إبعاد ذلك الزوج من معطيات-الانتهاك.

ج. إذا وجد، بعد إجراء الخطوات السابقة، أن أحد صفوف معطيات-الانتهاك يحتوي على علامات متعددة لصنف واحد من الانتهاكات، فسيتم استبعاد المتطابقات، تاركين على الأكثر علامة واحدة لكل صنف.

تقوم الخطوة (16ج) بإجراء "تنقية" إضافية للجدول وذلك بإزالة العلامات المتعددة للانتهاك الواحد، والتي قد تستمر في الظهور حتى بعد الإلغاء. وكما سبق أن أشرنا إليه آنفاً، كل الذي يهم المتعلم هو تحديد ذلك المرشح، في الزوج المعني، الذي يتكبد الانتهاك الأكبر لأحد القيود؛ وعليه فإنه ليس من المهم معرفة الاختلاف المحدد في درجة الانتهاك.

يمثل الجدول (17) نتيجة هذه العملية لاستبعاد العلامات الملغاة (أي الخطوتين 16ب

-ج).

(17) أزواج معطيات-الانتهاك بعد إلغاء الانتهاكات

أدنى أفضلية > أفضل	العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
ب > أ [(pú.ɭɨŋ).ka.(lâ.tʰu)] [(pú.ɭɨŋ).(kâ.la).tʰu] >	{*كل-تقطيعة-يسرى}	{*كل-تقطيعة-يمنى}
ج > أ [(pú.ɭɨŋ).ka.la.tʰu] [(pú.ɭɨŋ).(kâ.la).tʰu] >	{*وزع-مقطع}	{*كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى}
د > أ [(pu.ɭɨŋ).ka.(lâ.tʰu)] [(pú.ɭɨŋ).(kâ.la).tʰu] >	{*كل-تقطيعة-يسرى، *أقصى-يسار، *وزع-مقطع}	{*كل-تقطيعة-يمنى، *أقصى-يمين}
هـ > أ [(pú.ɭɨŋ).(ká.la).(tʰu)] [(pú.ɭɨŋ).(kâ.la).tʰu] >	{*كل-تقطيعة-يسرى، *تقطيعة-ثنائية}	{*وزع-مقطع}

وبعد هذه المعالجة السابقة المتضمنة على إلغاء الانتهاكات، يمكننا القول بأن المعلومات التي تم توليدها من الصيغة المخرجة [(pú.ɭɨŋ).(kâ.la).tʰu] هي الآن جاهزة لإقحامها في "قلب" خارزمية التعلم، والتي ستقوم بدورها باستنباط التسلسلية الحقيقية للقيود، والتي أطلق عليها Tesar and Smolensky مسمى الترتيب التكراري.

قبل أن نشتغل بالنص الفعلي لمفهوم الترتيب التكراري، يجب علينا أولاً أن نوسع منطقة عمل الخارزمية لنتمكن من استيعاب ما وراء جدول أزواج معطيات-الانتهاك في (17). ومن الآن فصاعداً، ستعمل الخارزمية على تسجيل عمليات إعادة الترتيب في تسلسلية القيود، والتي سوف تكتسب المزيد من البنية التركيبية إلى أن تصل إلى الحد الذي لا نجد عنده أي استئارة لعمليات إضافية من إعادة الترتيب مبنية على الدلائل الإيجابية المتوفرة. وفي تلك اللحظة، يمكن القول بأن عملية التعلم سوف تتوقف، وأنا سنجد أن الخارزمية قد تمكنت من التأسيس لتسلسلية قيود تطابق ذلك الجزء من النظام اللغوي في لغة Pintupi. ولا تزال الحالة الراهنة لتسلسلية القيود تعتبر مطابقة لحالتها البدئية. وتذكر أن تلك الحالة البدئية لا تمثل تسلسلية أصلية، ولكنها تحتوي على مجمل قائمة القيود الكونية دون وجود أي علاقات ترتيبية تربطها ببعضها البعض. فكل القيود قد جمعت سوياً في "طبقة" واحدة.

(18) ت صفر = {كل-تقطيعة-يسرى، كل-تقطيعة-يمنى، أقصى-يسار، وزع-مقطع، أقصى-يمين}

وسيرمز للوضعيات المتتالية للتسلسلية والتي سوف تنتج من تخفيض مراتب القيود عن هذه التسلسلية البدئية على أنها ت₁، ت₂، ت₃، الخ.

7-3-5 الترتيب التكراري: أفكار أساسية

لاحظنا أن الفصل 7-2 قد قدم صورة مبدئية للأفكار الأساسية الكامنة وراء الترتيب التكراري. ولقد جاء الوقت الآن لنقاش هذه الأفكار بتفصيل أكثر. حيث تتلخص الفكرة الأولى في كون انتهاكات القيود (بدلاً من حالات موافقتها) فقط هي التي تعتبر ذات العلاقة بترتيب القيود. فإن القيود التي توافقها الصيغة المخرجة الأفضل تعتبر ذات دلالية أقل، وذلك لأن عملية موافقة أحد القيود لا تحتاج أن تعكس أي معلومات عن وضعية أحد القيود في التسلسلية. فلاحظ حقيقة أن كل الكلمات رباعية-المقاطع-الكلمية في لغة Pintupi، توافق القيد وزع-مقطع، مثل الصيغة [(má.[a).(mà.na)] "يرمي من الخلف". ولكن لا نستطيع أن نستنتج من ذلك أن القيد وزع-مقطع يحتل مرتبة غير مهيمن عليها. وفعلاً، نجد أن الصيغ المخرجة ذات المقاطع الكلمية فردية العدد، مثل [(pú.lĩŋ).(kà.la).tʰu]، توضح أن القيد وزع-مقطع يعتبر مهيمن عليه. أي أننا نستطيع أن نستنتج أنه لا يمكن التوصل إلى حجة ترتيبية ثابتة وقوية بناء على موافقة القيود. ولكن بالمقابل، يمكننا أن نستنبط مدلولات حاسمة حول الترتيب مستخدمين انتهاك القيود. وهذا لأننا نعلم بكل تأكيد أن أي قيد ينتهك في الصيغة المخرجة الأفضل يجب وأن يكون تحت هيمنة قيد آخر.⁴ وذلك لأنه لو لم يكن هذا القيد منتهك في المخرج الأفضل، لما كان المخرج الأفضل هو الأفضل. وبطبيعته، لا يمكن إجراء أي تعديلات تحسينية على المخرج الأفضل، في ظل أي تسلسلية قيود مقترحة.

بالنسبة للخارزمية، يمكن القول بأنه بمقدورنا تحقيق هذه الفكرة المهمة باستخدام هيمنة القيود، التي تثيرها الدلائل الإيجابية من أزواج معطيات-الانتهاك. وبصفة عامة، سنجد أن الخارزمية تعمل على خفض القيود التي تقيم العلامات-الرابحة لمرتبة أدنى من تلك القيود التي تقيم العلامات-الخاسرة. ويمكن تلخيص المنطق من وراء كل ذلك كما يلي. فالسبب الوحيد الذي أوصل المخرج الأفضل إلى هذه المرتبة (أي أنه حقيقة الأفضل بالمقارنة بكل الاحتمالات الأخرى) يكمن في كون تقييمه الشامل من خلال تسلسلية القيود هو الأكثر تفوقاً على منافسات أخرى أدنى أفضلية. وبناء على ذلك، فإنه عندما يكون أداء "المرشح الرابع" أسوأ بالنسبة لقيد ما بالمقارنة مع "المرشح الخاسر"، فإنه من المحتم أن يكون هذا القيد قريب

⁴ ولكي نبدو أكثر دقة واهتماماً بالنواحي الإجرائية، يمكن القول بأن القيد الأعلى ترتيباً يمكن أن يكون منتهكاً في المخرج الأفضل طالما هو منتهك في بنفس القدر في كل المخرجات المحتملة الأخرى. والشكر محفوظ لـ Bruce Tesar للإشارة إلى هذه الجزئية. (ومن حيث المبدأ، يمكن أن تظهر مثل هذه الوضعية إذا وضع المولد تقييدات على كل الصيغ المرشحة للمخرج.)

تحت هيمنة قيد آخر قخاسر، والذي يكون أداء "المرشح الخاسر" أفضل بالنسبة له بالمقارنة مع "المرشح الرابع". وإذا كانت الحقيقة الإيجابية هي أن "الرابع" هو "الرابع" وأن "الخاسر" هو "الخاسر"، فلن يمكن ترتيب القيود إلا كما يلي:

(19)

قخاسر	قرايح	
	*	أفضل ("رابع")
!*		أدنى أفضلية ("خاسر")

ولو أن القيود قد رتبت بالشكل المعاكس، لكان "الخاسر" هو "الرابع"، ولأصبح "الخاسر" هو "الرابع". أنظر التصوير (20):

(20)

قخاسر	قرايح	
	!*	أفضل ("لم يعد - يعتبر - الرابع")
*		أدنى أفضلية ("لم يعد - يعتبر - الخاسر")

بناء على ذلك، وبالنظر إلى معطيات - الانتهاك مثل تلك التي في (21)، حيث نجد كلا خليتي العلامات - الخاسرة والعلامات - الرابعة تحتوي على قيد واحد (قخاسر و قرايح):

(21) معطيات - الانتهاك

أدنى أفضلية > أفضل	العلامات - الخاسرة	العلامات - الرابعة
"الخاسر" > "الرابع"	{قخاسر}	{قرايح}

سنجد أن الخارزمية قادرة، وبشكل شرعي، على استنباط الترتيب في (22):

(22) {قخاسر}

<<

{قرايح}

وستتمكن الخارزمية من تحقيق ذلك عن طريق تخفيض مرتبة القيد قرايح إلى طبقة أدنى من القيد قرايح.

والسؤال الذي سيطرح نفسه فوراً هو: ما الذي سيحدث إذا ما ظهر أكثر من قيد واحد في خلية العلامات-الخاسرة؟ وبالتحديد أكثر، ما هي الطبقة التي يجب أن يخفض إليها القيد قرايح عندما تظهر القيود في خلية العلامات-الخاسرة في طبقات مختلفة من خلال تسلسلية القيود؟ فهل سنجد أن كل القيود ستهيمن على القيد قرايح، كما يصور لنا ذلك الترتيب في (23أ)؟ أو هل سنجد أن أحد هذه القيود في خلية العلامات-الخاسرة سيتم اختياره ليهيمن على القيد قرايح، وليكن ذلك على سبيل المثال ذلك الأعلى-ترتيباً من بينها، كما يتضح في (23ب)؟

$$\begin{array}{cc}
 (23) \quad \text{أ.} \quad \{ \text{ق خاسر} - 1 \} & \text{ب.} \quad \{ \text{ق خاسر} - 1 \} \\
 << & << \\
 & \{ \text{ق خاسر} - 2, \text{ق خاسر} - 3 \} & \{ \text{ق قرايح} \} \\
 << & << \\
 & \{ \text{ق قرايح} \} & \{ \text{ق خاسر} - 2, \text{ق خاسر} - 3 \}
 \end{array}$$

لا تعتبر هذه المسألة خالية تماماً من المحتوى التجريبي (التطبيقي)، ذلك لأن الترتيبات في كل من (23أ) و(23ب) قد تؤدي إلى بروز مخرجات مختلفة تعتبر كلها مفضلة. ولكن هل يوجد هناك قانون واضح المعالم يكون دوماً قادراً على تحقيق النتيجة الصحيحة؟ هذه هي المسألة التي سنبدأ بنقاشها الآن.

نتلخص الفكرة الثانية الكامنة وراء الترتيب التكراري في أن كل القيود هي في الحقيقة تحتل مرتبة في أعلى طبقة محتملة في التسلسلية بحيث أن ذلك يعتبر منسجماً مع الدلائل المأخوذة من معطيات-الانتهاك (والتي قد تدارسناها في هذا الباب). ففي المرحلة المبدئية في بناء التسلسلية، سينظر إلى هذه الفكرة من منظور نموذجي: حيث أننا في تلك المرحلة نستطيع القول بأنه لم تتم دراسة أي دلائل من معطيات-الانتهاك، أي أن كل القيود تعتبر في وضعية غير مهيمن عليها. أما عمليات تخفيض أحد القيود، فإنها تثار دوماً عن طريق الدلائل الإيجابية المستسقاة من معطيات-الانتهاك، حيث أنه في تلك الحالة أيضاً لن يتم تخفيض أي قيد إلى مرتبة أدنى من تلك التي يمكن تحفيزها عن طريق نمط العلامات. وسيتضمن هذا

الأمر أن أي قيد يقيم علامة-رابعة (قريب) سيتم تخفيضه إلى أعلى طبقة ممكنة في التسلسلية والتي ما تزال منسجمة مع معطيات-الانتهاك. وهذا يعني أنه سيخفض القيد قريب إلى طبقة تكون مباشرة أدنى من القيد الأعلى-ترتيباً خاسر في التسلسلية الحالية. أو يمكن القول بعبارة أخرى أننا سنعمد استراتيجية التخفيض المطروحة في (32ب)، بدلاً من تلك التي في (23أ). وبناء على ذلك، يمكننا أن نستنتج أنه لا يمكن وضع هذا القيد في مرتبة أعلى من تلك التي يجب أن يتبوؤها في التسلسلية؛ وذلك لأنه لو وضع في مرتبة أعلى لما تمكن المخرج الأفضل من انتهاكه. (أنظر ثانياً إلى التصويرات 19 - 20). فستلاحظ أن كل قيد سيعطى فرصته كاملة: حيث ستظهر آلية الخارزمية على أنه يحتل أعلى مرتبة ممكنة في التسلسلية، واضعين في الاعتبار احتمالية ورود دلائل تعمل بدورها على إثارة حالات تخفيض إضافية لذلك القيد. وقد سبق وأن أشرنا إلى هذا، في أوائل هذا الفصل، على أنه مثال لما يسمى باستراتيجية التخفيض "المحافظ". ولن نتضح جميع إيجابيات هذه الاستراتيجية إلا عند طرح البدائل الأخرى.

ولكن هب أن تلك القيود التي تقيم العلامات-الرابعة (قريب) هي التي تعرضت للتخفيض إلى طبقة أدنى من القيد الأدنى-ترتيباً في خلية العلامات-الخاسرة. فسيكون من المحتمل أن ذاك أن يسقط القيد المخفض إلى أعماق التسلسلية، مما قد يوجب "إعادة تأهيله" لاحقاً عن طريق حالات تخفيض لقيود أخرى قد مر بها أثناء نزوله إلى القاع. ولكن قد يؤدي ظهور هذه القيود في مراحل عشوائية إلى بدء حالة مستمرة من "قفز-القيود". الأمر الذي قد يترتب عليه أن عملية الاكتساب تتمثل في تلك الحالة المنشودة من استقرار النظام اللغوي الهدف.

ويتم توضيح هذا الأمر بشكل أمظومي في (24) أدناه، وذلك في صيغة عملية تخفيض دوري مكونة من ثلاثة مراحل. ولاحظ أن ناتج المرحلة النهائية (ت₃) يعتبر مطابقاً لمدخل المرحلة المبدئية (ت₁). وسنجد أن القيود المخفضة قد كتبت بالخط-الغامق، بينما تشير '...' إلى الموضع الذي خفض منه أحد القيود. ولكن تعتبر هذه حلقة أبدية حيث أن المتعلم لن يتمكن من الوصول إلى تلك الحالة المستقرة التي لا تتمكن معها المعطيات من تبرير أي حالات تخفيض أخرى. وسنجد أن الاستراتيجية البديلة المتضمنة على التخفيض /الأدنى، والتي هي جزء من خارزمية Tesar and Smolensky، تعمل على ضمان أن عملية التعلم ستتبلور في شكل ترتيب مستقر. وسوف نشاهد الآن كيف أن هذا يحدث حقيقة.

(24)	المرحلة 1	المرحلة 2	المرحلة 3
قريب: ق ₃ ، ق ₆	قريب: ق ₄	قريب: ق ₅ ، ق ₆	

ق خاسر: 2، 4، 5 ق	ق خاسر: 1، 5 ق	ق خاسر: 4 ق	ق خاسر: 3، 4 ق
← تن	← تن+1	← تن+2	← تن+3 (=تن)
{ق1، ق2}	{ق1، ق2}	{ق1، ق2}	{ق1، ق2}
<<	<<	<<	<<
{ق3، ق4}	{ق...4}	{...}	
<<	<<	<<	
{ق5، ق6}	{ق...5}	{ق...5}	{...}
<<	<<	<<	
{ق6، ق3}	{ق6، ق3، ق4}	{ق...3، ق4}	
		<<	
		{ق5، ق6}	

والآن، لننتقص ذلك الجزء من خارزمية Tesar and Smolensky الذي سيعمل على تحقيق هذه الفكرة، أي تخفيض القيود

(25) تخفيض القيود (كرر هذه الخطوة إلى أن لا تبقى أي حالات تخفيض)

لكل زوج من العلامات-الخاسرة > العلامات-الرابحة في معطيات-الانتهاك

1. ابحث عن العلامة *ق خاسر في العلامات-الخاسرة والتي تعتبر الأعلى-ترتيباً في ت

2. لكل *ق ربح في العلامات-الرابحة

إذا لم يكن ق خاسر مهيمناً على ق ربح في ت، فاعمل على

تخفيض القيد ق ربح إلى الطبقة ت التي تظهر مباشرة تحت

الطبقة المحتوية على ق خاسر (منشأ تلك الطبقة إذا لم تكن

موجودة).

ولاحظ أن عملية تخفيض القيود ستطرح أزواج معطيات-الانتهاك للدراسة واحداً واحداً،

مستتبطة كل المعلومات المتعلقة بترتيبات القيود من خلال توزيع علامات انتهاكها.

وتعتبر عملية تخفيض القيود تكرارية.⁵ الأمر الذي يعني أنه سيتم تكرارها إلى أن نصل تلك المرحلة التي لا تظهر فيها أي حالات تخفيض. وبالنسبة لمثالنا، فستبرز هذه الحالة الثابتة للتسلسلية بعد تسع خطوات، أي عندما يتم استنباط التسلسلية الكاملة المكونة من القيود العروضية الستة للنظام اللغوي الهدف للغة Pintupi. وبصفة حاسمة، نجد أن الترتيب الذي يتم من خلاله اختبار أزواج معطيات-الانتهاك باستخدام عملية تخفيض القيود ليس له أي تأثير على المنتج النهائي، مع أنه قد يكون من الضروري اختبار بعض أزواج معطيات-الانتهاك أكثر من مرة. وسنجد في الحالة-التجريبية أدناه أننا نختار، حقيقة، الطريق *الأقل فاعلية* للوصول إلى النظام اللغوي الهدف، وذلك للتأكيد على حقيقة أن النظام اللغوي الصحيح هو ذلك الذي يبرز بغض النظر عن الترتيب الذي تختبر فيه أزواج علامات-الانتهاك.

7-3-5-1 كيفية عمل الترتيب التكراري

أول أزواج معطيات-الانتهاك في الجدول (17) الذي سوف نتعامل معه عملية تخفيض القيود هو ذلك الذي في الصف الأعلى، ب > أ، أو $[(pú.ljɨŋ).ka.(lâ.tʰu)] > [(pú.ljɨŋ).(kâ.la).tʰu]$:

(26) معطيات-الانتهاك (الخطوة 1)			
أدنى أفضلية > أفضل		العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
ب > أ	$[(pú.ljɨŋ).ka.(lâ.tʰu)]$	{*كل-تقطيعة-يسرى}	{*كل-تقطيعة-يمنى}
	$[(pú.ljɨŋ).(kâ.la).tʰu] >$		

يتبنى هذا الزوج التعميم القائل بأن لغة Pintupi تفضل توزيع التقطيعات النبرية ذا *النزعة-اليسرى* على ذلك ذا *النزعة-اليمنى*. وبناء على ذلك، ستمكن عملية تخفيض القيود من استنباط الترتيب الصحيح:

- تعتبر العلامة *كل-تقطيعة-يسرى هي الأعلى-ترتيباً في خلية *العلامات-الخاسرة* في التسلسلية الحالية *تصفر*. (لا يعتبر هذا الأمر ذا أهمية، لأنها العلامة الوحيدة في خلية *العلامات-الخاسرة*.)

⁵ سوف نقدم الصيغة التكرارية لخوارزمية Teser and Smolensky لتخفيض القيود، وذلك لأسباب توضيحية بحتة. ومن الجدير ذكره هنا أنه توجد أيضاً صيغة لا-تكرارية للخوارزمية، والتي نجد طرحاً لها أيضاً في Teser and Smolensky (1993)، حيث أنها ستنمخض عن ذات النتائج ولكن بأسلوب مختلف إلى حد ما. وهذه الصيغة هي التي تفترضها معظم الأبحاث المقدمة في هذا المجال.

- لا يعتبر القيد المقوم للعلامة-الرابعة (كل-تقطيعة-يمنى) تحت هيمنة القيد قخسر (كل-تقطيعة-يسرى). (أيضاً، لا يعتبر هذا الأمر ذا أهمية، لأن التسلسلية المبدئية تصغر تعتبر غير مرتبة تماماً). وهذا سيعني أن القيد كل-تقطيعة-يمنى سيتم تخفيضه إلى موضع أدنى من القيد كل-تقطيعة-يسرى، حيث سيؤدي ذلك إلى إيجاد طبقة جديدة في التسلسلية:

(27) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 1

ت₁ = {كل-تقطيعة-يسرى، تقطيعة-ثنائية، وزع-مقطع، أقصى-يسار، أقصى-يمين} <<

{كل-تقطيعة-يمنى}

أما بالنسبة للزوج الثاني الذي سوف تتعامل معه عملية تخفيض القيود هو ج > أ في معطيات-الانتهاك، أي: [(pú.ljɪŋ).ka.la.tʰu] > [(pú.ljɪŋ).(kà.la).tʰu]

(28) معطيات-الانتهاك (الخطوة 2)

العلامات-الرابطة	العلامات-الخاسرة	أدنى أفضلية > أفضل	ج > أ
{*كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى}	{*وزع-مقطع}	[(pú.ljɪŋ).ka.la.tʰu] [(pú.ljɪŋ).(kà.la).tʰu] >	

يتبنى هذا الزوج التعميم القائل بأن عملية التوزيع العروضي للمقاطع الكلمية إلى تقطيعات نبرية (أي تقطيعها العروضي) في لغة Pintupi تكون لها الأولوية على اصطفاوية التقطيعات النبرية (على الحافة اليسرى أو الحافة اليمنى). وعليه، فإن عملية تخفيض القيود ستستتبط الترتيبات المقابلة كما يلي:

- تعتبر العلامة *وزع-مقطع هي الأعلى-ترتيباً من بين العلامات-الخاسرة في التسلسلية الحالية ت₁. (ولا يعتبر لهذا الأمر أي أهمية، لأن هذا هو القيد الوحيد الذي يعمل على تقييم العلامات-الخاسرة.)
- لا يقع أي من القيود في خلية العلامات-الرابطة (كل-تقطيعة-يسرى، كل-تقطيعة-يمنى) تحت هيمنة القيد قخسر (وزع-مقطع). حيث أن القيد الأول، كل-تقطيعة-يسرى، يشترك مع القيد وزع-مقطع في نفس الطبقة، بينما نجد أن القيد كل-تقطيعة-

يسرى قد وقع تحت هيمنة القيد وزع-مقطع. مما يعني أن القيد كل-تقطيعة-يسرى فقط هو الذي نحتاج أن نخفضه ليحتل مرتبة أدنى مباشرة من القيد وزع-مقطع. حيث سيشارك في نفس الطبقة مع القيد كل-تقطيعة-يمنى، والذي يتواجد فيها قبلاً:

(29) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 2

ت₂ = {تقطيعة-ثنائية، وزع-مقطع، أقصى-يسار، أقصى-يمين}

<<

{كل-تقطيعة-يمنى، كل-تقطيعة-يسرى}

لاحظ أنه لم يتم إيجاد طبقة جديدة للقيد كل-تقطيعة-يسرى. حيث نجد أنه وضع في ذات الطبقة التي يتواجد فيها أساساً القيد كل-تقطيعة-يمنى، وذلك تماشياً مع استراتيجية التخفيض 'المحافظ': حيث أنه لن يتم تخفيض أي قيد إلى موضع أدنى مما يمكن تبريره بالدلائل المستسقة من معطيات-الانتهاك.

أما الزوج الثالث لمعطيات-الانتهاك الذي سوف تتعامل معه عملية تخفيض القيود هو ذلك الذي يحتل الصف الثالث في الجدول (17)، وأفصد بذلك د > أ، أو [(pu.ɭɨŋ.ka.(lɑ.ʔu)] > [(pú.ɭɨŋ).(kɑ.lɑ).ʔu]

(30) معطيات-الانتهاك (الخطوة 3)

العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة	أدنى أفضلية > أفضل	
*كل-تقطيعة-يسرى،	*كل-تقطيعة-يمنى،	[(pu.ɭɨŋ.ka.(lɑ.ʔu)]	د > أ
*أقصى-يسار،	*أقصى-يمين	[(pú.ɭɨŋ).(kɑ.lɑ).ʔu] >	
*وزع-مقطع			

التعميم الذي يتبناه زوج معطيات-الانتهاك هذا هو أن النبذة الرئيسية على الحافة-اليسرى تفضل على تلك التي على الحافة-اليمنى. وستقوم عملية تخفيض القيود بمعالجة المعلومات كما يلي:

- تعتبر العلامتين *أقصى-يسار و*وزع-مقطع هي الأعلى ترتيباً من بين العلامات-الخاسرة (قخسر) في التسلسلية الحالية، ت₂. حيث أن كليهما يتواجد في الطبقة العليا.

(لاحظ أن ثالث العلامات-الخاسرة، *كل-تقطيعة-يسرى، تتواجد في طبقة مهيمن عليها في ت₁ كنتيجة للتخفيض الذي تعرضت له في الخطوة 2.)

- لا يوجد إلا قيد واحد لتقييم العلامات-الرابعة (القيد أقصى-يمين) لا يعتبر تحت هيمنة ق₃خسر (وزع-مقطع، أقصى-يسار). وبناء على ذلك، فإن القيد أقصى-يمين فقط هو الذي سيخفف إلى الطبقة التي هي أدنى من ق₃خسر، والتي كانت قبلاً محتوية على القيدين كل-تقطيعة-يسرى وكل-تقطيعة-يمنى:

(31) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 3

ت₃ = {تقطيعة-ثنائية، وزع-مقطع، أقصى-يسار}

<<

{كل-تقطيعة-يمنى، كل-تقطيعة-يسرى، أقصى-يمين}

أما زوج معطيات-الانتهاك الرابع الذي سيطرح للدراسة هو ذلك الذي يحتل الصف الأدنى في الجدول (17)، أي هـ > أ، أو [(pú.[ij]).(ká.la).(tù)] > [(pú.[ij]).(kà.la).tù]:

(32) معطيات-الانتهاك (الخطوة 4)

العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابعة	أدنى أفضلية > أفضل
*كل-تقطيعة-يسرى، *تقطيعة-ثنائية	{*وزع-مقطع}	هـ > أ [(pú.[ij]).(ká.la).(tù)] [(pú.[ij]).(kà.la).tù] >

الذي يعكسه هذا الترتيب التلاؤمي هو التعميم القائل بأن التقطيعات النبرية المنتقضة لا تعتبر استراتيجية مباحة لتحقيق قدر أفضل من الاستنفادية (exhaustivity) في توزيع المقاطع الكلمية على التقطيعات النبرية. وستعالج هذه المعلومات كما يلي:

- تعتبر العلامة *تقطيعة-ثنائية الأعلى-ترتيباً ضمن العلامات-الخاسرة في التسلسلية الحالية ت₃. (فهي في الطبقة العليا، بينما تقع العلامة *كل-تقطيعة-يسرى في الطبقة الدنيا.)
- لا يعتبر القيد الفردي الذي يقوم العلامة-الرابعة (وزع-مقطع) تحت هيمنة القيد ق₃خسر (تقطيعة-ثنائية). وبناء على ذلك، فسيخفف القيد وزع-مقطع إلى طبقة تكون

مباشرة أسفل القيد تقطيع-ثنائية. ونقول هنا أيضاً أنه ليس من الضروري إيجاد طبقة جديدة:

(33) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 3

ت₄ = {تقطيع-ثنائية، أقصى-يسار}

<<

{كل-تقطيع-يمنى، كل-تقطيع-يسرى، أقصى-يمين، وزع-مقطع}

من خلال هذه الخطوات الأربع، تمكنت الخارزمية من إيجاد تقسيم واسع في طبقتين. حيث نجد أن الطبقة العليا تحتوي على كلا القيدين الغير-مهيمن عليهما، بينما تحتوي الطبقة الدنيا على جميع القيود 'المهيمنة'. ولكن يجب علينا أن نستمر في تنقية هذه التسلسلية إلى أن نتمكن من تحقيق وضعية 'النظام اللغوي الهدف'. وتحديداً، يجب أن نتحقق إجراءات التنقية في الترتيبات الثنائية بين القيود المهيمنة الموجودة في الطبقة الدنيا.

فالخارزمية لا 'تعلم' أنها لم تنتهي بعد من عملياتها المتعلقة بإعادة الترتيب، حيث أنها ستستمر، وبشكل ثابت، في فحص أزواج معطيات-الانتهاك. لذلك، دعونا نفترض أنها ستعيد طرح الأزواج مرة أخرى وبنس الترتيب. فسنجد أن الزوج الأول ب > أ (والذي لن نعيد طرحه كاملاً) يحتوي على علامة-خاسرة {كل-تقطيع-يسرى} وعلى علامة-رابحة {كل-تقطيع-يمنى}:

- تعتبر العلامة *كل-تقطيع-يسرى هي الأعلى-ترتيباً من بين العلامات-الخاسرة في التسلسلية الحالية ت₄. (لا يعتبر هذا الأمر ذا أهمية، لأنها العلامة الوحيدة في خلية العلامات-الخاسرة.)

- لا يعتبر القيد المقوم للعلامة-الرابحة (كل-تقطيع-يمنى) تحت هيمنة القيد ق_{خسر} (كل-تقطيع-يسرى). (فكليهما في ذات الطبقة الدنيا في ت₄.) وهذا سيعني أن القيد كل-تقطيع-يمنى سيتم تخفيضه إلى موضع مباشرة أدنى من القيد كل-تقطيع-يسرى، حيث سيؤدي ذلك إلى إيجاد طبقة جديدة في التسلسلية:

(34) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 5

ت₅ = {تقطيع-ثنائية، أقصى-يسار}

<<

{كل-تقطيعة-يسرى، أقصى-يمين، وزع-مقطع}

<<

{كل-تقطيعة-يمنى}

ومن ثم، ستعيد الخارزمية دراسة الزوج الثاني من أزواج معطيات-الانتهاك المطروحة في (17)، أي ج > أ ، والذي يحتوي على العلامة-الخاسرة { *وزع-مقطع } وعلى العلامات-الرابعة { *كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى }:

- تعتبر العلامة *وزع-مقطع الأعلى-ترتيباً من بين العلامات-الخاسرة في ت5.
- يوجد قيد واحد في خلية العلامات-الرابعة (كل-تقطيعة-يسرى) ليس تحت هيمنة قخاسر (وزع-مقطع). سيتم تخفيض القيد كل-تقطيعة-يسرى فقط إلى الطبقة التي هي مباشرة أسفل قخاسر. حيث أنه سيشارك مع القيد كل-تقطيعة-يمنى في هذه الطبقة، والتي هو موجود فيها قبلاً؟

(35) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 6

ت6 = {تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار}

<<

{أقصى-يمين، وزع-مقطع}

<<

{كل-تقطيعة-يمنى، كل-تقطيعة-يسرى}

من خلال خطوتين إضافيتين تتبع 'الجولة' الأولى المكونة من أربع، نجد أن عملية تخفيض القيود قد تمكنت من إيجاد الطبقة {أقصى-يمين، وزع-مقطع} في موضع أدنى من الطبقة العليا، والتي هي في الحقيقة جزء من النظام اللغوي الهدف. والخطوة الوحيدة المتبقية هي تخفيض القيد كل-تقطيعة-يمنى أدنى من القيد كل-تقطيعة-يسرى، الأمر الذي سيتطلب 'جولة' ثالثة (ونهاية) مع أزواج معطيات-الانتهاك (والتي سنجد أن الزوج ب > أ هو الذي يستثيرها). ولكننا، سنرى أولاً خطوتين 'فارغتين'.

ومن ثم، ستعيد عملية تخفيض القيود دراسة الزوج د > أ ، الذي يحتوي على العلامات-الخاسرة { *كل-تقطيعة-يسرى، *أقصى-يسار، وزع-مقطع } وعلى العلامات-الرابعة { كل-تقطيعة-يمنى، *أقصى-يمين }:

- تعتبر العلامة *أقصى-يسار هي العلامة-الخاسرة الأعلى-ترتيباً في t_6 ،
- بينما لا يعتبر كلا القيدين في خلية العلامات-الرابعة (كل-تقطيعة-يمنى، أقصى-يمين) تحت هيمنة ق_{خاسر} (أقصى-يسار). وعليه فلن يكون هناك أي تخفيض، وستبقى التسلسلية على ما هي عليه:

(36) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 7

$$t_7 = t_6$$

ويمكن قول الشيء نفسه بالنسبة للزوج هـ > أ، الذي يحتوي على العلامات-الخاسرة {كل-تقطيعة-يسرى، تقطيعة-ثنائية}، وعلى العلامات-الرابعة {*وزع-مقطع}:

- العلامة *تقطيعة-ثنائية هي العلامة-الخاسرة الأعلى-ترتيباً في $t_7 (=t_6)$ ،
- بينما نجد أن القيد في خلية العلامات-الرابعة (وزع-مقطع) هو تحت هيمنة ق_{خاسر} (تقطيعة-ثنائية). وهذا الأمر يستلزم عدم إجراء أي تخفيض.

(37) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 8

$$t_8 = t_7 = t_6$$

الأمر الذي تشترك فيه الخطوتين السابقتين هو أنه في كلا الحالتين نجد أن العلامات-الخاسرة تحتوي على علامة يقوم على تقييمها قيد غير مهيمن عليه. حيث نجد أن هذه العلامة في الزوج د > أ هي *أقصى-يسار، وفي الزوج هـ > أ هي *تقطيعة-ثنائية. وتعرف هذه العلامات على أنها ق_{خاسر}، بغض النظر عن محتوى خلايا العلامات-الرابعة في هذه الأزواج. فعملية تخفيض القيود تؤكد على أن القيد لا يمكن أن يخفض إلا إذا لم يكن قد خفض عن طريق ق_{خاسر}. ولكن في الحقيقة، لا توجد أي علامات-رابعة في هذه الأزواج نخضع لتقييم أي قيود لم تقع بعد تحت هيمنة الطبقة العليا من القيود.

وأخيراً، نجد أنفسنا بحاجة إلى جولة ثالثة لكي ننهي التسلسلية. ومرة أخرى، سنطرح الزوج الأول ب > أ للدراسة. وهو يحتوي على علامة-خاسرة {كل-تقطيعة-يسرى} وعلى علامة-رابعة {*كل-تقطيعة-يمنى}:

- العلامة *كل-تقطيعة-يسرى هي الأعلى-ترتيباً من بين العلامات-الخاسرة في التسلسلية الحالية ت8.
- لا يعتبر القيد المقوم للعلامة-الرابحة (كل-تقطيعة-يمنى) تحت هيمنة قخسر (كل-تقطيعة-يسرى). (فكليهما يقعان في نفس الطبقة الدنيا من التسلسلية ت8.) وبناء على ذلك، فإن القيد كل-تقطيعة-يمنى سيخفض إلى موضع يكون مباشرة أدنى من القيد كل-تقطيعة-يسرى، موجدًا طبقة جديدة في التسلسلية:

(38) حالة تسلسلية القيود بعد الخطوة 9

ت9 = {تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار}

<<

{أقصى-يمين، وزع-مقطع}

<<

{كل-تقطيعة-يسرى}

<<

{كل-تقطيعة-يمنى}

فمن الواضح أن هذه التسلسلية تطابق، وبدقة كاملة، النظام اللغوي الهدف (في 6 أعلاه). وهذا يعني أن خارزمية التعلم كانت ناجحة، لكونها تمكنت من تحقيق المتوقع منها. والمثير للاهتمام هنا هو أن هذه التسلسلية لا يمكن تغييرها في أي جولات قادمة يكون الهدف منها إعادة النظر في أزواج معطيات-الانتهاك (في الجدول 17). فهذا يعتبر ترتيباً ثابتاً، وهو كذلك وبشكل حاسم. ولكن دعونا نرى كيف تم التوصل إلى هذا الاستنتاج. فلقد شاهدنا سابقاً أنه لا يمكن للزوجين د > أ و هـ > أ أن تقودنا إلى أية إجراءات أخرى بغرض إعادة ترتيب التسلسلية. فعلاماتها-الخاسرة تحتوي على علامة يتم تقييمها عن طريق أحد القيود الغير مهيمين عليها، إما القيد تقطيعة-ثنائية أو القيد أقصى-يسار. ولكن لا يظهر في التسلسلية النهائية، ت9، أي قيد لا يعتبر تحت هيمنة أحد هذين القيدين. وعليه، فإنه لا يوجد أي قيد يمكن أن يتعرض إلى حالات تخفيض 'يستثيرها' أحد القيدين تقطيعة-ثنائية أو أقصى-يسار.

ويمكن أن نعتمد مثل هذا الاستدلال للتبرير للزوجين المتبقين ب > أ و ج > أ. فمن الواضح أنه لا يمكن للأول أن يقودنا إلى أي حالات تخفيض أخرى، وهذا لأنه كان هو مثيراً لعملية التخفيض النهائية في الخطوة 9، والتي قادتنا إلى التسلسلية الحالية. ولذلك بالنسبة

للزوج الثاني ج > أ ، حيث نجده يحتوي على العلامة-الخاسرة { *وزع-مقطع } وعلى
العلامات-الرابحة { *كل-تقطيعة-يسرى، كل-تقطيعة-يمنى } . وأيضاً، نلاحظ أن القيد في
خلية العلامات-الخاسرة هو في الحقيقة يهيمن على كلا القيدين في خلية العلامات-الرابحة .
وهذا بالطبع غير كاف لإثارة أي حالة تخفيض.

وتعتبر هذه نتيجة مهمة، لكونها تبين أن خوارزمية التعلم، بالإشارة إلى أحد الصيغ
المخرجة، تتبلور في حالة تتحقق فيها الاستفادة القصوى من كل المعلومات المستسقة من تلك
الصيغة المخرجة. الأمر الذي يعني أنه تم استخراج جميع المعلومات المطلوبة، ولم يتبقى ما
يكن استخراجاً من الصيغة موضوع الدراسة. وبغض النظر عن عدد المرات التي ستنتم فيها
إعادة دراسة أزواج معطيات-الانتهاك من خلال الخارزمية، فلن ينتج عن ذلك أي تغييرات
إضافية تطرأ على التسلسلية. فالمتعلم شغوف بالاستزادة، ولكنه قادر على تحديد متى يجب
عليه أن يتوقف.⁶

ولكن الأمر الذي قد يظهر (وهو عادة ما يظهر) هو وجود أحد الصيغ المخرجة التي
لا تكون قادرة على إيجاد (أو ليست لديها الكفاءة المطلوبة لتحقيق) الترتيب المتكامل لكل
القيود. ولقد رأينا في الحقيقة مثل هذا الأمر من خلال المثال خماسي-المقاطع الكلمية المأخوذ
من لغة Pintupi، والذي لم نستطع من خلاله استنباط أي ترتيبات ثنائية للقيود المتواجدة في
طبقة واحدة {تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} و{أقصى-يمين، وزع-مقطع} . وفي الحقيقة، لن
تتمكن اللغة من تقديم أي دلائل على الترتيب المتكامل. ولكن الذي يمكن حدوثه أيضاً، هو أنه
عندما تتم تغذية الخارزمية بصيغ مخرجة جديدة، ستحفز عمليات جديدة لإعادة الترتيب.
وسوف نناقش هذه المسألة في الفصلين 4-7 و 5-7.

2-5-3-7 قوة الترتيب التكراري

الذي يجب أن نطرحه للدراسة الآن هو تبعات معالجة الترتيب التكراري لأزواج معطيات-
الانتهاك بترتيب مختلف عن ذلك الذي افترضناه في الفصل السابق. فهل 'ستتبلور' الخارزمية
- تكون قادرة على التوصل إلى التسلسلية الهدف؟ أنه من المهم أن نتوصل إلى جواب إيجابي

⁶أشار Bruce Tesar (في اتصال شخصي) إلى وجود حد نظري أقصى (حد أعلى) لعدد أزواج علامات-الانتهاك 'ذات الدلالة' والتي تكون ضرورية لتحديد وتعريف تسلسلية صحيحة للقيود للغة ما. ويعتبر زوج علامات-الانتهاك 'ذا الدلالة' هو ذلك الذي يحتوي على بعض المعلومات المتعلقة بالترتيب والتي لا يمكن التوصل إليها عن طريق (أو التي لا تحتويها) الأزواج التي تمت ملاحظتها. ويتم حساب الحد الأقصى كالتالي: فإذا كان عدد القيود هو ن، فإن الحد الأقصى للعدد الضروري لأزواج معطيات-الانتهاك ذات الدلالة هو ن(ن-1)/2. ولكن لا يتعدى ذلك كونه حد نظري؛ فمن خلال التطبيق، سيتضح أن العدد الحقيقي هو أقل من ذلك بكثير، وفي الحقيقة سيكون من الصعب جداً بناء نظام يعتمد للنظرية التفاضلية بحيث يتطلب كل هذا العدد الهائل من الأزواج.

لهذا التساؤل، وذلك لأنه لا يمكن لأي من الخصائص الملازمة (الأصيلة) لأزواج معطيات-الانتهاك أن تفرض ترتيباً معيناً لعملية المعالجة. فإذا كانت عملية التعلم ستتعرض لمجرد طرح المعطيات في ترتيب 'غير ملائم'، فمن المؤكد أن هناك خطأ ما. وفي تلك الحالة، لن يستطيع المتعلم التوصل إلى النظام اللغوي الهدف إلا عن طريق الصدفة؛ وذلك باختياره العفوي للترتيب 'الذكي'. الأمر الذي يعني أننا لن نستطيع أن نفترض قابلية تعلم الأنظمة اللغوية في النظرية التفاضلية.

ولكن لحسن الحظ، تعتبر عملية البلوغ إلى النظام اللغوي الهدف مستقلة عن الترتيب الذي تطرح فيه أزواج معطيات-الانتهاك للدراسة التي تجريها عملية تخفيض القيود. ويتمثل الأثر-الجانبى الوحيد لاختيار ترتيب معين من بين الترتيبات المحتملة الأخرى في عدد المراحل الوسطية التي يتحتم تجاوزها أثناء عبور الطريق المؤدي للهدف. وفي الحقيقة، هناك ترتيبات ذات كفاءة وفعالية، كما أن هناك أخرى تعتبر أقل كفاءة وفعالية. وفي هذه المرحلة، لن نطرح أي دلائل مقننة لهذا الاستنتاج، ولكن كمحاولة لتبيين الطول النسبي للمسار، سوف نناقش ترتيباً آخرًا لمعالجة أزواج معطيات-الانتهاك.

في الحقيقة، لقد كان ترتيب أزواج معطيات-الانتهاك الذي طرحناه في الفصل السابق *الأقل كفاءة وفعالية* من بين كل الأزواج الأخرى المحتملة. حيث أن الطريق الأسرع للوصول إلى الهدف يتمثل في طرح أزواج معطيات-الانتهاك بالترتيب المعاكس تحديداً:

(39) أزواج معطيات-الانتهاك مطروحة بالترتيب المعاكس للفصل السابق

أدنى أفضلية > أفضل	العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
ه > أ [[pú.ɭɪŋ).(ká.la).(tʰu)] [[pú.ɭɪŋ).(kà.la).(tʰu)] >	{*كل-تقطيعة-يسرى، *تقطيعة-ثنائية}	{*وزع-مقطع}
د > أ [[pu.ɭɪŋ.ka.(lá.tʰu)] [[pú.ɭɪŋ).(kà.la).(tʰu)] >	{*كل-تقطيعة-يسرى، *أقصى-يسار، *وزع-مقطع}	{*كل-تقطيعة-يمنى، *أقصى-يمين}
الجزئيات الصوتية > أ	{*وزع-مقطع}	{*كل-تقطيعة-يسرى، *كل-تقطيعة-يمنى}
ب > أ [[pú.ɭɪŋ.ka.(là.tʰu)] [[pú.ɭɪŋ).(kà.la).(tʰu)] >	{*كل-تقطيعة-يسرى}	{*كل-تقطيعة-يمنى}

دعونا الآن نجري الخطوات الأساسية مرة أخرى، متبعين في ذلك الترتيب الجديد. فللمرة الثانية، نجد أن للتسلسلية المبدئية طبقة فردية، محتوية على كل القيود.

أولاً، ستؤدي دراسة زوج معطيات-الانتهاك هـ > أ إلى تخفيض القيد وزع-مقطع إلى طبقة جديدة. وثانياً، ستؤدي دراسة زوج معطيات-الانتهاك د > أ إلى تخفيض القيد كل-تقطيعة-يمنى والقيد أقصى-يمين إلى الطبقة التي يحتلها قبلاً القيد وزع-مقطع. فلن يتم إيجاد أي طبقة جديدة لأن عملية التخفيض هي في حدها الأدنى (حيث أن كلا القيدين الأعلى-ترتيباً اللذان يقومان بالعلامات-الخاسرة، كل-تقطيعة-يسرى و أقصى-يسار، يعتبران مهيمين على هذه الطبقة). ثالثاً، سينتج عن زوج علامات-الانتهاك ج > أ تخفيض للقيد كل-تقطيعة-يسرى والقيد كل-تقطيعة-يمنى إلى طبقة جديدة، تكون مباشرة أسفل من القيد وزع-مقطع. رابعاً، سنجد أن زوج معطيات-الانتهاك ب > أ يقودنا إلى تخفيض القيد كل-تقطيعة-يمنى إلى طبقة جديدة، أسفل من تلك المحتوية على القيد كل-تقطيعة-يسرى. وهذا كل شيء! وفي (40) نجد كل التسلسليات التي ستبرز بعد كل من هذه الخطوات الأربع.

(40) خطوات التخفيض عند طرح أزواج معطيات-الانتهاك بالترتيب المعاكس

الخطوات	التسلسليات بعد الخطوات 1 - 4
ت صفر	{كل-تقطيعة-يسرى، كل-تقطيعة-يمنى، تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار، وزع-مقطع، أقصى-يمين}
ت هـ > أ	{كل-تقطيعة-يسرى، كل-تقطيعة-يمنى، تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار، أقصى-يمين} << {وزع-مقطع}
ت د > أ	{كل-تقطيعة-يسرى، تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع، كل-تقطيعة-يمنى، أقصى-يمين}
ت ج > أ	{تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع، أقصى-يمين} << {كل-تقطيعة-يسرى، كل-تقطيعة-يمنى}
ت ب > أ	{تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع، أقصى-يمين} << {كل-تقطيعة-يسرى} << {كل-تقطيعة-يمنى}

نرى هنا أننا احتجنا إلى أربع خطوات، بدلاً من تسع، لنتوصل إلى النظام اللغوي الهدف. ونجد أن هناك تنوع كبير إلى حد ما في طول المسار بين المرحلة المبدئية والنظام اللغوي

الهدف، وذلك بناء على الترتيب الذي تمت من خلاله دراسة أزواج معطيات-الانتهاك. ولكن الجدير ذكره هنا هو أن هذا التنوع لن يؤثر على المنتج النهائي: ففي كلتا الحالتين، سنجد أن الخارزمية تتبلور في شكل النظام اللغوي الهدف.⁷

3-5-3-7 لماذا يجب أن يكون التخفيض في حده الأدنى

السؤال الآخر الذي يجب طرحه هو: لماذا تكون عملية التخفيض في حدها الأدنى، بدلاً من حدها الأقصى. وتذكر أنه بقولنا التخفيض الأدنى نعني أن القيد الذي يقوم العلامات-الرابحة هو الذي يتم تخفيضه إلى طبقة تكون مباشرة أدنى من تلك المحتوية على القيد الأعلى-ترتيباً الذي يقوم العلامات-الخاسرة. ولقد شاهدنا نجاح استراتيجية التخفيض الأدنى في الحالة التي درسناها من لغة Pintupi. ولكنه من المفيد والمناسب أن نفهم أن التخفيض الأدنى يعتبر أمراً حاسماً لتحقيق نجاح الخارزمية. ولنتحقق من صحة هذا الادعاء، يجب أن نطرح الاستراتيجية البديلة للدراسة، أي تلك المعتمدة على التخفيض الأقصى.

بقولنا التخفيض الأقصى، يمكن أن نعتمد المفاهيم التالية: حيث سيتم تخفيض أي قيد يقوم العلامات-الرابحة إلى طبقة تكون مباشرة أسفل من القيد الأدنى-ترتيباً الذي يقوم العلامات-الخاسرة. ويمكن لنا توضيح كيفية فشل التخفيض الأقصى بأسلوبين اثنين. فاولاً، يمكن لنا تبين أن الخارزمية ستستمر في أداء عمليات إعادة ترتيب القيود بالرغم من أنه قد تم التوصل إلى النظام اللغوي الهدف. وبالطبع، فإن الخارزمية لا 'تعلم' أنها قد توصلت إلى النظام اللغوي الهدف. وبناء على ذلك، فإنها سوف تستمر في دراسة أزواج معطيات-الانتهاك، وستستمر كذلك في أداء عمليات إعادة الترتيب في أي وقت تقوم فيه أزواج معطيات-الانتهاك بتحفيز ذلك. ولا نستطيع القول بأن النظام اللغوي الهدف قد تم اكتسابه إلا إذا لم نعد قادرين، البتة، على تبرير عمليات إعادة الترتيب. والآن، فلنفترض أن الخارزمية،

⁷ والمسألة الأخرى هنا هي المتعلقة بتوليد المرشحات الدلالية التي تكون أدنى أفضلية. فكما أشرنا إلى ذلك آنفاً في الحاشية 2، فلقد قام Tesar (1995) بتطوير خارزمية لإتمام هذه المهمة. فنجد أن تخفيض القيود المحدد-بالأخطاء يعمل بأسلوب مزج التعلم مع التوزيع. حيث أن المتعلم يستخدم تسلسليته الحالية للقيود، بينما يقوم بحساب (أو تقرير) وصف الصيغة الكامنة التي تعتبر الأفضل. فإذا تطابق ذلك مع التوصيف الصحيح (أي الصيغة الرابحة)، فإنه يمكن القول بأن التعلم قد تم بالنسبة للصيغة الرابحة. ولكن إذا لم تتطابق مع الصيغة الرابحة، فسوف يتضح أنها صيغة خاسرة، الأمر الذي يعني إيجاد زوج لمعطيات-الانتهاك يضم كلاً من الصيغة الرابحة (قبل-تحديد) مع التوصيف الأفضل حالياً على أن الخاسر. ويمكن بعد ذلك تطبيق عملية تخفيض القيود على ذلك الزوج لمعطيات-الانتهاك، مما سينتج عنه تسلسلية قيود جديدة. حيث سيقوم المتعلم بعد ذلك بإجراء التوزيع مستخدماً تسلسلية القيود الجديدة، للتأكد مما إذا كانت الصيغة الرابحة قد أصبحت الأفضل. وإذا لم تكن كذلك، فإن القيد الذي كان الأفضل في تسلسلية القيود الجديدة سيصبح الخاسر التالي. وبهذه الطريقة، سيتم إيقاف عملية التعلم عند أحد الصيغ الرابحة عندما نتوصل إلى تسلسلية القيود التي تتحقق من خلالها الأفضلية لتلك الصيغة الرابحة.

وبمحض الصدفة، سوف تتوصل إلى النظام اللغوي الهدف. فستظهر عملية تخفيض أخرى إذا طرح للدراسة زوج آخر لمعطيات-الانتهاك (ولنقل الزوج هـ > أ):

(41)	النظام اللغوي الهدف	هـ > أ	النظام اللغوي الغير-هدف
	{نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} <<	←	{نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} <<
	{وزع-مقطع، أقصى-يمين} <<		{أقصى-يمين} <<
	{كل-نقطيعة-يسرى} <<		{كل-نقطيعة-يسرى} <<
	{كل-نقطيعة-يمنى}		{وزع-مقطع، كل-نقطيعة-يمنى}

من الواضح أن القيد وزع-مقطع قد تم تخفيضه إلى موضع أسفل من القيد الأدنى-ترتيباً الذي يقوم على تقييم العلامات-الخاسرة، أي القيد كل-نقطيعة-يسرى في هذه الحالة. وهذا يعني أن الخارزمية التي توظف التخفيض الأقصى هي في الحقيقة ليست قادرة على التبلور في شكل النظام اللغوي الهدف، وذلك لأنها ستستمر في تغييره عندما تتوصل إليه.

ولكن في الحقيقة، لا يوجد ما يضمن أن مثل هذه الخارزمية ستتوصل للنظام اللغوي الهدف. وهذه هي الحجة الثانية لإثبات أن التخفيض الأقصى هو استراتيجية غير-فعالة. وسنجد في الجدول (42) مقارنة بين النتائج في الحالات التي تتناولها عمليات التخفيض الأدنى والتخفيض الأقصى عند استخدامها لترتيب أزواج معطيات-الانتهاك الذي تم طرحه آنفاً، في (39) أعلاه.

(42) عدم تبلور الخارزمية التي توظف التخفيض الأقصى

الخطوات	التخفيض الأدنى	التخفيض الأقصى
ت صفر	{كل-نقطيعة-يسرى، كل-نقطيعة-يمنى، نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار، وزع-مقطع، أقصى-يمين}	(مطابق للتخفيض الأدنى)
ت هـ > أ	{كل-نقطيعة-يسرى، كل-نقطيعة-يمنى، نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار، أقصى-يمين} << {وزع-مقطع}	(مطابق للتخفيض الأدنى)
ت د > أ	{كل-نقطيعة-يسرى، نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع، كل-نقطيعة-يمنى، أقصى-يمين}	{كل-نقطيعة-يسرى، نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع} << {كل-نقطيعة-يمنى، أقصى-يمين}
ت ج > أ	{نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع، أقصى-يمين} << {كل-نقطيعة-يسرى، كل-نقطيعة-يمنى}	{نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع} << {كل-نقطيعة-يسرى، كل-نقطيعة-يمنى، أقصى-يمين}
ت ب > أ	{نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع، أقصى-يمين} <<	{نقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {وزع-مقطع} <<

	{كل-تقطيعة-يسرى} << {كل-تقطيعة-يمنى}	{كل-تقطيعة-يسرى، أقصى-يمين} << {كل-تقطيعة-يمنى}
ت. ه > أ	(لا يمكن تبرير أي تخفيض)	{تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {كل-تقطيعة-يسرى، أقصى-يمين} << {وزع-مقطع، كل-تقطيعة-يمنى}
ت. د > أ	(لا يمكن تبرير أي تخفيض)	{تقطيعة-ثنائية، أقصى-يسار} << {كل-تقطيعة-يسرى} << {وزع-مقطع} << {كل-تقطيعة-يمنى، أقصى-يمين}
ت. ج > أ	(لا يمكن تبرير أي تخفيض)	(= ت ₃)
ت. ب > أ	(لا يمكن تبرير أي تخفيض)	(= ت ₄)
ت. ه > أ	(لا يمكن تبرير أي تخفيض)	(= ت ₅)
ت. د > أ	(لا يمكن تبرير أي تخفيض)	(= ت ₆)

نلاحظ أن التخفيض الأدنى توصل إلى النظام اللغوي الهدف في أربع خطوات. وبالمقابل، لم يتمكن الترتيب الأقصى من التوصل إلى النظام اللغوي الهدف، حتى ولو بعد عشر خطوات، بل أنه في الحقيقة ابتدأ بتكرار مراحل سابقة من ت₇ فما بعد. الأمر الذي يعني أنه يدور في حلقة أبدية (مفرغة). ويقضي مثل هذا التذبذب لعملية التخفيض على أي أمل في أن هذه الخارزمية ستتمكن من اكتساب النظام اللغوي الهدف. وباختصار، نقول أننا قد تأكدنا من وجوب أن يكون تخفيض القيود في حده الأدنى إذا ما أردنا تحقيق التعلم الفعال.

7-4 خارزمية التعلم: طرح ونقاش

لقد تبين من الفصل السابق نجاح خارزمية Tesar and Smolensky للتعلم في تلك المهمة المركبة (المعقدة) التي تتطلب استنباط تسلسلية للقيود، أي، نظام لغوي تفاضلي (في إطار النظرية التفاضلية). وبالطبع، لم نطرح للدراسة إلى تلك الحالة البسيطة جداً، المتضمنة على ستة قيود يمكن تفسير تفاعلاتها من خلال اختبار مثال واحد فقط. ولكن في الحقيقة يمكن توضيح أن الخارزمية قادرة على النجاح في بناء تسلسلية من القيود لتفسير أي حالة مركبة، طالما كانت معطيات المدخل متماسكة (ثابتة). إذاً، يمكن القول بأنه إذا تمكن النموذج من تعلم تسلسلية القيود لنظام لغوي تفاضلي، فذلك يعني أن المشكلة تعتبر قابلة للحل منطقياً. وبناء على ذلك، فإننا يمكن أن نفترض أن الطفل متعلم-اللغة هو أيضاً قادر على أداء ذات المهمة. فقابلية تعلم ترتيبات القيود تعتبر مكوناً أساسياً وحاسماً لعملية تفسير قابلية تعلم الأنظمة اللغوية

برمتها. والذي يجدر ذكره، على أية حال، هو كونها أحد المكونات، حيث أن هناك أمور أخرى تتدخل في عملية تعلم نظام لغوي ما، وهي أكثر بكثير من مجرد ترتيب القيود. وفيما يلي، سنطرح وهذه المسألة.

يقدم Tesar and Smolensky عدداً من الافتراضات المبسطة بخصوص طبيعة مهمة الاكتساب، والتي سنضطر (في النهاية) إلى إعادة دراستها بهدف التوصل إلى نموذج أكثر تكاملاً لمتعلم اللغة. ودعونا الآن نطرح هذه الافتراضات للنقاش.

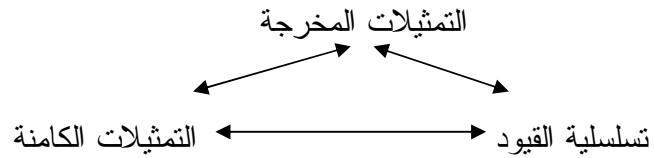
أولاً، نجد أن خوارزمية Tesar and Smolensky تعمل بناء على الفرضية القائلة بأن الصيغ المخرجة تكون متوافرة لدى المتعلم في شكل تمثيلات لغوية (متقنة البناء)، بدلاً من كونها تتوافر في شكلها الصوتي الخام. ولكننا في ظل الظروف 'الطبيعية' (الحياتية) التي يتوقع أن تتم فيها عملية الاكتساب، لا نستطيع الأخذ بهذه الفرضية، وذلك لأن الوحدات اللغوية مثل المقاطع الكلمية، والتقطيعات النبرية، والسمات المميزة، لا تكون عادة متوافرة في الصيغ الصوتية (الكامنة)، الأمر الذي يعني أن المتعلم يجب وأن يخمنها. ولكن وضعية التمثيل هذه 'ما قبل التحديدية' المتمثلة في الصيغة الصوتية ستساهم في إبراز مشكلة للمتعلم تتمثل في صعوبة التعامل مع هذا الوضع، أو بالأحرى تفاديه. ونجد مؤخراً أن Tesar (1996) يطرح هذه المشكلة، وذلك بتطويره لمفهوم توسعي لخوارزمية التعلم تكون له القدرة على تحقيق التقدم من خلال بعدين اثنين: تحديداً عن طريق الاختبار التكراري للفرضيات المتعلقة بالتمثلي المخرج وترتيب القيود. ويضع Tesar (1996: ص 1، 7) الفكرة العمومية في قالب النص التالي:

يستطيع المتعلم التردد (ذهاباً وإياباً) بين عمليتي تقدير البنية الخفية وتقدير ترتيب القيود، الأمر الذي سيفضي في نهاية المطاف إلى تبلور الصيغ الصحيحة لكليهما ... والهدف هو التوصل إلى ترتيب يمكن من خلاله الربط بين تأويل كل صيغة صريحة والتوصيف الأفضل المقابل لها، حيث أن كليهما يتم تحديده بالنسبة للترتيب الفرضي الحالي. وتغيير ذلك الترتيب الافتراضي قد ينتج عنه تغيير للتوصيف الأفضل المرتبط بالصيغة الكامنة السابقة للتأويل. ولكن يمكن أن ينتج عن ذلك أيضاً تغيير للتأويل المرتبط بالصيغة الصريحة وذلك عن طريق التوزيع التأويلي.

ويبين Tesar عملية (إمكانية تطبيق) هذا المدخل من خلال خوارزمية يناط بها مهمة بناء ترتيب للقيود العروضية مبني على المخرجات التي لا توجد لها بنية عروضية صريحة، أي أنها ستعتمد على علامات النبرة 'الخام' فقط.

ثانياً، تفترض خارزمية التعلم التي يقدمها Tesar and Smolensky أن المتعلم قد تمكن من إجابة مجموعة المفردات، بما في ذلك التمثيلات الكامنة الصحيحة لكل مورفيم. وبناء على ذلك، فإنه سيتم ضم كل صيغة مخرجة تقوم الخارزمية بدراستها في زوج واحد مع صيغتها المدخلة الصحيحة. ولكن في ظل الظروف 'الحياتية' لاكتساب اللغة، تكون الصيغ الكامنة /افتراضية حيث يجب تخمينها من واقع فرضيات تحليلية مدمجة تخص المخرج وتسلسلية القيود. وبالطبع لا تتفرد النظرية التفاضلية بهذه المشكلة - ففي الحقيقة نجد أن كل نظريات الفونولوجيا التي تفترض أن المتناوبات السياقية لمورفيم ما تشتق من صيغة كامنة مفردة، تواجه مثل هذا الأمر. ولاحظ أنه بإضافة الصيغ الكامنة للإشكال المنطقي لعملية الاكتساب، نكون حقيقة قد أوجبنا مراقبة ثلاثة متغيرات بصفة مستمرة: (أ) الصيغة الكامنة، و(ب) تمثيلها المخرج، و(ج) تسلسلية القيود الرابطة بين كلا مستويي التمثيل:

(43) الاعتمادية المتبادلة لثلاثة عوامل في اكتساب اللغة



من الممكن أن نجد حلاً لهذه المشكلة من خلال مفهوم النموذج التوسعي، المطروح في Tesar (1996) الملخص أعلاه، وسوف نقوم حقيقة بهذه المحاولة في الفصل 7-5. حيث يجب علينا توسيع هذا النموذج ليتمكن من استيعاب عملية الاختبار الترددي لفرضيات جميع المتغيرات الثلاثة.

ثالثاً، يفترض Tesar and Smolensky أن لتسلسلية اللغة الهدف خاصية الترتيب الشامل. وهذه الفرضية القائلة بأن كل القيود تعتبر مرتبة بالنسبة لكل القيود الأخرى تضمن أن كل مدخل يتوافق مع مخرج واحد. ولكي نرى ذلك، أنظر إلى حقيقة أنه لا يمكن لصيغتين مخرجيتين لهما علامات انتهاك متباينة أن تكونان كليهما الأفضل. وعليه، فإذا وجدت صيغتين مخرجيتين تنكبدان علامات انتهاك مختلفة لقيدين متضادين، فمن المحتم أن تكون لهاتين الصيغتين قيم تلاؤم مختلفة، وذلك لأن كلا القيدتين، بطبيعتهما، يحتلان ترتيباً معيناً بالنسبة لبعضهما البعض. وبشكل ذا علاقة مباشرة بهذه المسألة، نجد أن Prince and Smolensky (1993: ص 51)

يشيران إلى أن فرضية الترتيب الشامل لا تعتبر مجرد افتراض أساسي للنظرية التفاضلية، ولكنها أمر تطبيقي معتمد على التجربة:

الأمر الذي يمكن استيعابه فعلاً هو أن النظام اللغوي يحسن به أن يتعرف بإمكانية تلاشي الترتيب بين أزواج من القيود، ولكن سيتيح ذلك إمكانية وجود حالات حاسمة لتلاشي الترتيب (بحيث لا يمكن لأحد القيد الهيمنة على الآخر؛ فكل الترتيبين مسموح)، الأمر الذي لم نجد له أي دلائل حتى الآن.

يوجد هنالك إثبات تجريبي (تطبيقي) محتمل يمكن الاستدلال به في هذه المسألة. فافتراض أن للمدخل مخرج فريد قد يتسبب في بعض الإشكاليات من منطلق أنه يعرف عن اللغات قدرتها على عرض تنوعية واسعة للصيغ المخرجة، حتى ولو كان ذلك تحت تحكم النظام اللغوي. ومن بين الظواهر التي يمكن لها أن تعرض التنوعية المحكومة بالنظام اللغوي في كثير من اللغات نذكر أنملط النبوة، وبنية شة الجملة الفونولوجية، والظواهر النحوية مثل التتابع الخطي لأشباه الجمل المستلحقة (المزج الخطي). أنظر الباب التاسع (الفصل 9-4) لمزيد من الطرح لظاهرة التنوع في النظرية التفاضلية.

وفي الختام، نقول أنه لا يفترض وجود أي معطيات غير صحيحة (أي مخرجات لا تتصاع للنظام اللغوي) من بين ما يقدم للمتعلم. ونجد هنا أيضاً أن هذا الافتراض لا يتطابق مع الظروف الحياتية الحقيقية التي تتم فيها عملية اكتساب اللغة. ويبين Tesar and Smolensky أن خارومية التعلم قادرة على رسم مثل هذه الإخفاقات، وعلى تقديم مقترحات بخصوص الدور المحتمل لهذه الوظيفة 'الإنذارية' لعملية الاكتساب.

5-7 تناوبات التعلم وتمثيلات المدخل

5-7-1 طبيعة المشكلة

السؤال الرئيسي الذي يطرح نفسه هنا هو ما إذا كان من الممكن توسيع الخارزمية بحيث تكون قادرة على التعامل مع التناوبات (التغييرات) في شكل المورفيمات. وتكمن السمة المركزية لهذه التناوبات في إمكانية أن تشترك صيغتين مخرجتين أو أكثر في صيغة مدخلة واحدة - أي في التمثيل المفرداتي أو الكامن. وعادة ما تكون الصيغة المدخلة مطابقة لأحد المناوبات السطحية، ولكن لا يوجد ما يميز هذه المعطيات بحيث يستطيع المتعلم تحديد هذه

الصيغة. وبناء على ذلك فإن مهمة المتعلم تعتبر أكثر تعقيداً مما كان مفترضاً في الفصل السابق، حيث كان المدخل يعتبر كلمة غير موزعة عروضياً. ولذلك، الذي سوف نطرحه للدراسة هو مسألة ما إذا كنا نستطيع تعميم الاستراتيجية التكرارية للتعلم على عملية تعلم الصيغ الكامنة.

سوف نعالج مشكلة التناوب مستخدمين قائمة بسيطة نسبياً لبعض المعطيات المأخوذة من الهولندية، والمشتمة على أمثلة لعملية التهميس في خاتمة-المقطع الكلمي. فكما شاهدنا في الفصل الأول، نجد أن التباين في جهر المعوقات، المثبت في هذه اللغة، يتم تحييده في الموضع الختامي في المقطع الكلمي، حيث تكون كل المعوقات مهموسة. فلا يلاحظ أن هناك أي تناوبات في جهر المعوقات في جذوع مثل *pet* و *voet* و *bloot* (44)، والتي تحتوي صيغها الكامنة على معوقات مهموسة: ε ɔ

أ1 (44)	/pet/	[pet]	‘طاقية’
أ2	/pet-ən/	[pe.tən]	‘طواقي’
ب1	/vut/	[vut]	‘قدم’
ب2	/vut-ən /	[vu.tən]	‘أقدام’
ج1	/blot/	[blot]	‘عاري (نعت إنساني)’
ج2	/blot-ə/	[blo.tə]	‘عاري (نعت لصيق)’

ولكن في الجذوع التي تكون معوقاتها الختامية مجهورة في شكلها الكامن، ستنمخض عملية تهميس التقفيلة عن تناوبات في الجهر، كما يتضح من صيغ المفرد والجمع للكلمات *bed* و *hoed* (45):

أ1 (45)	/bed/	[bet]	‘فراش، سرير’
أ2	/bed-ən/	[be.dən]	‘فرش، أسرة’
ب1	/hud/	[hut]	‘قبعة’
ب2	/hud-ən /	[hu.dən]	‘قبعات’
ج1	/bred/	[bret]	‘عريض (نعت إنساني)’
ج2	/bred-ə/	[bre.də]	‘عريض (نعت لصيق)’

يجب على خازمية التعلم أن تحدد ترتيب القيود (المشتمل على تفاعل لقيود سلامة-الصيغة والمحافظة) وذلك بناء على الافتراضات المتعلقة بالصيغ الكامنة (مستتباً تلك من 44-45)، وبالإضافة إلى قائمة من القيود الكونية. في هذه القائمة من القيود الكونية، سنجد قيدي سلامة-الصيغة (46أ-ب) وقيود المحافظة (46ج):

(46) أ. *تقفيلة-مجهورة

تكون معوقات التقفيلة مهموسة.

ب. بيصائتي-مجهور

تكون الصوامت البيصائتية مجهورة.

ج. هوية-مد مخ (جهر)

لتكن α جزئية صوتية في المدخل، ولتكن β مناظرة لـ α في المخرج. فإذا كانت α [جهر]، فإن β تكون [جهر].

تعتبر كلا عمليتي تهميس صوامت التقفيلة وجهر الصوامت البيصائتية من العمليات المثبتة بصفة متكررة ومألوفة في كثير من لغات العالم. وبالإضافة إلى ذلك، فإن كلا هاتين العمليتين تعتبران ناتجاً طبيعياً من وجهة النظر الإخراجية (أي المتعلقة بمخارج الأصوات). وبكونهما إفادات عن أوضاع للموسومية، فلقد تم تحقيقهما عن طريق قيدي سلمة-الصيغة (46أ-ب). نجد أن النظام اللغوي في الهولندية يرتب هذه القيود على النحو التالي (الأمر الذي يشير إلى تعريف ثلاث طبقات في التسلسلية):

(47) جزء من النظام اللغوي في الهولندية

{*تقفيلة-مجهورة}

<<

{هوية-مد مخ (جهر)}

<<

{بيصائتي-مجهور}

تتمثل المهمة التي ستناط بمتعلم اللغة في التوصل إلى تسلسلية القيود المناسبة (47)، ولذلك في تخمين (أو الاستدلال على) الصيغ الكامنة الصحيحة التي يمكن ربطها بالصيغ المخرجة المثبتة. والأولية هنا، هي أن المتعلم يحسن به يعين فرضيتين متعلقتين بحالة

التأوب بين [bɛ.dən]~[bɛt] في (45)، واللتن قد تشتملان على قيود مختلفة للموسمية. ولتنك الفرضية (الصحيحة) الأولى هي أن الجذع *bed* يرتبط بصيغة كامة يظهر فيها معوق مجهوراً /bɛd/، والذي سيتعرض لعملية التهميس في خاتمة المقطع الكلمي في صيغة المفرد. وستتضمن عملية تهميس خواتم المقاطع الكلمية هذه على هيمنة قيد الموسمية *تقفيلة- مجهورة على قيد المحافظة السماتية هوية-مد مخ (جهر)، كما سبق وأن شاهدنا في الباب الأول. أما الفرضية البديلة فتتلخص في أن الجذع *bed* يرتبط بصيغة كامة يظهر فيها معوق مهموس /bɛt/، والذي سيتعرض لعملية الجهر في المواضع البيصائية في صيغة الجمع. وفي هذه الحالة، ستتضمن عملية الجهر البيصائتي هذه على هيمنة قيد الموسمية بيصائتي-مجهور على القيد هوية-مد مخ (جهر). ولكن من الواضح (بالبرهان) أن هذه الفرضية الثانية لا تعتبر صحيحة، وذلك لأنه لا تكمن تخيل أي تسلسلية للقيود تشتمل على هذا الترتيب وتكون في ذات الوقت متماشية (متلائمة) مع المعطيات. ولكن دعونا أولاً نناقش كيفية الربط بين الصيغ الكامة الصحيحة والصيغ المخرجة المثبتة.

ففي ظل الفرضية الصحيحة، نجد أنه من الممكن الربط بين الصيغ الكامة /pɛt/ و /bɛt/ والصيغ السطحية مستخدمين في ذلك مجموعة القيود المرتبة في (47)، كما هو موضح في التصويرات (48-49). ويتأتى التدليل على صحة الترتيب *تقفيلة-مجهورة << هوية-مد مخ (جهر) من صيغة المفرد [bɛt] في التصوير (49)، حيث نجد أن الجزئية الصوتية المجهورة المدخلة /d/ تناظر المهموسة /t/ في المخرج.

(48)

المدخل: /pɛt/	*تقفيلة-مجهورة	هوية-مد مخ (جهر)	بيصائتي-مجهور
أ. pɛt			
ب. pɛd	!*	*	

(49)

المدخل: /bɛd/	*تقفيلة-مجهورة	هوية-مد مخ (جهر)	بيصائتي-مجهور
أ. bɛt		*	
ب. bɛd	!*		

لا يحتوي أي من هذين التصويرين على دلائل تشير إلى صحة ترتيب القيد ببيصائتي-مجهور، وذلك لأن كل المخرجات المرشحة التي تمت دراستها توافق هذا القيد. (وذلك بسبب عدم وجود أي سياق ببيصائتي.)

ولتقديم الدليل على صحة الترتيب هوية-مد مخ (جهر) < ببيصائتي-مجهور، يجب علينا أن نتفحص تصويراً لأحد صيغ الجمع مثل [pɛ.tən] 'طواقي'، والتي تحافظ على الجزئية الصوتية الكامنة - المهموسة - /t/ بالرغم من الضغط الذي يوجده القيد ببيصائتي-مجهور لجهرها في هذا الموضع:

(50)

المدخل: /pɛt-ən/	*تقفيلة-مجهورة	هوية-مد مخ (جهر)	بيصائتي-مجهور
أ. pɛ.tən			*
ب. pɛ.dən		!*	

(51)

المدخل: /bɛd-ən/	*تقفيلة-مجهورة	هوية-مد مخ (جهر)	بيصائتي-مجهور
أ. bɛ.tən		!*	*
ب. bɛ.dən			

لاحظ أن التصوير (51) للصيغة [bɛ.dən] 'فرش، أسرة' لا يساهم بأي معلومة بخصوص الترتيب.

والآن دعونا نندرس تلك الفرضية البديلة (الخاطئة)، والتي تفضي إلى الإدعاء بأن الجزئية الصوتية المجهورة [d] في الصيغة [bɛ.tən] تشتق من المدخلة /t/ في /bɛt-ən/ عن طريق عملية الجهر البيصائتي. فالنظام اللغوي الذي يستطيع القيام بهذا الربط يجب عليه، وبشكل حاسم، أن يضع القيد ببيصائتي-مجهور في مرتبة أعلى من القيد هوية-مد مخ (جهر)، وذلك لأن عملية الجهر البيصائتي تنتهك المحافظة السماتية للسمة [-جهر]. في ظل مثل هذه الفرضية، لا نجد أن هناك أي سبب لتخفيض القيد *تقفيلة-مجهورة، من وضعيته الغير مهيمن

عليها وذلك لأنه يتضح أنه غير منتهك في الأمثلة المطروحة (وفي الحقيقة نجد أن هذا ينطبق على جميع الصيغ المخرجة في اللغة). وبناء على ذلك، نطرح الترتيب الافتراضي التالي:

(52) جزء افتراضي (وغير صحيح) من النظام اللغوي في الهولندية
*تقفيلة-مجهورة، ببيصائتي-مجهور < هوية-مد مخ (جهر)

في الحقيقة، سنجد أن هذا الترتيب قادر على اشتقاق جميع الصيغ بشكل صحيح، باستثناء صيغة واحدة: فهو سيتنبأ بتفضيل * [pɛ.dən] بدلاً من [pɛ.tən] 'طواقي'. (وقد تمت الإشارة إلى الراح الغير صحيح باستخدام العلامة ⊗). (53)

المدخل: /pɛt-ən/	*تقفيلة-مجهورة	بيصائتي-مجهور	هوية-مد مخ (جهر)
أ. pɛ.tən		*!	
ب. pɛ.dən ⊗			*

وبذلك قد تلاشى التباين في الجهر البيصائتي بسبب تخفيض القيد هوية-مد مخ (جهر) إلى مرتبة دنيا.

تعتمد الحجة التي سنبتناها للتدليل على صحة النظام اللغوي في (47) بالمقارنة مع ذلك النظام اللغوي الافتراضي في (52) على ظاهرة التناوب في الجهر في الصيغ مثل *bedden - bed*، وانعدامه في صيغ مثل *petten - pet*. وتعتبر هذه حجة مباشرة وواضحة. ولكننا يجب أن نتساءل ما إذا كان اختيار النظام اللغوي في (47) يعتبر على نفس الدرجة من الشفافية بالنسبة للمتعلم، الذي يتوقع منه أن يقوم بتحديد الصيغ الكامنة وكذلك ترتيبات القيود، وذلك بناء على الصيغ السطحية وقائمة من القيود الكونية، فقط. ولكن ما هو الذي يحدو بالطفل متعلم الهولندية في نهاية المطاف إلى اختيار هذه التوليفة الصحيحة للنظام اللغوي ومجموعة المفردات، بدلاً من واحدة ينتج فيها التناوب في *bedden - bed* عن عملية الجهر البيصائتي للجزئية الصوتية الكامنة /t/؟ في الحقيقة، سنبين أن النظام اللغوي الصحيح ومجموعة الصيغ الكامنة هي أمور يمكن تعلمها باستخدام خوارزمية Tesar and Smolensky للتعلم، هذا إذا تمكنا من توسيع هذه الخوارزمية عن طريق التعلم التكراري، بمفهوم Tesar (1996). الأمر الذي

يعني أن المتعلم يستطيع التردد رواحاً ومجيباً بين تقدير الصيغ الكامنة وتقدير ترتيب القيود، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى تبلور الصيغ الصحيحة لكليهما. وسوف يهدف الجدل أدناه إلى إثبات أن مبدأ ترشيح مجموعة المفردات سيلعب دوراً فاعلاً في الإجراء الفعلي لعملية التعلم هذه.

7-5-2 تعلم التسلسلية بناء على المدخلات الصحيحة

أولاً سنهدف إلى إثبات إمكانية تعلم الترتيب الصحيح للقيود وذلك، فقط، بالاعتماد على الصيغ الكامنة الصحيحة، منتهجين في ذلك الخارزمية التقليدية التي قدمها Tesar and Smolensky. مما سيعني أننا سنغض الطرف مؤقتاً عن مشكلة كيفية تحديد الصيغ الكامنة، بحيث نعود إليها في وقتها. وتتمثل الحالة المبدئية للمتعلّم في القائمة الكونية للقيود الغير مرتبة التي تحتويها طبقة واحدة، والتي تمثل (54) قائمة فرعية:

$$(54) \{ \dots * \text{ثقيلة-مجهورة، هوية-مد مخ (جهر)، بيصائتي-مجهور} \dots \}$$

لنفترض أن أول ما يواجه المتعلم، المزود بالصيغة الكامنة الصحيحة /bed/، هي الصيغة السطحية [bet]. فستكون أزواج معطيات-الانتهاك للمرشح الأفضل [bet] ومنافسه الرئيسي [bed] كما يلي:

(55) أزواج معطيات-الانتهاك

أدنى أفضلية > أفضل	العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
bet > bed	{**ثقيلة-مجهورة}	{*هوية-مد مخ (جهر)}

كما هو واضح، فالحالة هنا لا تتطلب أي إلغاء (شطب). ومن الآن فصاعداً، سيتم تطبيق عملية تخفيض القيود بالطريقة التالية. أولاً، يجب التأكد من أن القيد الذي يتسبب في العلامة-الخاسرة، أي القيد *ثقيلة-مجهورة في هذه الحالة، لا يهيمن على القيد الذي يتسبب في العلامة-الرابحة، في هذه الحالة القيد هوية-مد مخ (جهر). ولا يعتبر هذا الأمر ذا أهمية، لأن التسلسلية ما تزال في حالتها المبدئية الغير مرتبة. ومن ثم، سيتم تخفيض القيد المتسبب في العلامة-الرابحة إلى طبقة تكون مباشرة أدنى من تلك التي تحتوي القيد المتسبب في العلامة-الخاسرة:

(56) { ... *تقفيلة-مجهورة، ببيصائتي-مجهور ... } << { هويه-مد مخ (جهر) }

ولكن لاحظ أن الذي نتج عن ذلك هو النظام اللغوي الافتراضي الغير صحيح في (52) أعلاه. إذاً ما هو الذي سيجعل الطفل (المتعلم) يرفض ذلك؟ حيث سيتضح أنه لا يمكن استسقاء أي معلومات قيمة من الصيغ السطحية [pet] و [pe.dən]، لكونها لا تنتهك أي من القيود الثلاثة في (56). (أنظر التصويرين 48 و 51). وبما أنه لا يوجد أي تفاعل للقيود في هذه الحالات، فإنه لا يمكن التأصيل لأي ترتيبات للقيود.

ولكن إن عاجلاً أو آجلاً، فإن الطفل الهولندي سيصادف تلك الصيغة السطحية الحاسمة [pe.tən]، والتي ستتسبب بدورها في دورة ثانية لخارزمية تخفيض القيود.

(57) أزواج معطيات-الانتهاك

أدنى أفضلية > أفضل	العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
pe.tən > pe.dən	{*هويه-مد مخ (جهر)}	{*بيصائتي-مجهور}

وفي هذه الحالة أيضاً، لن نحتاج هنا إلى إلغاء أي علامات. وكذلك، فإنه يجب التأكد من أن القيد الذي يتسبب في العلامة-الخاسرة، أي القيد هويه-مد مخ (جهر)، لا يهيمن على القيد الذي يتسبب في العلامة-الرابحة، ببيصائتي-مجهور. وتماشياً مع الخارزمية، فإن القيد الأخير سيخضع إلى طبقة تكون مباشرة أدنى من تلك المحتوية على القيد الأول:

(58) { ... *تقفيلة-مجهورة ... } << { هويه-مد مخ (جهر) } << { ببيصائتي-مجهور }

والتي تعتبر بمثابة النظام اللغوي-المصغر (الصحيح) الذي يفسر تلك التناوبات في الجهر (في 44-45 أعلاه). وسنترك ذلك كتمرين للقارئ للتأكد من أن خارزمية التعلم كانت سوف تفرز نفس النتائج لو أن الصيغ السطحية قدمت بالترتيب المعاكس، أي بأن تسبق الصيغة [pe.tən] الصيغة [bed].

7-5-3 تعلم التسلسلية بدون مدخلات معطاة

وبعد ذلك سنقدم حالة الطفل الذي يعاني من تخلف حاد، الأمر الذي يعتبر على أية حال كونياً بين متعلمي اللغة: فنحن نعرف أنه لا تعتبر أي من الصيغ الكامنة فطرية، مما يعين أنه يجب على المتعلم أن يعمل على استنباطها، وذلك باعتماده على الصيغ السطحية، فقط. ولكي يتمكن

من أداء ذلك، فإن الأمر الذي نفترضه هو أن المتعلم قادر فعلاً على القيام بتحليل صرفي، على قدر عال من الكفاءة، للصيغ السطحية، حيث سينتج هذا تجزئة للجذع وللاحقة صيغة الجمع /-ən/. (ويعتبر التحليل الصرفي وضع تقوم فيه الفرضية باختبار نفسها. ولكن في الوضع الطبيعي (الحياتي)، يجب العمل على دمج ذلك مع بقية الإجراءات المكونة لعملية الاكتساب، ولكننا لن نتطرق إلى هذه السمة في طرحنا هنا.)

والآن يجب على ذلك الطفل الذي استطاع بنجاح أن يرتب تلك القيود الثلاثة في (58) أن ينسى كل النتائج المتعلقة بهذه المهمة المضنية، كما يجب عليه كذلك أن ينسى الصيغ الكامنة، لكونه سيعاد تزويده بترتيب قيود في شكله المبدئي. والسؤال الذي يطرح نفسه هنا هو: هل سيتمكن هذا الطفل 'المعاق طبيعياً' أن يستنبط الترتيب الصحيح للقيود، كما تمكن من تحقيق ذلك سابقاً عندما كان على معرفة بجميع الصيغ الكامنة؟ وبالإضافة إلى ذلك، هل سيتمكن هذا الطفل من استنباط الصيغ الكامنة الصحيحة؟ سنرى فيما يلي أن الإجابات على هذه الأسئلة ستكون إيجابية، إذا افترضنا أن الطفل لديه الميل (والاستعداد) الفطري ليردد رواحاً ومجيباً بين الفرضيات المتعلقة ترتيبات القيود والصيغ الكامنة.

يوجد هناك فخ يجب على الطفل تحاشيه، وهو الشروع في تحليل للصيغة *bed* على أنها /bet/، بحيث تكون الصيغة السطحية [bet] بمثابة نسخة طبق الأصل للمدخل. والأمر الآخر ذا العلاقة، هو أن هناك فخ آخر يجب تفاديه، والذي يتلخص في تحليل الصيغة [be.dən] على أنها نتاج لعملية للجهر البيصائتي تستهدف الجزئية الصوتية الكامنة /t/. فإذا وقع الطفل في مثل هذه الفخاخ، هل سيتمكن من التقدم نحو ترتيب القيود في (47)؟ وهل ستعلق خارزمية التعلم عند اعتمادنا لافتراض غير صحيح بخصوص الصيغ الكامنة؟ ولكن الذي سيثير الدهشة هو أننا سنجد أن الطفل هو متعلم نشيط. فوقعه في الفخ الأول - الذي يعني اعتماده لصيغة كامنة مثل /bet/ - لا يعتبر أمراً قاضياً، لأنه لا يوجد لهذا التحليل أي عواقب متعلقة بترتيب القيود، البتة. والأمر الذي قد يكون أكثر إثارة للدهشة هو أن المتعلم سيتحاشى اعتماد صيغة كامن مثل /bet-ən/، وذلك لتوفر صيغة كامنة بديلة مثل /bed-ən/، والتي ستكون مفضلة دائماً، بسبب مبدأ ترشيده مجموعة المفردات.

سوف نفترض أن متعلم اللغة قد يلغي الفرضيات السابقة المتعلقة بالصيغ الكامنة، ولكن ليست تلك المتعلقة بالترتيب. وهذا يعني أنه سيتم التأسيس للترتيب الصحيح بشكل 'تزايدى'، كما سبق وأن شاهدنا في نموذج Tesar and Smolensky. حيث تعتبر نقطة البداية بمثابة حالة بدئية أحادية المستوى تكون فيها كل القيود جزءاً من طبقة منفردة. وإلى هذه الحالة المبدئية سيتم تقديم الكثير من البناء التسلسلي، من خلال مراحل متتابعة لتسلسليات متطابقة (أي في طبقات) ذات تركيب (تعقيد) متزايد. ستنتهي هذه العملية في وضعية لا يمكن

عندها التأسيس لأي ترتيبات إضافية تعتمد على أي دلائل جديدة، الأمر الذي يعني أننا توصلنا إلى الترتيب الهدف.⁸ وتعتبر خاصية خارزمية التعلم، التي تتلخص في أنه لا توجد حاجة لتفكيك ترتيبات القيود التي تم تأسيسها بناء على دلائل إيجابية، مؤهلاً قوياً بما فيه الكفاية للتعامل مع متطلبات ظروف تعلم اللغة 'الحياتية'.

7-5-3-1 نصب الفخ

دعونا نفترض أن الطفل الهولندي سيواجه أسوأ احتمال ممكن، حيث ستقدم له، وعن طريق الخطأ، كلتا الصيغتين 'الخطرتين' [bet] و [be.dən]، قبل تقديم الصيغتين [pet] و [pe.tən]. وهذا يعني أن الطفل سيبدأ بتحليل حالات التناوب في الجهر وذلك بناء على صيغ متوافقة تماماً مع كلتا الفرضيتين، وقبل أن تتاح له الفرصة بالاطلاع على الصيغة الحاسمة [pe.tən]. ولإضافة تعقيدات أخرى للأمر، سوف نفترض أن الصيغة [bet] ستقدم قبل الصيغة [be.dən] (وبكل تأكيد، يعتبر ذلك تسلسل طبيعي للأحداث، لأن صيغة المفرد يتوقع أن تكون أكثر تردداً من صيغة الجمع). وهذا يعني أنه قد تم نصب الفخ: فسيتم إغراء الطفل لكي يشرع في تحليل للكلمة *bed* على أنها مرتبطة بالصيغة الكامنة /bet/، والذي تعتبر فيه الصيغة السطحية [bet] بمثابة نسخة طبق الأصل عن الصيغة الكامنة المفترضة. وبما أن هذا التحليل لا يشتمل على أي انتهاك لأي من القيود الثلاثة آنفة الذكر، فإن مبدأ ترشيده مجموعة المفردات سيساهم في اعتماده.

يتضح من زوج معطيات-الانتهاك في (59) أنه لا يمكن استنباط أي معلومات تخص ترتيب القيود، وذلك لأنه لا توجد أي تفاعلات بين القيود.

(59) أزواج معطيات-الانتهاك

المدخل	أدنى أفضلية > أفضل	العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
/bet/	bet > bed	{**تقفيلة-مجهورة، *هوية-مد مخ (جهر)}	

⁸ ولكن الأمر الذي قد يعتبر مسألة مختلفة تماماً هو ما إذا كان الطفل في الحقيقة يتقدم بشكل تزايد في طريقه نحو تحقيق الترتيب الهدف للقيود. فالدلائل المتوافرة حالياً تشير بقوة إلى أن الأنظمة اللغوية التي يعتمد عليها الأطفال قد تحتوي على ترتيبات مختلفة للقيود، هذا إذا ما قورنت بالأنظمة اللغوية لدى البالغين. أنظر الفصل التالي.

في الحقيقة، لن يطرح هذا الزوج من معطيات-الانتهاك لدراسة الخارزمية الرئيسية لأنه سوف يستبعد بفعل الفقرة (6ب) من خارزمية إلغاء علامات الانتهاك، حتى قبل تطبيق عملية تخفيض القيود. وبناء على ذلك سيبقى ترتيب القيود على حالته المبدئية.

أما الآن، دعونا نفترض أن المتعلم سيواجه صيغة الجمع [be.dən]، حيث سينسبها (بعد تحليل صرفي متأن) إلى المورفيم /bet/ الذي يظهر كذلك في صيغة المفرد [bet]. وابتداء من هذه الصيغة الكامنة - الغير صحيحة - /bet/، سيتم بناء أزواج معطيات-الانتهاك التالية:

(60) أزواج معطيات-الانتهاك		
المدخل	أدنى أفضلية > أفضل	العلامات-الخاسرة
/bet-ən/	be.dən > be.tən	{*بيصائتي-مجهور}
		العلامات-الرابحة
		{*هوية-مد مخ (جهر)}

يتضح أن القيد هوية-مد مخ (جهر) هو الذي يقيم العلامة-الرابحة. وبناء على ذلك، فإن عملية تخفيض القيود ستقوم بتخفيض هذا القيد إلى مرتبة تكون أدنى مباشرة من القيد الأعلى-ترتيباً والذي يقوم بدوره بتقييم العلامة-الخاسرة، أي القيد بيصائتي-مجهور في هذه الحالة. والذي ينتج عن ذلك هي تسلسلية جديدة:

(61) { ... *تقفيلة-مجهورة، بيصائتي-مجهور }

<<

{*هوية-مد مخ (جهر)}

في الحقيقة، يعتبر هذا الاستنتاج صحيحاً، بالرغم من أنه قد بني عل حجج غير صحيحة. وأقصد بذلك، أن التناوب في الجهر بين الصيغتين [bet] ~ [be.dən] سيشتمل وبشكل حتمي على انتهاك ما للمحافظة إما في صيغة المفرد أو صيغة الجمع. وسنجد أن الخارزمية تفترض وبطريقة خاطئة أن هذا الانتهاك يظهر في صيغ الجمع، بدلاً من صيغ المفرد؛ ولكنها تقدم استنتاجاً صحيحاً بما يتعلق بالتسلسلية. فالتسلسلية في (61) ترمز وبشكل دقيق إلى هذه الملاحظة: أي أنه تم انتهاك المحافظة على سمة [جهر]. (ولكن يمكن للمتعلم أن يتوصل إلى نفس الاستنتاج لو أنه باشر في البداية باعتماد الفرضية الصحيحة بخصوص الصيغة المدخلة /bed/).

وبعد ذلك، سيواجه الطفل صيغة المفرد [pet]، والتي سيضعها المتعلم في مرتبة معادلة لصيغة المفرد [bet]، والتي تنسب حالياً إلى الصيغة المفرداتية الكامنة /bet/. مما سيجعل الطفل وببساطة يسجل الصيغة [pet] تحت الصيغة المفرداتية الكامنة /pet/،

(62) حالات المزاوجة بين - مد مخ بعد تعرض المتعلم للقائمة المخرجة { [bet] ، [be.dən] ،

{[pet]

أ. /pet/ [pet]

ب. /bet/ [bet] ~ /be-tən/ [be.dən]

في هذه المرحلة، يعتبر المتعلم جاهلاً تماماً بصيغة الجمع [pe.tən]، الأمر الذي سوف يتسبب لاحقاً في إجراء عملية مهمة لتخفيض القيود في مرحلة لاحقة من عملية التعلم. ففي الحقيقة، لو طلب من الطفل أن ينتج صيغة الجمع للصيغة [pet] في هذه المرحلة من الاكتساب، لما كان لديه أي خيار إلا أن يجيب بالصيغة: '[pe.dən]!'، لأن ذلك هو في الحقيقة ذات الاستنتاج الذي يتنبأ الترتيب (61) بحتمية حدوثه. فهذا النموذج سيتنبأ بزيادة تعميم الفونولوجيا في حالات التناوب، الأمر الذي يعتبر خاصية شائعة الظهور في الأنظمة اللغوية لدى الأطفال. أنظر الفصل 7-5-4 المتعلق بمعطيات اكتساب اللغة الهولندية والذي يؤدي هذا التنبؤ.

أما الصيغة الأخيرة التي سيواجهها الطفل فهي [pe.tən]. وستكون هذه بمثابة صدمة للطفل، لكونها الصيغة السطحية الأولى التي يكون فيها القيد *بيصائتي-مجهور منتهكاً. مما سيؤدي مباشرة إلى اللجوء إلى أحد أزواج معطيات-الانتهاك:

(63) أزواج معطيات-الانتهاك

المدخل	أدنى أفضلية > أفضل	العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
/pet-ən/	pe.tən > pe.dən	{*هوية-مد مخ (جهر)}	{*بيصائتي-مجهور}

ولكن هذا يقدم معلومات ترتيبية تتعارض مع تلك المطروحة لتحليل الصيغة [be.dən] 'أسرة' في (60). ولكن، بما أن [pe.tən] هي الصيغة الخاضعة لعملية التحليل 'حالياً'، فإن المتعلم،

وبطريقة آلية، سوف يباشر عملية تقصي عواقبها على التسلسلية. ودعونا الآن نتفحص تلك الخطوات التي ستقوم بها خوارزمية تخفيض القيود.

- أولاً، ستتعرف على العلامة *هوية-مد مخ (جهر) في خانة العلامات-الخاسرة على أنها الأعلى ترتيباً في التسلسلية الحالية. (ويعتبر هذا أمراً تافهاً، لعدم وجود سوى علامة واحدة فقط في خانة العلامات-الخاسرة.)
- ثانياً، ستؤسس للمفهوم القائل بأن القيد الذي يقيم العلامة-الرابحة (بيصائتي-مجهور) لا يعتبر تحت هيمنة ذلك القيد الذي يقوم على تقييم العلامة-الخاسرة (هوية-مد مخ (جهر)).
- ثالثاً، ستقوم بتخفيض القيد بيصائتي-مجهور إلى مرتبة إلى مرتبة تكون مباشرة أدنى من القيد هوية-مد مخ (جهر).

والذي سينتج عن ذلك هو الترتيب الصحيح الذي نهدف إلى تحقيقه في (64):

(64) { ... *تقفيلة-مجهورة ... }

<<

{هوية-مد مخ (جهر)}

<<

{بيصائتي-مجهور}

وبذلك نستطيع القول بأن الطفل قد نجح حقيقة في تعلم الترتيب الهدف الصحيح. ويعتبر هذا الإنجاز أمراً جديراً بالملاحظة، إذا ما أخذنا في الاعتبار كونه قد أسس على استنتاجات غير صحيحة بخصوص الصيغ الكامنة. ولكن هل نستطيع كذلك أن نستنتج أن الطفل قد تمكن الآن، وبطريقة ناجحة، من اكتساب تلك الجزئية من النظام اللغوي التي تشتق هذا النمط من الجهر؟

لا يمكن لنا بالطبع أن نستنتج ذلك، لأن الصيغ الكامنة للزوج [bet] ~ [bedən] ما تزال تقدم خطأً على أنها /bet/ ~ /bet-ən/. وهذا يعني أنه في الوقت الذي يعتمد فيه الترتيب (64)، فإن الطفل سوف يتنبأ خطأً بأن الصيغة * [be.tən] هي صيغة الجمع. أنظر التصوير (65):

(65)

المدخل: /bet-ən/	*تقفيلة-مجهورة	هوية-مد مخ (جهر)	بيصائتي-مجهور
أ. ☹ bɛ.tən			*
ب. bɛ.dən		!*	

في الحقيقة، هناك أصناف مشابهة من التعميمات الزائدة مثبتة في لغة الأطفال، الأمر الذي يصب في خانة مصداقية هذا النموذج. ولكنه يجدر القول بأنها سوف تتجه نحو التلاشي، الأمر الذي يشير إلى أن الصيغ الكامنة هي في الحقيقة عرضة لعملية تشتمل على إعادة البناء. ولكن كيفية تحقق عملية إعادة البناء هذه هو ما سوف نطرحه للدراسة فيما تبقى من هذا الفصل.

2-3-5-7 إعادة بناء الصيغ المدخلة

حالما يشار إلى التضاد بين الترتيب المكتسب (64) والصيغة السطحية [bedən]، فإن الطفل سيلجأ إلى أحد خيارين (وسنناقش لاحقاً طبيعة هذه الإشارة). فالأول هو العمل على تكيف التسلسلية لتتلاءم مع المخرج الذي تمت ملاحظته، أي [bedən]، في الوقت الذي نحفظ بمدخله الحالي /bet/. أما الخيار الثاني فيكمن في العمل على إعادة بناء الصيغة المدخلة بحيث تتحول من /bet/ إلى /bed/، بحيث يمكن للتسلسلية الغير محورة أن تطابق بينها وبين المخرج الملاحظ بطريقة صحيحة. وسوف نرى أن الاستراتيجية الثانية، أي تلك التي تعتمد أسلوب إعادة البناء، هي فقط التي ستفودنا في نهاية المطاف إلى النجاح.

الاستراتيجية الأولى، التي تعني الخوض في عملية أخرى لتخفيض القيود، قد تتمخض في الحقيقة عن نجاح قصير المدى بما يخص تلك الصيغة الإشكالية، ولكن سوف لن نجدها تتبلور في شكل ترتيب مستقر. فسنجد أن أزواج معطيات-الانتهاك في الجدول (60) ستعمل على إعادة تنشيط عملية تخفيض القيود في التسلسلية (64). الأمر الذي سيؤدي لا محالة إلى تخفيض القيد هوية-مد مخ (جهر) إلى مرتبة أدنى من القيد بيصائتي-مجهور:

(66) { *تقفيلة-مجهورة } < { ... } < { بيصائتي-مجهور } < { هوية-مد مخ (جهر) }

من الواضح أن هذه التسلسلية سوف تعال للصيغة [bedən]، ولكنها لا محالة سوف تنزلق في حلقة مفرغة، كما سبق وأن وجدنا أنفسنا في مثل هذه المرحلة آنفاً، وذلك قبل طرح الصيغة [petən]. حيث سيعني ذلك أن المتعلم سوف يخوض في مجمل عملية التخفيض مرة أخرى، مبدلاً المواضع بين القيدتين ببيصائتي-مجهور وهوية-مد مخ (جهر)، دون أن يؤدي ذلك في النهاية إلى تبلور النظام اللغوي الهدف. ولاحظ أن هذه المراحل من التحليل تضم، وبشكل أساسي وحاسم، أزواج معطيات-الانتهاك في (60) وكذلك الترتيب في (61). وهذا يعني باختصار أن الخيار الأول المشتمل على معالجة التسلسلية عن طريق تخفيض القيود سينتج حلقة مفرغة.

وبالنظر إلى مجمل الأمور، فإنه يتحتم علينا أن نبادر بتقادي الحلقات المفرغة. وبناء على ذلك فإنه يجب على المتعلم أن يستغل أي معلومة تحذره من الوقوع في حلقة مفرغة. وفي الحقيقة، فإن هناك إشارة تعطى للمتلم في هذه المرحلة بالذات: *الطبقة مخلاة*. وعملية 'إخلاء الطبقة' تعني: أن نقوم على تخفيض قيد ما من أحد الطبقات التي يكون فيها القيد الوحيد. وقد تمت الإشارة إلى مثل هذه الطبقة المخلاة في (66) بالعلامة '{ ... }'.

وبوجه عام، ستظهر الحلقة المفرغة عندما تقدم للمتلم معطيات غير متوافقة بما يتعلق بترتيب قيديين اثنين.⁹ الأمر الذي يعني أن زوج ما من القيود ق₁ و ق₂ يجب أن يخضع للترتيب ق₁ < ق₂ لقائمة من الصيغ، ولكن للترتيب ق₂ < ق₁ لقائمة أخرى من الصيغ. ولو أن المتعلم واجه كلا قائمتي الصيغ هذه، لابتدأت عملية أبدية من الترتيب وإعادة الترتيب والتي لا يمكن أن تختتم بتسلسلية ثابتة. والتشخيص الذي يشير إلى عدم التوافق في المعطيات بما يتعلق بالترتيب هو وضعية إخلاء الطبقة - فلن يسمح الترتيب المتوافق الذي نهدف إلى تحقيقه بظهور أي حلقات مفرغة. ولأن المتعلم قد أن يفترض توافق الترتيب الهدف مع المعطيات، فإن أي علامة على حلقة مفرغة يجب وأن تكون ناتجة عن مسبب آخر - الأمر الذي يعتبر افتراضاً خاطئاً بالنسبة للصيغ المدخلة.

ولكن ما الذي يتسبب في مثل هذا الافتراض المتعلق بالمدخل؟ من الواضح أن الخطأ يجب وأن يكمن في مورفيم تناوبي، والذي تكون مناوباته (بدائله) مخصصة على أنها [+س] و[-س]، على التوالي، في سياقات مختلفة. وبالاعتماد على مبدأ ترشيد مجموعة المفردات، فإن المتعلم سوف يساق إلى تحليل المناوب الأول ظهوراً لمورفيم ما وذلك لعكس قيمته

⁹ لقد استخدم Brohier (1995) ذات الفكرة القائلة بأن إخلاء أحد الطبقات يشير إلى 'حالة من عدم التوافق' في الصيغ الكامنة لحل مشكلة تعلم الأنظمة اللغوية المتضمنة على 'قيود موقوفة'.

المدخلة. وعليه، فإذا حدث أن المتعلم واجه المناوب [س] أولاً، فسوف يعتمد القيمة المدخلة الغير صحيحة [س-]، حتى ولو كانت الصيغة المدخلة الصحيحة هي [س+].

سيستسبب هذا الافتراض الخاطئ للمدخلات في اللاتوافقية (الجلية) في الترتيب، وذلك على النحو التالي. فقيمة السمة [س] في مورفيم غير-تناوبي ستساوي دائماً قيمة [س] لأحد المناوبات لمورفيم تناوبي. وببساطة، ينتج ذلك عن الطبيعة التحييدية لتلك العمليات المتسببة في حالات التناوب. (فعلى سبيل المثال، نجد أن القيمة [-جهر] في خاتمة-الكلمة تظهر في كل من الصيغة التناوبية [bet] وكذلك في الصيغة الغير-تناوبية [pet].) فنجد أن المورفيمات التناوبية والغير-تناوبية لهل تخصيصات متماثلة للسمة [س] في سياق محدد، كما هو موضح في شكل الأنظومة أدناه:

(67)	سياق تحييدي	السياقات الأخرى
المورفيمات التناوبية	... [س-] [س+] ...
المورفيمات الغير-تناوبية	... [س-] [س-] ...

وسيطر الإشكال عندما ينسب المتعلم كلا صنف المورفيمات إلى ذات القيمة المدخلة، ولتكن [س-]. حيث سيستسبب ذلك في حالة جليلة من اللاتوافقية في ترتيب قيود المحافظة وقيود الموسومية في السياقات الأخرى تحديداً (وأقصد بذلك الكلمة *bedden* مقابل الكلمة *petten*). وستشير الحلقة المفرغة إلى ظهور مثل هذه الوضعية.

تعتبر الإشارة إلى أحد حالات اللاتوافقية في الترتيبات أمراً مختلفاً تماماً عن محاولة علاجها. ولتحاشي مثل هذه الحلقات المفرغة، سوف نقترح أن نقوم خارزمية التعلم بحجب عملية تخفيض القيود إذا كانت ستتسبب في وجود طبقة خالية. وقد نص على هذا الأمر أدناه في شكل اشتراط منع الحلقات المفرغة:

(68) اشتراط منع الحلقات المفرغة

إذا أنتجت عملية تخفيض القيود طبقة خالية:

أ. اعمل على إلغاء عملية التخفيض

ب. اعمل على تكييف الصيغة المدخلة لتتوافق مبدأ ترشيد مجموعة

المفردات

ج. اعمل على تكييف أزواج معطيات الانتهاك لتتوافق مع الصيغة المدخلة الجديدة

ففي اللحظة التي يدق فيها جرس الإنذار هذا، يقوم المتعلم بتكييف التمثيل الكامن للصيغة المدخلة التي تمت ملاحظتها لتتوافق مع مبدأ ترشيد مجموعة المفردات. أما بالنسبة لعملية إعادة بناء المدخل الحالي /bet-ən/ في شكل المدخل الجديد /bed-ən/ فإنها ستفرض على أنها الأسلوب الوحيد لتحقيق التوافقية مع التسلسلية الحالية (64). ويمكن تحقيق ذلك عن طريق الشرط (68ب):

(69) تكييف الصيغة الكامنة للصيغة [be.dən]:

/bet-ən/ ← /bed-ən/

وبالإضافة إلى ذلك، فإن زوج معطيات الانتهاك للصيغة [bedən] سيتم تغييره كنتيجة للشرط (68ج). فبما أن المدخل الآن يساوي المخرج، فلن تظهر ثنائية أي انتهاكات للمحافظة في الصيغة المفضلة. وعليه، فإن زوج معطيات الانتهاك سيصبح غير ذي جدوى معرفية بالنسبة لعملية تخفيض القيود:

(70) زوج معطيات-الانتهاك المعدل للصيغة [bedən]

العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
المدخل أدنى أفضلية > أفضل be.dən > be.tən /bed-ən/	{*بيصائتي-مجهور، *هوية-مد مخ (جهر)}

وهذا يعني أن دراسة صيغ جديدة هي، فقط، التي قد تقودنا إلى حالات تخفيض إضافية. فدعونا نشاهد الذي سيحدث عندما تعيد الخارزمية طرح الصيغة المفردة [bet] للدراسة. فالخصوصية الفريدة للصيغ الكامنة ستشير ضمناً إلى أن عمليات تعديل الصيغة المدخلة لصيغة الجمع /bet-ən/ التي تحولها إلى /bed-ən/ سترافق تغييراً لمدخل صيغة المفرد للصيغة /bet/ والذي سيجعلها /bed/. وفي ذات الوقت، سنجد أن زوج معطيات-الانتهاك للصيغة [bet] سيتغير كنتيجة للشرط (68ج):

(71) زوج معطيات-الانتهاك المعدل للصيغة [bet]

المدخل	أدنى أفضلية > أفضل	العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
/bed/	bet > bed	{* *تقفيلة-مجهورة}	{*هوية-مد مخ (جهر)}

وفي هذه المرحلة، عندما تتم مواجهة المتعلم بالصيغة المخرجة [bet]، فإن التسلسلية (64) ستضل قادرة على أداء المهمة. وستقوم الخارزمية بما يلي:

- فهي أولاً ستتعرف على العلامة * *تقفيلة-مجهورة في خانة العلامات-الخاسرة على أنها الأعلى-ترتيباً في التسلسلية الحالية، (64).
- ثم أنها ثانياً ستؤسس للفكرة القائلة بأن القيد الذي يقيم العلامة-الرابحة (هوية-مد مخ (جهر)) سيكون مهيمناً عليه من قبل ذلك القيد الذي يقيم العلامة-الخاسرة (*تقفيلة-مجهورة). وبناء على ذلك، فلن يتم تحفيز أي عملية تخفيض.

وأخيراً، يتبقى علينا أن نوضح أنه لا يمكن إثارة أي حالات للتعديل تطبق على التسلسلية الحالية (64) من خلال الصيغ المتناوبة أمثال [pet] ~ [pe.tən]. حيث لا يمكن القول بأن صيغها المدخلة قد غيرت، وذلك لأنه لا يمكن تنشيط اشتراط منع الحلقات المفرغة إلا بواسطة الصيغ التي تهدد بحدوث إخلاء للطبقات. ولكن من السهل توضيح أن صيغ مثل [pet] أو [pe.tən] لا تمثل مثل هذا التهديد. فأولاً، نجد أن أزواج معطيات-الانتهاك للصيغة [pet] لا تعتبر ذات دلالة، وذلك بشكل ثانوي. وثانياً، نجد أن أزواج معطيات-الانتهاك للصيغة [pe.tən] في (63)، إذا كانت ستقوم بأي دور، يمكن أن تحفز عملية تخفيض للقيد ببيصائتي-مجهور ليحتل مرتبة أدنى من القيد هوية-مد مخ (جهر). ولكن لا تعتبر عملية التخفيض هذه قابلة للتطبيق، لكون القيد هوية-مد مخ (جهر) يهيمن على القيد ببيصائتي-مجهور في الترتيب الحالي في (634). وباختصار، لا تعتبر الصيغ الغير-تناوبية قادرة على استثارة أي عملية تخفيض، مما سيؤدي إلى عدم تفعيل اشتراط منع الحلقات المفرغة، الأمر الذي سيعني تحقق الاحتفاظ الآلي بالمدخلات.

وبناء على ذلك يمكن لنا، وبكل ثقة، أن نستنتج أن خارزمية التعلم قد تبلورت في شكل النظام اللغوي الهدف للغة الهولندية: أي التسلسلية (64). ولكن الأمر الأكثر أهمية هو أن المتعلم قد حقق نجاحاً في التأسيس للقائمة الصحيحة من الصيغ الكامنة للمورفيمات التناوبية. وهذا يعني أن المتعلم قد تمكن من اجتياز الإعاقة المتمثلة في أن الصيغ الكامنة لا تعتبر مسبقة-الإعداد، ولكنه يجب استنباطها من الصيغ المخرجة وذلك بناء على الترتيبات الافتراضية للقيود.

والذي تبقى علينا التأكد منه هو ما إذا كان اشتراط منع الحلقات المفرغة سيعتبر معممًا وبشكل كاف لاستيعاب تناوبات أكثر تعقيداً. ويبدو أن التناوبات المشتمة على سمات متعددة ستطلب صيغة أكثر تطوراً وتركيباً لعملية تعديل المدخل (الشرط 68ب)، بحيث يحصر هذا التعديل في السمة [س] المستحظرة (موضوع النقاش)، بينما يتم العمل على الاحتفاظ بالتحديدات المدخلة لباقي السمات. ويجب استتباط هذه السمة [س] من تلك القيود التي يكون ترتيبها موضع الطرح (وأقصد بذلك هنا القيود التي تشير إلى السمة [جهر]). وبالإضافة إلى ذلك فإنه يجب إيجاد حل للمشكلة المتمثلة في كيفية التعامل مع حالات الاعتمادية بين السمات المتناوبة. وسوف نترك هذه المسائل مفتوحة للبحث.

7-5-4 الجهر البيصائتي في لغة الأطفال

يعتبر ذلك التنبؤ القائل بأن الأطفال الهولنديين يمرون بمرحلة من الزيادة في تعميم تطبيق عملية الجهر البيصائتي (التي طرحت للنقاش في الفصل 7-5-3) على درجة كبيرة من الصحة. وفيما يلي نورد بعض الأمثلة الحقيقية، كما أنتجتها Emma، الطفلة في الثالثة من عمرها:¹⁰

(72) نمط الجهر لدى الطفلة Emma (3؛0 - 3؛3)

صيغة البالغين	Emma	
أصابع طباشير	krij[t]en	krij[d]en ~ krij[t] 1.
قوارب	bo[t]en	bo[d]en ~ boo[t] 2.
كبير (تصريفي)	gor[t]e	gro[d]e ~ groo[t] 3.
(تتناوب مع gor[t]e)		
بطاقات	kaar[t]en	kaar[d]en ~ kaar [t] 1.
فطائر حلوة، قطع من الكعك	taar[t]en	taar[d]en ~ taar[t] 2.
فيلة	olifan[t]en	olifan[t]en ~ olifan[t] 3.
خزانات	kas[t]en	kas[t]en ~ kas[t] 4.

¹⁰ أنتهز هذه الفرصة لشكر Martin Everaert لإتاحة الفرصة لي لأشاركه في هذه المعلومات.

تقوم الطفلة Emma أثناء هذه المرحلة بجهر المعوقات في المواضع البيصائية بينما نجد أن للصيغ التي ينتجها البالغون مقابلات مهموسة (72أ). وفي الحقيقة، نجد أن سياق عملية الجهر هو أكثر عمومية من المواضع 'البيصائية'. حيث أن الطفلة Emma تقوم أيضاً بجهر المعوقات في المواضع بين الغير احتكاكيات الممتدة والصوائت، كما يتضح في المثال (72ب)، ولكن ليس بعد أنفي (72ج) أو معوق (72د).

وبعد شهرين فقط، اتسع النمط ليشتمل على المعوقات القبل صائتية المسبوقة بأصوات أنفية (73ج)، بحيث تم تعميم العملية على المعوقات المسبوقة برنينيات:

(73) نمط الجهر لدى الطفلة Emma (3؛4 - 3؛5)

صيغة البالغين	Emma
أ1. قبعات' pe[t]en	pe[d]en ~ pe[t]
أ2. أقدام الحيوان' po[t]en	po[d]en ~ poo[t]
(تتناوب مع po[t]en)	
أ3. أقدام' voe[t]en	voe[d]en ~ voe[t]
ب1. كتل' bul[t]en	bul[d]en ~ bul[t]
ب2. كعكات صغيرة' taar[t]jes	taar[d]ies ~ taar[t]
ج. قطع نقدية' mun[t]en	mun[d]en ~ mun[t]
د. achterkan [t]en 'الجهات الخلفية'	achterkan [d]en ~ achterkan[t]

في كلا مرحلتي الاكتساب، تعرض الطفلة Emma اختلافات في عملية الجهر البيصائتي، مبينة أن ترتيب القيد بيصائتي-مجهور بالنسبة للقيد هوية-مد مخ (جهر) لم يستقر بعد. ولاحظ أيضاً أن عناقيد المعوقات البيصائية لن تتعرض للجهر في أي مرحلة من مراحل الاكتساب.

7-5-5 نقاش

لأسباب توضيحية بحتة، تعتبر مشكلة التناوب التي طرحت للنقاش مثلاً بسيطاً، حيث أنها لا تشتمل إلا على حالة تناوب واحدة. ولكن نجاحنا في إيجاد حل لهذه المشكلة يشير إلى أن خارزمية Tesar and Smolensky تعتبر للاتساع بحيث تكون قادرة على التعامل مع حالات تناوب أكثر تعقيداً. والفكرة المركزية التي تعمقنا في غمارها هنا هي بناء وتحقيق لثبات التسلسلية في الخارزمية، مما يؤدي إلى إيقاف عملية تخفيض قيود ما إذا كان يشكل طبقة

بذاته. ويمثل ذلك 'جرس الإنذار' بالنسبة للمتعلم بأن الافتراضات الحالية المتعلقة بالصيغ المدخلة يمكن أن تكون غير صحيحة، الأمر الذي سينتج عنه حدوث عملية إعادة البناء المفرداتي. ومثل هذه التعديلات للصيغ المدخلة باستخدام اشتراط منع الحلقات المفرغة تعتبر دائماً 'لمموسة' من منطلق أنها تقوم بنسخ البنية الفونولوجية للمخرج (والمثال هنا هو القيمة السماتية للسمة [جهر])، بما يتوافق مع مبدأ ترشيد مجموعة المفردات. وفي الباب التاسع (الفصل 9-6)، سوف نعيد تقييم حاجتنا إلى الصيغ الكامنة في النظرية التقاضلية، واضعين مخططاً لبدل يعتمد البدائل الصرفية.

تمارين

1 لماذا يتحتم على المتعلم استخدام تسلسليات متطابقة (أي في طبقات)

سوف نناقش في هذه المرحلة السؤال القائل: لماذا يجب على عملية التعلم استخدام تسلسليات متطابقة. ففضلاً عن جاذبية استئناف عملية التعلم بوضع تكون فيه كل القيود في طبقة واحدة، يوجد هناك سبب آخر. فلهذا الأمر علاقة واضحة بتلك الحجة المقدمة للتدليل على صحة مفهوم التخفيض الأدنى، المطروحة في الفصل 7-3-5-3. والهدف من إدراج هذا تمرين هو لتحقيق تعيين دقيق لحجة التسلسليات المتطابقة.¹¹ فسوف نفرض وجود لغة افتراضية يكون لها الترتيب الهدف أدناه لثلاثة قيود:

(i) الترتيب الهدف: أعلى < < أوسط < < أدنى

وهب أن لدينا هذه الأمثلة على أزواج المرشحات في (ii)، ب > أ و ج > أ.

(ii)

أدنى أفضل > أفضل	العلامات-الخاسرة	العلامات-الرابحة
ب > أ	{*أوسط}	{*أدنى}
ج > أ	{*أعلى، *أدنى}	{*أوسط}

¹¹الشكر موصول لـ Bruce Teasr (اتصال شخصي) للمقترحات التي أوجت بطرح مثل هذه السألة.

الهدف هو التوصل إلى ترتيب لهذه القيود الثلاثة بحيث يكون الرابع أكثر ملائمة من الخاسر، وذلك بالنسبة لكلا الزوجين. والسؤال هنا هو، لماذا لا توجد طبقة جديدة تحتوي فقط على القيد المخفض، أي القيد أوسط؟

أ. أولاً، بين أن تخفيض القيود من خلال التسلسليات المتطابقة يؤدي في النهاية إلى تحقيق النتيجة الصحيحة، باعتبار وضعية بدئية تكون فيها جميع القيود الثلاثة {أعلى، أوسط، أدنى} غير مرتبة. (متذكر أن هذا التخفيض هو في حده الأدنى.) وقم على بناء جدول مثل ذلك الذي في (iii) ليتمكن متابعة تطور المتعلم نحو تحقيق النظام اللغوي الهدف.

(iii) خطوات التخفيض باستخدام التسلسليات المتطابقة، من الحالة البدئية {أدنى، أوسط، أعلى}:

الخطوات	التسلسليات ما بعد الخطوات 1-3
تصفر	{أدنى، أوسط، أعلى}
ت ₁ ب > أ	
ت ₂ ج > أ	
ت ₃ ب > أ	

ب. والآن سنعدل في فرضياتنا، بحيث يمكن للتخفيض أن ينتج تسلسليات متطابقة. فلنفترض أننا سنقوم بتطبيق عملية التخفيض، ولكن سوف نقوم دائماً بإيجاد طبقة جديدة. وبناء على ذلك قم ببناء جدول جديد نستطيع من خلاله متابعة تطور المتعلم. وهل ستنبور هذه الاستراتيجية دائماً في شكل النظام اللغوي الصحيح؟

2 تعلم الصيغ المدخلة في ظل المحافظة الموضوعية

إقرأ في الفصل التاسع، الفصل 5-9، حول موضوع المحافظة الموضوعية. ومن ثم اقترح تحليلاً لعملية التهميس في الهولندية مستخدماً القيود الثلاثة التالية فقط:

*غير رنينيات مجهورة تكون الغير رنينيات مهموسة.

هوية-مد مخ (جهر) تحتفظ الجزئيات الصوتية المخرجة بقيم

السمة [جهر] لمناظراتها المدخلة.

هوية-مد مخ (استهلال، جهر) تحتفظ الجزئيات الصوتية المخرجة في

موضع الاستهلال بقيم السمة [جهر]

لمناظراتها المدخلة.

طبق خارزمية الترتيب، مضمناً إياها اشتراط منع الحلقات المفرغة، لتفحص مدى إمكانية تعلم الصيغ الكامنة. (تأكد من أنك تقدم المعطيات للخارزمية في ترتيب يمكن له أن يثير صيغة المدخل البدئية الغير صحيحة /bet/، كما في سياق الفصل 1-3-5-7). هل ستواجه أي صعوبات في تعلم الصيغ المدخلة؟ وإذا كان الجواب بنعم، فهل تقترح أي أساليب للعلاج؟