
Linguistica Computazionale – Lezione 17

Apprendere grammatiche (learnability theory)

Lunedì 17 Dicembre 2007
Cristiano Chesi, chesi@media.unisi.it

Il problema dell'apprendibilità

□ Indice

- Il problema dell'apprendibilità
 - formalizzazione del problema
 - l'apprendibilità nel limite
 - alcuni utili risultati
- Come si apprendono le lingue naturali
 - l'acquisizione della prima lingua
 - dagli algoritmi alle euristiche
 - modelli e problematiche
 - Principi e Parametri

Letture, approfondimenti

□ Bibliografia essenziale

- Pinker (1979) *Formal models of language learning* Cognition 7, pp. 217-283

□ Approfondimenti

- Gold (1967) *Language identification in the limit* Information and Control 10, pp. 447-474
- Gibson & Wexler (1994) *Triggers*. Linguistic Inquiry
- Chomsky (1981) *Lectures on Government and Binding*. Dordrecht: Foris

Studiare l'apprendibilità

Il problema dell'apprendibilità

□ Perché?

- E' difficile codificare "a mano" un'intera grammatica (lessico e regole)
- Sono immaginabili euristiche precise per inferire automaticamente informazioni morfologiche e sintattiche partendo dalla:
 - regolarità di certe flessioni (ed in genere di certi elementi funzionali);
 - regolarità nella distribuzione degli elementi (es. i nomi seguono sempre gli articoli...)

□ Come?

- Dobbiamo prima avere un modello preciso (formale) di riferimento per capire cosa si può e cosa non si può apprendere (Gold 1967)
- Possiamo sfruttare le conoscenze che abbiamo acquisito in campo psicolinguistico sullo sviluppo del linguaggio per trarre ispirazione
- Possiamo verificare se le teorie linguistiche sono effettivamente esplicitamente adeguate (es. teoria dei Principi e dei Parametri, Chomsky 1981)

Il problema da un punto di vista linguistico

(inizio ...)

Il problema dell'apprendibilità

- **Cos'è l'acquisizione del linguaggio**
 - **dato:**
 - S_0 (stato iniziale universale, biologicamente determinato)
 - S_L (stadio di sviluppo linguistico adulto, relativamente stabile)
 - **esempi empirici positivi** (Brown e Hanlon 1970, Pinker 1979:226)
 - $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow \dots \rightarrow S_L$ (stadi di "sviluppo linguistico")
 - prime fasi dell'acquisizione del linguaggio:
 - solo nomi (Gentner 1982, Caselli & al. 1995)
 - tra i 10 ed i 12 mesi i bambini iniziano a combinare parole e significato
 - tra i 20 ed i 24 mesi si assiste ad un'esplosione linguistica (in termini di vocabolario, prime espressioni con più parole, distribuzione sistematica degli elementi all'interno della frase)

5

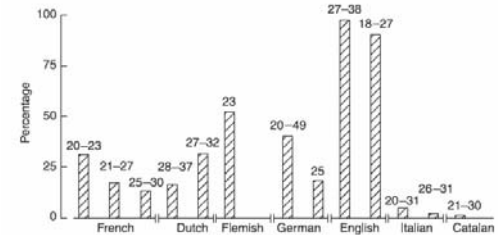
Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Il problema da un punto di vista linguistico

(... fine)

Il problema dell'apprendibilità

- **Iperregolarizzazione**
cadde > cadò
- **Bare nouns**
voglio la bambola > voglio bambola
- **Root infinitives** (Guasti 1993-94, 2002)



6

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Il problema da un punto di vista formale

Il problema dell'apprendibilità

- **Problema di induzione:**
fare valide generalizzazioni sulla base di un numero finito* di osservazioni (Pinker 1979:217)

* e limitato qualitativamente

7

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (informale) di apprendimento della prima lingua

Il problema dell'apprendibilità

- S_0 (stato iniziale universale, biologicamente determinato)
- **input** (uniforme durante tutto l'apprendimento, solo dati empirici positivi...)
- $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow \dots \rightarrow S_L$ (stadi di "sviluppo linguistico")
- S_L (stadio di sviluppo linguistico adulto, relativamente stabile)

8

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Condizioni che la teoria deve soddisfare

Il problema dell'apprendibilità

1. **Apprendibilità:** le lingue naturali sono effettivamente apprese
2. **Equipotenzialità:** tutte le lingue possono essere apprese
3. **Tempo:** ogni lingua è appresa in un arco di tempo limitato e piuttosto preciso
4. **Input:** tener conto della reale tipologia dell'input linguistico che il bambino (o nel nostro caso, il sistema) riceve
5. **Fasi di sviluppo:** predizioni riguardo agli stadi di sviluppo intermedi effettivamente identificabili (non cruciale per i nostri fini)
6. **Plausibilità cognitiva:** limitazioni delle risorse cognitive a disposizione (memoria a breve termine, attenzione ecc.)

9

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Grammatiche formali

(riassunto delle puntate precedenti ...) **Il problema dell'apprendibilità**

- **Linguaggio** (non finito, Ricorsivamente Enumerabile) = insieme infinito di **espressioni** (stringhe ben formate composte da simboli \in **vocabolario finito**)
- **Grammatica formale** $G = \langle V, V_T, \rightarrow, \{S\} \rangle$ dove:
 - **V** è il **vocabolario** della lingua
 - **V_T** è un sottoinsieme di V che racchiude tutti e soli gli **elementi terminali** (il complemento di **V_T** è **V_N**)
 - \rightarrow è una relazione binaria, asimmetrica e transitiva definita su **V*** detta **relazione di riscrittura (regola di riscrittura:** $\forall A \in V_N: \phi A \psi \rightarrow \phi \tau \psi$ per qualche $\phi, \tau, \psi \in V^*$)
 - **{S}** è un sottoinsieme di **V_N** definito come l'insieme degli assiomi che convenzionalmente contiene il solo simbolo S

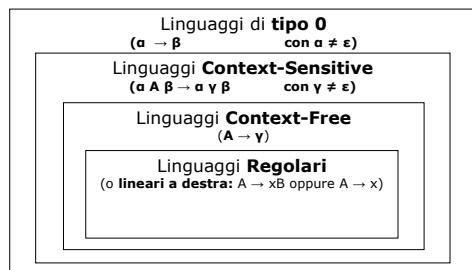
10

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Grammatiche formali

(... riassunto delle puntate precedenti) **Il problema dell'apprendibilità**

Gerarchia di Chomsky



α, γ, β possono essere sequenze di simboli terminali e non terminali (compreso l'elemento nullo ϵ salvo diversa specificazione); **A, B** sono singoli simboli non terminali; **x** è una sequenza di simboli terminali

11

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Grammatiche formali

Il problema dell'apprendibilità

- **Decidibilità:** data una stringa S si può dire se $S \in L$?



- La classe delle grammatiche primitive ricorsive è **enumerabile**: esiste una **procedura finita** (chiamata grammar-grammar) che lista **esaustivamente** ogni grammatica che appartiene alla classe.

12

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(inizio ...)

Il problema dell'apprendibilità

- **Di cosa c'è bisogno:**
 1. definizione di **apprendibilità**
 2. un apprendista (**learner**) che identifichi il linguaggio dichiarandone il nome (cioè la grammatica)
 3. metodo di **presentazione dell'informazione**
 4. almeno una relazione di **identificazione** (che assegna nomi, cioè grammatiche, ai linguaggi)
- un linguaggio si dice **apprendibile** se esiste un algoritmo che l'apprendista può usare per identificare la grammatica che genera/riconosce tale linguaggio
- l'apprendibilità è una **proprietà della classe dei linguaggi** piuttosto che del linguaggio stesso

13

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

- **Identificazione del linguaggio nel limite** (Gold 1967):
 - **tempo**
insieme infinito di istanti discreti t
 - i_t
unità di informazione (una stringa) presentata all'istante t
 - **apprendista**
 $g_t = G(i_1, i_2, \dots, i_t)$
dove:
 g_t = nome della grammatica al tempo t
 G = funzione di apprendimento
 (i_1, i_2, \dots, i_t) = unità di informazione presentate al tempo t

14

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

- **Procedura di identificazione del linguaggio nel limite:**
 - ad ogni istante t l'**apprendista** riceve un'unità di informazione i_t
 - appena ricevuta l'informazione i_t l'**apprendista** propone una grammatica g_t compatibile con l'informazione ricevuta fino a quel momento
 - Si dice che un linguaggio è **identificato nel limite** sse dopo un tempo finito t l'apprendista proporrà sempre la stessa grammatica g_t , corretta rispetto all'informazione ricevuta, ad ogni istante t_j tale che $t_j > t$
 - I linguaggi sono apprendibili sempre (e solo) rispetto ad una particolare **modalità di presentazione dell'informazione**

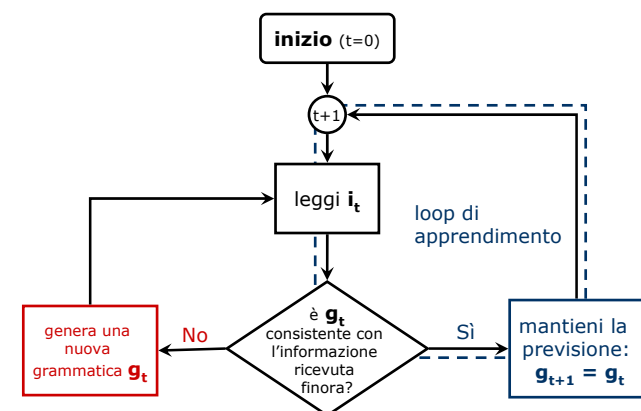
15

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio - schema

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità



16

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

■ Modalità di presentazione dell'informazione:

□ TESTO (TEXT)

sequenza informativa del tipo $x_1, x_2 \dots x_n \in L$ dove ogni stringa che appartiene a L occorre almeno una volta nel testo. Per ogni lingua infiniti testi sono possibili; per esempio:

- **testo arbitrario:** x_t può essere una qualsiasi funzione di t
- **testo ricorsivo:** x_t può essere una funzione ricorsiva di t
- **testo primitivo ricorsivo:** x_t può essere una funzione primitiva ricorsiva di t

□ INFORMATORE (INFORMANT)

sequenza informativa per cui l'informante specifica se $y_n \in L$ oppure $y_n \notin L$. Per ogni lingua infiniti informatori sono possibili; per esempio:

- **informatore arbitrario:** y_t può essere una qualsiasi funzione di t a patto che ogni stringa di V_T^* sia presente almeno una volta
- **informatore metodico:** y_t è il t -esimo elemento di una funzione di enumerazione su V_T^*
- **informatore a richiesta:** ad ogni istante t l'apprendista sceglie un y_t sulla base dell'informazione ricevuta fino a quel momento

17

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

■ Relazioni di identificazione

algoritmi che determinano l'appartenenza di una stringa s ad un linguaggio L

□ Verificatore (TESTER)

procedura di decisione per L , cioè funzione $S \rightarrow \{1, 0\}$ (assegna ad ogni frase valore **1** se tale frase $\in L$, **0** se $\notin L$)

□ Generatore (GENERATOR)

procedura che genera tutte e sole le espressioni in L ; una funzione, cioè

$\mathbb{N} \rightarrow S$

(assegna un unico numero intero a ciascuna espressione possibile in L)

18

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

■ Risultati di apprendibilità nel limite:



19

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

■ Problemi di identificazione

- **Esistono infinite grammatiche che generano un linguaggio finito**
es. $L = \text{"La casa brucia"}$

- G_1 > ogni espressione composta da tre parole
- G_2 > ogni espressione generabile dal vocabolario $\{la, casa, brucia\}$
- G_3 > ogni espressione riscrivibile come $\langle \text{Determinante, Nome, Verbo} \rangle$
- G_4 > ogni espressione che contiene almeno un Nome

...

- $G_L =$ tutte le frasi dell'italiano

20

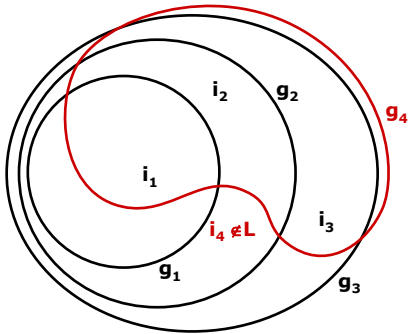
Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

- In che senso un **testo** è meno informativo di un **informatore**?



21

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Modello (formale) di apprendibilità del linguaggio

(... fine)

Il problema dell'apprendibilità

- data un'enumerazione delle grammatiche: $g_1, g_2, g_3 \dots g_L$
- **Informatore**
 1. rifiuta g_n se
 - a. $i_n \in L$ e i_n non è generabile/riconoscibile da g_n
 - b. $i_n \notin L$ e i_n è generabile/riconoscibile da g_n
 2. dato che g_L si troverà comunque nell'enumerazione ad un tempo finito t , una volta valutate tale corretta grammatica, l'apprendista non avrà più necessità di cambiare ipotesi
- **Testo**
 1. rifiuta g_n sse $i_n \in L$ e i_n non è generabile/riconoscibile da g_n
 2. è possibile imbrogliare l'apprendista proponendogli un testo basato su un linguaggio infinito costruito in modo da costringere l'apprendista a riformulare un'ipotesi di grammatica ad ogni istante i_n (ad esempio proponendo i_n compatibili con linguaggi finiti sempre più grandi)
 3. se seleziona una grammatica $g_t \supset g_L$, nessun esempio potrà convincerlo a cambiare idea

22

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Implicazioni e proprietà della teoria dell'apprendibilità

(inizio ...)

Il problema dell'apprendibilità

- Proprietà dell'apprendimento nel limite
 - algoritmo di apprendimento è **generale**: apprendere sequenze di oggetti, numeri, o stringhe di testo finisce per avere la stessa valenza formale
 - l'apprendimento prosegue teoricamente all'**infinito** e l'apprendista può **non sapere** mai che la sua ipotesi di identificazione è quella corretta, visto che potrebbe sempre sussistere il caso:
 $\exists i_t : G(i_1, i_2 \dots i_t) = g_t \neq g_{t-1}$
 - L'algoritmo di apprendimento, anche se esiste, potrebbe **non** essere **computabile**

23

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Implicazioni e proprietà della teoria dell'apprendibilità

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

- Proprietà dell'apprendimento nel limite
 - l'algoritmo di apprendimento deve avere un
 - **limite minimo**: generale sufficientemente da catturare tutte le regole in ogni lingua naturale
 - **limite massimo**: specifico sufficientemente da garantire la distinzione tra qualsiasi g_i, g_j tali che g_i genera una lingua distinta da quella generata da g_j
 - ci sono ragionevoli indizi per dubitare che un **testo** non sia sufficiente per apprendere una lingua naturale (teoria della povertà dello stimolo, "problema logico dell'acquisizione del linguaggio" Chomsky 65)
 - le procedure di enumerazione potrebbero essere estremamente **inefficienti**

24

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Implicazioni e proprietà della teoria dell'apprendibilità

(... continua ...)

Il problema dell'apprendibilità

- Ma allora come si può apprendere un linguaggio (naturale) da un **testo**?
 - determinare l'**ordine di presentazione** dell'informazione ad esempio utilizzando una funzione primitiva ricorsiva basata su t (ma sarebbe realistico pensare che ogni frase che il bambino processa è predeterminata esclusivamente dal tempo passato dall'inizio dell'apprendimento?)
 - rivedere la **condizione di successo** non identificare esattamente (nel limite) g_L , ma avvicinarsi ad essa in vari modi:
 - ordinare le grammatiche per complessità (Feldman 1972)
 - metriche di approssimazione (Wharton 1974)

25

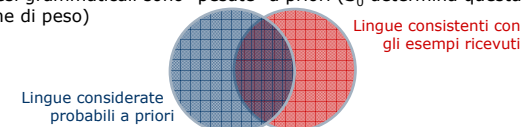
Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Implicazioni e proprietà della teoria dell'apprendibilità

(... fine)

Il problema dell'apprendibilità

- Ma allora come si può apprendere un linguaggio (naturale) da un **testo**?
 - **distribuzione statistica** sul campione di testo (Horning 1969)
 - data una grammatica probabilistica G_p la probabilità che un'espressione S sia generata da tale grammatica è uguale al prodotto delle regole di riscrittura necessarie per generarla
 - ipotizzando che ogni G_p può essere enumerata seguendo un criterio di probabilità assoluta stipulato a priori, per ogni testo esiste un apprendista che determina la grammatica della lingua in questione
 - **vincoli sulle ipotesi grammaticali** (Chomsky 1965)
 - le ipotesi grammaticali sono "pesate" a priori (S_0 determina questa funzione di peso)



26

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Alcuni risultati rilevanti

Il problema dell'apprendibilità

- Fin qui la teoria presentata sembra adeguata per tre delle sei condizioni presentate all'inizio:
 - **apprendibilità** ci sono lingue effettivamente apprendibili (nel limite)
 - **equipotenzialità** (indirettamente) ogni lingua inclusa nella classe dei linguaggi primitivi ricorsivi è apprendibile
 - **input** è possibile dimostrare che:
 1. le lingue naturali non sono incluse nella classe dei **linguaggi regolari finiti**
 2. è comunque possibile apprendere (nel limite) linguaggi inclusi in classi gerarchicamente più ampie ponendo limitazioni sulla tipologia del testo presentato o sulla natura dell'enumerazione delle grammatiche

27

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Alcune riflessioni sulle condizioni non soddisfatte

Come si apprendono le lingue naturali

- Cosa manca ancora al modello di apprendimento?
 1. **Tempo**: ogni lingua è appresa in un arco di tempo limitato e piuttosto preciso
 2. **(Fasi di sviluppo)**: predizioni riguardo agli stadi di sviluppo intermedi effettivamente identificabili)
 3. **Plausibilità cognitiva**: limitazioni delle risorse cognitive a disposizione (memoria a breve termine, attenzione ecc.)

28

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Dagli algoritmi alle euristiche per problemi di TEMPO

Come si apprendono le lingue naturali

- Soluzioni **algoritmiche**
 - **enumerazione e/o generazione cieca** di grammatiche inefficiente (problemi con il **tempo** di apprendimento) perché:
 - non considera relazioni di **equivalenza** (simboli non terminali con nomi diversi, ma usati allo stesso modo)
 - soluzioni **inefficienti** (loop inutili che non modificano l'input, regole che si annullano a vicenda, elementi nulli o non utilizzati)
 - **Quality control** (Wharton 1977) + **grammatical covering** (eliminare intere classi di grammatiche sulla base della valutazione di inefficienze di una singola grammatica)
- Soluzioni **euristiche**
 - non **valutano/rifiutano grammatiche tutte insieme**, ma le costruiscono pezzo per pezzo (questo garantisce l'apprendibilità almeno di parte della grammatica g_t ma non di tutta la grammatica!)
 - ogni i_t non viene valutata nei termini $i_t \notin g_t$, ma come fonte di **indizi** da usare incrementalmente per costruire le regole della grammatica (approccio incrementale, Brown 1973)

29

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Esempi di apprendimento euristico

Come si apprendono le lingue naturali

■ Solomonoff (1964)

- apprendere **regole ricorsive context-free** ($A \rightarrow xAy$) con un informatore
 1. l'apprendista riceve un'informazione $i_t = Z$
 2. l'apprendista chiede all'informatore se la stringa $xZy \in L$
 - a. se $xZy \in L$, chiedi se anche $xxZyy$ e $xxxZyyy \in L$ vai al passo 3
 - b. se $xZy \notin L$, torna al passo 1
 3. aggiungi alla grammatica le regole
 - $A \rightarrow xAy$
 - $A \rightarrow Z$
- evidenti i problemi con le limitazioni, ad esempio, sul numero massimo di incassamenti

30

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

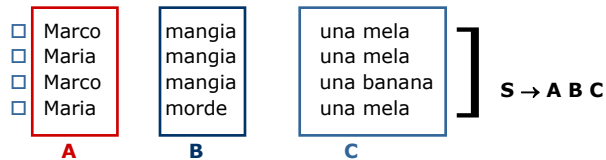
Apprendimento euristico... per FASI

(inizio ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Kelley (1967)

- primo sistema che simula l'apprendimento della prima lingua
- obiettivo: tener conto delle **fasi di sviluppo** linguistico
- euristica: **word-class position learning** (identificazione di categorie grammaticali sulla base di regolarità di distribuzione, Pivot Grammar, Braine 1963)
 - posizione assoluta (es. 1ª posizione nella frase)
 - posizione relativa (es. prima del Verbo)



31

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Apprendimento euristico... per FASI

(... fine)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Kelley (1967)

- Tre insiemi di ipotesi che corrispondono alle fasi in cui il bambino produce frasi con 1, 2 o 3 parole:

Fasi	Euristica
1 parola	Usa solo parole contenute molto frequenti: $S \rightarrow C$ (per ipotesi taggate dall'adulto)
2 parole	Cose + azioni: $S \rightarrow \text{Cose Azioni}$; $S \rightarrow \text{Cose Cose} \dots$ (l'algoritmo fa ipotesi e il sistema impara per rinforzo)
3 parole	Associa alle regole formate precedentemente un nuovo layer: $S \rightarrow \text{Cose-Azioni Cose} \dots$

- problemi:
 - la **frequenza** delle parole sembra irrilevante (Brown 1973)
 - trovare un **informatore** che dice se la classificazione è corretta sembra non realistico
 - difficile andare oltre ai **tre stadi** proseguendo così (d'altra parte ogni teoria ad hoc riuscirebbe a render conto di 3 stadi di questo tipo)

32

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

PLAUSIBILITA' COGNITIVA e gli approcci semantici

(inizio ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Language Acquisition System

(LAS, Anderson 1974-76)

- **Human Associative Memory System (HAM)** modello di rappresentazione dell'informazione formalismo usato:

S = Soggetto

P = Predicato

R = Relazione

O = Oggetto

...

- **Augmented Transition Network (ATN)**

l'algoritmo di apprendimento cerca di parseggiare una frase da sinistra a destra (costruendo archi), se fallisce altera la grammatica

33

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

PLAUSIBILITA' COGNITIVA e gli approcci semantici

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Language Acquisition System

(LAS, Anderson 1974-76)

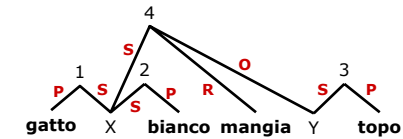
- **prototype structure**: considera solo le parole contenuto

- **tree-fitting heuristic**

i bambini usano le informazioni semantiche per collegare le parole contenuto tra di loro:

Il gatto bianco mangia un topo

{1: X è un gatto, 2: X è bianco, 3: Y è un topo, 4: X mangia Y}



34

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

PLAUSIBILITA' COGNITIVA e gli approcci semantici

(... fine)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Language Acquisition System

(LAS, Anderson 1974-76)

- **Semantic-induced generalization**

unione strutture semantiche = generalizzazione

es. il gatto bianco mangia il topo

l'uomo mangia il pollo

- **Problemi**

- mancate generalizzazioni ("sopra" ≠ "sotto")
- ipergeneralizzazioni ("versare" = "riempire")
- difficoltà nell'integrare nella struttura "morfemi grammaticali" (elementi funzionali come articoli, preposizioni ecc.)

35

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Difficoltà nell'apprendere grammatiche con movimento

Come si apprendono le lingue naturali

- Gli elementi si muovono... non è facile capire da dove vengono

- What_t did John buy t_i ?

36

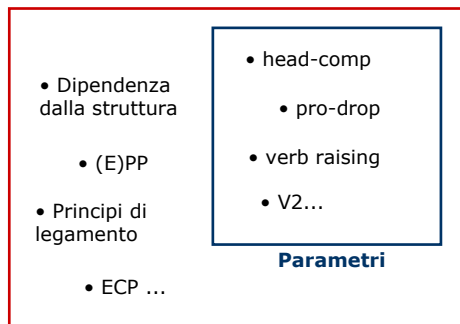
Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Ed infine... Principi e Parametri

(inizio ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Grammatica Universale secondo Chomsky 1981:



Principi

Parametri

37

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesi

Ed infine... Principi e Parametri

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali



con **10 parametri** binari:
 2^{10} (1024)
possibili grammatiche

...

20 parametri binari:
 2^{20} ... cioè circa
1 milione di possibili
grammatiche

38

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesi

Ed infine... Principi e Parametri

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ **Triggers** (Gibson & Wexler 1994):

- I dati di **triggering** sono espressioni che possono venire interpretate dal bambino se solo se ha settato correttamente certi parametri.
- I **triggers** per un determinato settaggio parametrico v di un parametro P , $P(v)$, sono di due tipi:
 - **globali** se il valore di verità della frase di triggering dipende esclusivamente dal settaggio di P
 - **locali** se il valore di verità della frase di triggering, fissati tutti i valori degli altri parametri salvo P , dipende da P
- il **settaggio dei parametri** avviene seguendo la **fitting hypothesis** (Wexler 90 propone un **General Motor Learning**)

39

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesi

Ed infine... Principi e Parametri

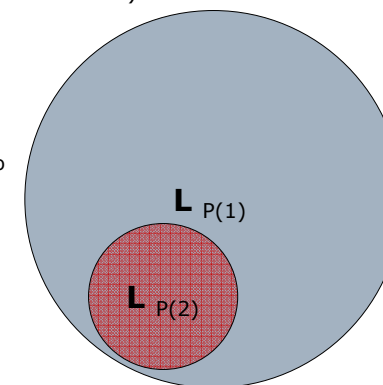
(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ **Triggers** (Gibson & Wexler 1994):

- Il **Subset Problem**:

dato un parametro P , il linguaggio generato da un settaggio del tipo $P=2$ è incluso nel linguaggio generato dal settaggio $P=1$



40

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesi

Ed infine... Principi e Parametri

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Triggers (Gibson & Wexler 1994)

- il **Triggering Learning Algorithm (TLA)** è definito come segue:
dato un **valore iniziale** ad **n parametri binari**, l'apprendista cerca di analizzare la frase *S* che gli viene proposta. Se *S* può essere analizzata con successo allora l'apprendista **non cambia i valori dei parametri**, altrimenti l'apprendista seleziona **uniformemente** un parametro *P* (con probabilità $1/n$ per ogni parametro) e ne cambia il valore. Se il cambiamento permette di analizzare *S* allora il valore viene mantenuto, altrimenti si **mantiene** il valore iniziale.

41

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Ed infine... Principi e Parametri

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Triggers (Gibson & Wexler 1994)

- proprietà del **TLA**:
 - è una procedura **error-driven** (Wexler e Culicover 1980)
 - usa soltanto **evidenza empirica positiva**
 - non necessita di **memoria**, non deve ricordarsi le scelte che ha fatto precedentemente
 - è **conservativo** (la differenza tra le grammatiche proposte è sempre minima, 1 solo parametro)
 - deve esistere un **local trigger** che distingue ogni G_n da G_t

42

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Ed infine... Principi e Parametri

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Vincoli sul TLA (Clark 1990)

- **Single Value Constraint**
Assumendo che h_0, h_1, \dots, h_n è la serie di successive ipotesi proposte dall'apprendista tali che h_0 è l'ipotesi iniziale e h_n è l'ipotesi compatibile con la grammatica target, allora h_i differisce da h_{i-1} (con $i < 0$) per il valore di al più un parametro.
- **Greediness Constraint**
se l'apprendista non riesce ad analizzare una frase *S*, allora adotterà una nuova grammatica, ma solo se questa riuscirà ad analizzare *S*

43

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Ed infine... Principi e Parametri

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Sull'ordine delle parole

- Parametri legati alla struttura X-barra:
 - posizione **testa-complemento**
($X' \rightarrow X^0 \text{ Comp}$ Vs. $X' \rightarrow \text{Comp } X^0$)
 - posizione **specificatore-testa**
($XP \rightarrow \text{Spec } X'$ Vs. $XP \rightarrow X' \text{ Spec}$)
- Spazio del problema generato:

Spec-head param.	Head-comp param.	Word Order
Spec-final	Comp-final	VOS
Spec-final	Comp-first	OVS
Spec-first	Comp-final	SVO
Spec-first	Comp-first	SOV

44

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Ed infine... Principi e Parametri

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

Spec-head param.	Head-comp param.	Data
Spec-final	Comp-final	VS, VOS
Spec-final	Comp-first	VS, OVS
Spec-first	Comp-final	SV, SVO
Spec-first	Comp-first	SV, SOV

- gli ordini **SV** e **VS** sono rispettivamente dei **global triggers** per il parametro **Spec-head**
- il parametro **Head-comp** invece non ha global triggers, ma comunque ha **local triggers**, quindi lo spazio del problema non presenta massimi locali ed ogni grammatica può essere appresa
- Il discorso è ben diverso se si aggiunge un parametro **V2**

45

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Ed infine... Principi e Parametri

(... continua ...)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Massimi Locali

- Gibson e Wexler mostrano che effettivamente, data una possibilità di parametrizzazione con soli **3 parametri** esistono grammatiche determinate da un particolare tipo di settaggio da cui l'apprendista non può "uscire"; tali "stati grammaticali" sono chiamati **massimi locali** (**Local Maxima** oppure **stati assorbenti** nella teoria delle catene di Markov)

46

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Ed infine... Principi e Parametri

(... fine)

Come si apprendono le lingue naturali

■ Soluzioni possibili per il problema dei Massimi Locali

- Potrebbero esserci **Grammatiche non Apprendibili**
- Lo spazio di parametrizzazione di UG **non contiene massimi locali**
- Potrebbero comunque sempre esistere delle frasi S che rappresentano dei **Local Triggers** (anche se Gibson e Wexler non li hanno trovati per la parametrizzazione del word order)
- Il **Single Value Constraint** ed il **Greediness Constraint** potrebbero non valere sempre
- **Settaggio parametrico iniziale "particolare"**

47

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì

Prossima lezione

(Mercoledì 18 Aprile, ore 16-18, Aula 456, S. Niccolò)

- Presentazioni gruppi
- Conclusioni corso

48

Linguistica Computazionale A.A. 2006-07 - C. Chesì