

Pier Marco Bertinetto, Patrizia Sorianello, Irene Ricci

**SULLA GERARCHIA DEI FATTORI CHE GOVERNANO LA GORGIA.
UN'APPLICAZIONE DELL'ALGORITMO DI DECISIONE C&RT.**

(in corso di stampa negli Atti del III Convegno Nazionale AISV "Scienze Vocali e del Linguaggio" Metodologie di Valutazione e Risorse Linguistiche, Trento 29.IX-I.XII.2007)

1. Introduzione

Nel parlato toscano, la realizzazione spirantizzata dei fonemi occlusivi sordi e sonori rappresenta un fenomeno sistematico molto saliente sul versante percettivo, già oggetto di indagine in numerosi studi.¹ Questo processo fonologico, sovente designato con il termine 'gorgia', manifesta un notevole grado di variabilità, ravvisabile tanto nella sua distribuzione geografica – il fenomeno è massimamente diffuso nel toscano centrale, ossia nelle province di Firenze, Siena e Pistoia – quanto nella sua manifestazione fonetica (Giannelli e Savoia 1978, 1979-80). Recenti studi condotti sull'argomento dimostrano come l'attivazione della gorgia determini una frantumazione di esiti allofonici; l'occlusiva sorda subisce un progressivo indebolimento articolatorio, che agli stadi più estremi giunge ad una realizzazione approssimante e finanche al totale dileguo.² Né può passare inosservato come, nei *corpora* indagati, la maggior parte degli esiti di questo processo di ipoarticolazione non siano mutuamente esclusivi, essendo rilevabili, a parità di condizioni enunciative, nell'eloquio di un medesimo parlante.

Per la sua natura variabile, la gorgia ben si adatta dunque ad essere esplorata nell'ambito di modelli linguistici computazionali. In uno studio precedente (cfr. Sorianello *et al.*, 2005; d'ora in avanti **SB&A**), il fenomeno è stato indagato applicando

¹ Tra tutti, rinviamo agli ormai classici studi di Castellani (1960), Contini (1960), Giannelli (1983), Giannelli e Savoia (1978, 1979-80).

² Sebbene le prime ricognizioni spettrografiche sul fenomeno si debbano a Giannelli e Savoia (1978); solo recentemente la gorgia è stata indagata e descritta anche a livello acustico (cfr. Marotta 2001, 2004, Sorianello 2001, 2004, Villafañá Dalcher 2006).

le tecniche di quantizzazione probabilistica dell’*Analogical Modeling of Language* (da ora in avanti AML).³

Per esigenze di chiarezza descrittiva, richiamiamo brevemente le proprietà peculiari di tale modello di predizione analogica. L’AML è un sistema *exemplar-based*, ovvero fondato sull’esperienza. Le esperienze passate, di volta in volta memorizzate, costituiscono un archivio mentale che si attiva ogni qual volta occorra prevedere un comportamento linguistico nuovo. Il fulcro intorno al quale ruota il funzionamento dell’AML è il principio di Analogia: ogni forma linguistica nuova è ricavata da quelle ad essa più simili, già immagazzinate nell’archivio. L’asse portante di AML è dato dalle entrate linguistiche,⁴ le quali, rappresentate sotto forma di *database*, simulano l’archivio mentale realmente posseduto da un parlante ideale. Nel *database*, opportunamente costruito a partire da *corpora* di parlato naturale rappresentanti il fenomeno da esplorare, ogni forma linguistica è codificata in base a più variabili contestuali e contemporaneamente contrassegnata da un esito linguistico, corrispondente alla variante linguistica realizzata in quella specifica circostanza. Grazie ad una procedura automatizzata di calcolo, AML ricerca nell’archivio per ogni *input test* – ovvero la forma per la quale si intende prevedere un comportamento – i parametri più somiglianti a quelli dell’*item* interrogato, assegnando per analogia, a ciascun esito linguistico contemplato, una percentuale statistica di probabilità.

L’applicazione delle procedure predittive dell’AML al fenomeno della gorgia si è rivelata valida. Gli indici di quantizzazione probabilistica forniti dall’AML da un lato confermano il ruolo dei principali fattori che intervengono in questo processo fonologico – peraltro già documentati nell’ampia letteratura – dall’altro stabiliscono interessanti correlazioni tra le variabili contestuali impiegate per la codifica dell’occlusiva e l’esito fonetico della consonante medesima (cfr. *ultra*). Ad esempio, l’algoritmo riconosce in modo sistematico l’azione svolta dal luogo di articolazione dell’occlusiva. Le simulazioni analogiche riproducono quanto già rinvenuto nella precedente fase della ricerca: occlusive sorde bilabiali, dentali e velari non condividono uno stesso comportamento, il grado di indebolimento indotto dalla gorgia essendo

³ Cfr. Skousen (1989, 1992, 1995), Skousen *et al.* (2002).

⁴ Queste ultime possono avere diversa natura: fonetica, morfosintattica o lessicale.

direttamente correlato al grado di posteriorità detenuto dall'occlusiva (massimo in /k/, minimo in /p/). A dimostrazione di ciò, AML non predice per le occlusive bilabiali la cancellazione del segmento oppure la sua resa approssimante, varianti assegnate invece con percentuali maggioritarie all'occlusiva velare.

In questo processo allofonico, anche il contesto accentuale detiene una certa valenza: nell'archivio da noi considerato, le varianti fonetiche più deboli hanno maggiore probabilità statistica di ricorrere in sillaba atona, in special modo in sillaba postonica.

Relativamente al versante morfologico, l'algoritmo intravede una relazione solo tra gli allofoni deboli di /t/ e la natura flessiva del morfema che li contiene. L'indice probabilistico assegnato dall'AML agli allofoni articolatoriamente più ridotti, tra cui la cancellazione, è infatti più alto rispetto a quello computato per gli altri contesti morfologici di /t/, come pure di /p/ e /k/. Ciò è ovviamente dovuto all'alta incidenza della gorgia nelle desinenze dei participi perfetti.

Per contro, le simulazioni analogiche relative alle altre variabili considerate, di natura sia prosodica sia segmentale, non sortiscono risultati rilevanti. Gli indici statistici ricavati dal modello nelle varie combinazioni contestuali mostrano infatti un'estrema dispersione.⁵

Le analisi precedentemente condotte, così come la modellizzazione esperita con l'ausilio dell'algoritmo AML, hanno pertanto chiarito alcuni cruciali aspetti del funzionamento della gorgia, indicando il diverso livello di significatività dei fattori interagenti. In particolare, è stato confermato il ruolo preminente del luogo di articolazione delle occlusive e (secondariamente) del parametro morfologico collegato al manifestarsi del participio perfetto. Non è stato tuttavia possibile precisare l'esatta gerarchia dei fattori che governano la gorgia, ossia la loro graduatoria relativa in rapporto all'efficacia. Non è escluso, infatti, che anche tra i fattori minori possa emergere una tendenziale gerarchizzazione.

Uno strumento potenzialmente atto a raggiungere tale scopo è rappresentato dagli algoritmi concepiti per produrre 'alberi di decisione'. Tra questi, il più noto è probabilmente quello conosciuto sotto la sigla C&RT (*Classification and Regression*

⁵ Il quadro completo dei dati ottenuti è riportato in **SB&A**. (2005) a cui rinviamo il lettore.

Trees). Nei paragrafi seguenti, descriveremo succintamente il funzionamento dell'algoritmo e l'applicazione che ne abbiamo fatto.⁶ Il nostro scopo non consiste dunque, riduttivamente, nel replicare e verificare i risultati precedenti (cosa, peraltro, tutt'altro che irrilevante), bensì nel comprendere meglio l'interazione tra i fattori in gioco. Come ulteriore ricaduta, il confronto tra i due metodi di analisi (AML e C&RT) consentirà di trarre qualche conclusione sul piano metodologico, per le quali rinviamo al § 4.

2. Caratteristiche dello strumento impiegato

C&RT è una metodologia statistica non-parametrica, creata da Breiman, Friedman, Olshen & Stone (1984). Tra le sue peculiarità, vi è quella di restituire alberi di decisione, ovvero diagrammi ad albero rovesciato, costituiti da un nodo radice che viene suddiviso in altri nodi, a loro volta suddivisi finché possibile. Si tratta di uno strumento al tempo stesso potente e flessibile: semplice nel formato, compatto e di agevole interpretazione. L'algoritmo è in grado di affrontare sia problemi di *classificazione*, nei quali ci si proponga di predire il valore di una variabile categorica dipendente; sia problemi di *regressione*, in cui sia necessario predire il valore di una variabile numerica. Il metodo d'analisi può essere convenientemente modulato a seconda del problema che si intende studiare.

Le due principali applicazioni, a partire da un insieme di dati, sono le seguenti. Da un lato, si può ottenere un'accurata ripartizione dei dati entro classi ben definite; il che consente poi, orientando l'analisi in direzione predittiva, di classificare con precisione un eventuale nuovo dato, la cui classe di appartenenza sia ignota. Dall'altro lato, si può migliorare la conoscenza delle variabili in gioco, individuando quelle che più direttamente governano il fenomeno di interesse, ordinandole in ragione della loro importanza.

Il funzionamento dell'algoritmo si svolge in quattro fasi. Nella prima fase, viene automaticamente selezionata una serie di domande binarie (ogni nodo dell'albero essendo rigorosamente binario), necessarie a determinare le successive separazioni del

⁶ Una più dettagliata descrizione dell'algoritmo si trova in Calamai, Ricci, Agonigi (2005).

nodo radice. Successivamente, l'algoritmo determina un criterio di bontà, sulla base del quale viene individuata la separazione migliore. Per finire, l'utente deve impostare una regola di arresto, tale da individuare i nodi terminali, nonché una regola in grado di assegnare ad ogni nodo una classe di appartenenza.

È importante comprendere che, date le sue caratteristiche, l'algoritmo procede attraverso successive scansioni del campione iniziale. Ad ogni nodo, vengono prese in considerazione soltanto le osservazioni residue in quel dato punto. Per comprendere questo aspetto, immaginiamo un campione di 1000 osservazioni, fondato su quattro classi di dati (A, B, C, D), sul cui comportamento influiscano i tre fattori X, Y, Z, ciascuno dei quali articolato in un certo numero di valori. Immaginiamo ora che C&RT generi un primo nodo, che prosegue nei rami 1 (con 500 osservazioni) e 2 (con le restanti 500 osservazioni). Se il nodo 1 si scinde ulteriormente nei rami 3 (con 200 osservazioni) e 4 (con 300 osservazioni), il ramo 3 potrà soltanto proseguire attraverso l'ispezione delle 200 osservazioni che vi sono confluite, mentre il ramo 4 potrà proseguire in base al comportamento delle rimanenti 300 osservazioni. Da ciò discende che il grado di informatività desumibile dall'albero sarà tanto maggiore, quanto più elevati sono i nodi. Man mano che si scende verso i livelli inferiori, il diminuire delle osservazioni riduce la stabilità statistica; e ciò a maggior ragione in un corpus di proporzioni non particolarmente imponenti, come quello su cui si compirà la nostra analisi.

Occorre infine tener presente che i fattori pertinenti per la classificazione possono ripresentarsi in più nodi successivi, anche entro la stessa sezione dell'albero. Se, per esempio, il fattore X ha determinato la scansione tra i nodi 1 e 2 e il fattore Y è prevalso nella scansione tra 3 e 4, generatisi a partire da 1, nulla vieta che X prevalga di nuovo nella suddivisione tra i rami 5 e 6 generati su 3, a sua volta derivante da 1. È chiaro peraltro che, a questo nuovo livello, potranno ricomparire solo i valori che non sono stati eliminati nei nodi che dominano 5 ed 6. Se quindi, per esempio, sul ramo 1 sono confluiti soltanto i valori *a* e *b* di X (con esclusione dei valori *c*, *d* ed *e*), la ricomparsa del fattore X al nodo che domina 5 e 6 sarà limitata ai soli valori *a* e *b*, dato che i restanti valori sono stati in precedenza dirottati su un'altra ramificazione. Più avanti

daremo esempi concreti di tutto ciò, riportando alcuni alberi ottenuti attraverso l'applicazione dell'algoritmo al nostro specifico problema.

Uno dei principali vantaggi di C&RT è offerto dalla possibilità di analizzare qualsiasi tipo di dati. L'algoritmo non richiede infatti alcuna assunzione sul tipo di variabili, né sulla loro distribuzione statistica. Esso può applicarsi a dati categorici e/o numerici, a dati con struttura non standard (in cui non tutti i vettori che costituiscono il set di dati condividono la stessa dimensione), nonché a dati ad alta dimensionalità (ossia, con un alto numero di variabili), ovvero ancora a insiemi di dati molto ampi.

Il risultato della classificazione fornita dall'algoritmo, oltre che sottoforma di albero, può essere riportato sia attraverso la percentuale di corretta classificazione, sia mediante una *matrice di confusione*; nella quale, per ogni gruppo di dati, viene indicato il numero di casi correttamente classificati dall'algoritmo. Si veda questo esempio astratto:

Valori predetti

gruppi	1	2	..	n
1	45	2	...	1
2	2	49	...	5
..
n	1	0	...	50

Valori reali

Esempio di matrice di confusione

I numeri sulla diagonale principale rappresentano i casi correttamente classificati, quelli al di fuori sono invece i casi per i quali non c'è coincidenza tra la classe prevista e quella reale. Quanto alla percentuale di corretta classificazione, essa ci dà un'informazione su quanto efficiente è il nostro modello nel discriminare le varie classi. Essa viene calcolata come rapporto fra i casi classificati correttamente e il numero totale dei casi.

3. Risultati

L'analisi qui riportata è stata condotta su una versione aggiornata dell'archivio di dati utilizzato per le analisi condotte con l'algoritmo AML (cf. SB&A).

Si tratta di un campione costituito da 1086 occlusive sorde, così ripartite per luogo di articolazione: 364 bilabiali (33,5%), 394 dentali (36,3%) e 328 velari (30,2%). Le occlusive, ricorrenti in contesto intervocalico, sono state estratte da quattro dialoghi di parlato fiorentino semispontaneo, registrati nell'ambito dei progetti interuniversitari denominati CLIPS (*Corpora e Lessici di Italiano Parlato e Scritto*) e IPAR (*Italiano Parlato*).⁷ I parlanti, quattro maschi e due femmine, erano studenti universitari al momento della registrazione.

Inizialmente, sono state condotte alcune analisi preliminari, per definire i valori ottimali per il funzionamento dell'algoritmo. È emerso che il valore minimo, al di sotto del quale l'algoritmo non produce una valida classificazione è 10 per il nodo genitore e 5 per il nodo figlio, mentre la profondità massima di livelli dell'albero è stata impostata su 5. Sull'albero così ottenuto non viene effettuato alcun tipo di validazione ed è stato inoltre scelto come misura di impurità l'indice Gini. Quanto alla procedura di analisi, si è deciso di replicare quella già sperimentata con il modello AML, consistente (a parte l'analisi generale, riportata nel § 3.1) nell'analizzare separatamente diverse combinazioni di variabili, al fine di evitare che l'eccessivo numero di variabili, congiuntamente considerate, producesse risultati difficilmente interpretabili. La procedura adottata offre il vantaggio di confrontare fra di loro parametri omogenei, verificandone comparativamente l'efficacia.

Le combinazioni utilizzate sono riportate di seguito nella tabella 1. La variabile 'luogo di articolazione' è stata, alternativamente, inserita o trascurata nelle analisi. Data la sua determinante importanza nel manifestarsi della gorgia, l'effetto prodotto da tale parametro sulle altre variabili non poteva che essere fortemente intrusivo. La scissione che si produce al primo livello scandisce infatti il campione in maniera molto robusta, col rischio di affievolire l'efficacia dei restanti fattori, il cui effetto potrà misurarsi soltanto su una parte dei dati. Se dunque, nel nostro precedente lavoro, la necessità di

⁷ I dialoghi presi in esame sono identificati dalle seguenti sigle: *DGmtB01_F*, *DGmtB04_F*, *DGtdA01_F*, e *DGtdB04_F*.

selezionare coerenti sottoinsiemi di variabili contestuali dipendeva dalla necessità, strettamente operativa, di mantenere sempre un buon controllo sull'interpretazione dei dati, nel presente lavoro l'esigenza nasce invece da ragioni intrinseche, a causa dell'indebolimento della potenza statistica che si crea ad ogni successivo livello dell'albero.

Contesti	Variabili				
<i>Segmentale</i>	Luogo di articolazione	Vocale precedente	Vocale seguente		
<i>Morfologico</i>	Luogo di articolazione	Classe morfologica	Natura morfologica		
<i>Accentuale</i>	Luogo di articolazione	Distanza dall'accento lessicale	Sillaba		
<i>Segmentale</i> + <i>Accentuale</i>	Luogo di articolazione	Vocale precedente	Vocale seguente	Distanza dall'accento lessicale	Sillaba
<i>Prosodico</i>	Luogo di articolazione	Distanza dal confine intonativo	Posizione della parola nel sintagma intonativo		
<i>Accentuale</i> + <i>Prosodico</i>	Luogo di articolazione	Distanza dall'accento lessicale	Sillaba	Distanza dal confine intonativo	Posizione della parola nel sintagma intonativo
<i>Distanze dal confine di parola</i>	Luogo di articolazione	Distanza in fonemi dal confine destro	Distanza in fonemi dal confine sinistro	Distanza in sillabe dal confine sinistro	Distanza in sillabe dal confine destro

Tabella 1: Contesti analizzati

Nel seguito, useremo le seguenti abbreviazioni per riferirci ai diversi fattori, per ciascuno dei quali indichiamo qui sotto le possibili implementazioni:

LUOGO DI ARTICOLAZIONE	L_ART
B(ilabiale), D(entale), V(elare)	
VOCALE PRECEDENTE	V_PREC
/i e a o u ja jo ju wi // ⁸	
VOCALE SEGUENTE	V_SEG
/i e a o u ja je jo ju wa we wi wo/	
CLASSE MORFOLOGICA	C_MF
Nome (N), Aggettivo (G), Pronome (P), Verbo (V), Avverbio (A), Preposizione (R), Congiunzione (C), ⁹	
NATURA MORFOLOGICA	N_MF
Morfema Lessicale (L), Morfema Flessivo (F) Morfema Derivazionale (D)	
DISTANZA (DALL') ACCENTO LESSICALE	D_A_LES
1, 2, 3, 4; U = distanze superiori	
SILLABA	SIL
Pretonica (R), Tonica (T), Postonica (P)	
DISTANZA (DAL) CONFINE INTONATIVO	D_C_I
0, 1, 2, 3, 4, 5; X = distanze superiori	
POSIZIONE (DELLA) PAROLA NEL SINTAGMA INTONATIVO	P_P_S
Iniziale (I), Mediana (M), Finale (F); U = Sintagma composto da un unico lessema	
DISTANZA IN FONEMI (DAL) CONFINE (DI PAROLA) DESTRO	DFC_DES
0, 1, 2, 3, 4, X	

⁸ /e o/ indicano le vocali mediane indipendentemente dal grado di apertura.

⁹ Nell'archivio, le categorie dell'Articolo e dell'Interiezione non sono rappresentate.

DISTANZA IN FONEMI (DAL) CONFINE (DI PAROLA) SINISTRO DFC_SIN

0, 1, 2, 3, 4, X

DISTANZA IN SILLABE (DAL) CONFINE (DI PAROLA) DESTRO DSC_DES

0, 1, 2, X

DISTANZA IN SILLABE (DAL) CONFINE (DI PAROLA) SINISTRO DSC_SIN

0, 1, 2, X

La variabile dipendente riguarda la manifestazione fisica della gorgia, categorizzata secondo le seguenti varianti allofoniche; tra parentesi riportiamo la sigla che identifica la variante e la relativa percentuale di ricorrenza all'interno dell'archivio:

- OCCLUSIVA SORDA (OSn, 6,5%) = variante occlusiva sorda;
- OCCLUSIVA LENE (OL, 5,6%) = variante occlusiva prodotta senza rumore di rilascio, talora caratterizzata da una lieve sonorità o frizione;
- OCCLUSIVA SONORA (OSn, 2,1%) = variante occlusiva con barra di sonorità;
- FRICATIVA SORDA (FSd, 40,5%) = variante con rumore fricativo di variabile intensità e distribuzione frequenziale, priva di barra di sonorità;
- FRICATIVA SONORA (FSn, 13,7%) = variante con rumore fricativo di variabile intensità e distribuzione frequenziale, con barra di sonorità;
- APPROSSIMANTE (AP, 28,6%) = variante sonora avente struttura formantica;
- CANCELLAZIONE (CA, 2,8%) = elisione totale del segmento occlusivo originario.

La categorizzazione fonetica dei segmenti è il risultato di un'accurata analisi acustica, che ha valutato in modo congiunto le caratteristiche spettrografiche di ciascun fono (durata, intensità, presenza/assenza di barra sonora, presenza/assenza di struttura formantica, distribuzione in frequenza del rumore fricativo).¹⁰ In altri lavori, è stata adottata in proposito una griglia ancora più fine per rappresentare con maggior precisione il diverso grado di costrizione articolatoria manifestato dai foni occlusivi

¹⁰ Per una discussione ragionata dei parametri acustici investigati, si rinvia a Sorianello (2001, 2004).

fiorentini (Soriano 2001, 2003, 2004). Ai nostri fini, tuttavia, come già in SB&A, è parso ragionevole limitarsi ai tipi sopra indicati. Tale scelta è stata adottata per scongiurare il rischio di indebolire la capacità predittiva dell’algoritmo attraverso l’utilizzo di un numero eccessivo di categorie, alcune delle quali numericamente poco rappresentative.

3.1. Analisi generale

Per prima cosa, è stata fatta un’analisi su tutte le variabili in gioco. L’albero ottenuto (Figura 1a) si scinde immediatamente, secondo le attese, in base al parametro L_ART, con le velari correttamente contrapposte alle bilabiali e dentali. Al secondo livello compare invece la variabile V_SEG, da cui peraltro non si ricava una precisa interpretazione, in quanto i timbri vocalici ed i dittonghi non si ripartiscono in maniera articolatoriamente plausibile. Questo è un chiaro è indizio di andamento perturbato. Ai livelli successivi, compaiono in sequenza i fattori DFC_DES, DSC_SIN, V_PREC: tuttavia, a parte il penultimo caso (in cui si separano le distanze brevi dalle distanze maggiori), l’interpretazione dei dati non è particolarmente illuminante.

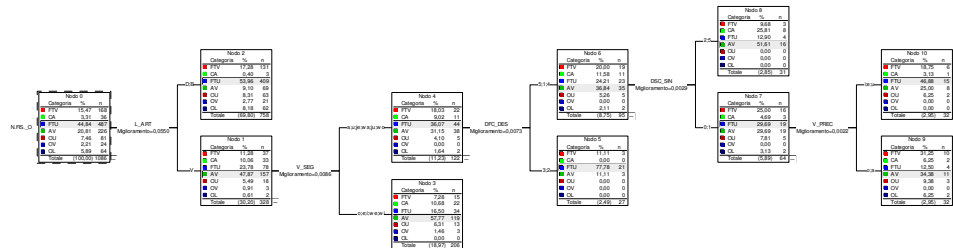


Figura 1a Tutte le variabili

		Categoria osservata							
		FTV	CA	FTU	AV	OU	OV	OL	Tot.
Categoria prevista	FTV	0	0	0	0	0	0	0	0
	CA	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTU	140	4	445	80	65	21	62	817
	AV	28	32	42	146	16	3	2	269
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0
	OV	0	0	0	0	0	0	0	0
	OL	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086

Tabella 1a tutte le variabili (45,6%)

Il passo successivo è consistito nell’eliminare il fattore L_ART, al fine di meglio controllare l’efficacia dei restanti fattori. In questo secondo albero (Figura 1b), dalla geometria assai diversa, il primo livello è occupato dalla variabile D_C_I, che plausibilmente separa la distanza Ø da tutte le altre misure. Ciò ritaglia un ruolo non trascurabile per il suddetto parametro; il che non sorprende, dato che la distanza Ø dal confine intonativo implica la presenza di un accento prosodico particolarmente marcato. Questo dato emergeva già, in quanto tendenza statistica, in SB&A, soprattutto in rapporto alle occlusive dentali.

Ai livelli successivi dell’albero, tuttavia, la situazione subisce un rapido deterioramento. Come si può vedere in figura, l’unico ramo che prosegue è quello di destra, che si scinde –in maniera peraltro scarsamente perspicua – in base al fattore V_SEG, per dar poi vita ad ulteriori ramificazioni su entrambi i rami, quasi tutte, a loro volta, di non chiara interpretabilità. I fattori che entrano in gioco, sono: sulla ramificazione sinistra, DFC_DES, DFC_SIN, C_MF, V_PREC e DSC_SINL; sulla ramificazione destra, C_MF, P_S_I, DSC_SIN. Trascurando i livelli più bassi, connotati da limitata forza statistica, merita unicamente segnalare l’azione del fattore DFC_DES, che scinde le distanze più lunghe dalle più brevi, nonché il fattore C_MF, che (sulla ramificazione di destra) separa i nomi da tutte le altre categorie. Persino in quest’ultimo caso, tuttavia, non è affatto chiaro quale sia la ragione della suddivisione. Nel complesso, si osserva quindi un quadro poco perspicuo, che suggerisce una limitata efficacia dei fattori contestuali qui elencati. Non è per es. chiaro se l’esito legato alla

variabile DFC_DES costituisce un elemento autenticamente costitutivo della ‘grammatica’ della gorgia, ovvero un artefatto contingentemente prodotto dalla particolare distribuzione lessicale del campione considerato. Considerazioni analoghe si applicano, a maggior ragione, alla variabile C_MF. Vedremo infatti, nel paragrafo 3.3, che il peso di questa componente è del tutto irrilevante.

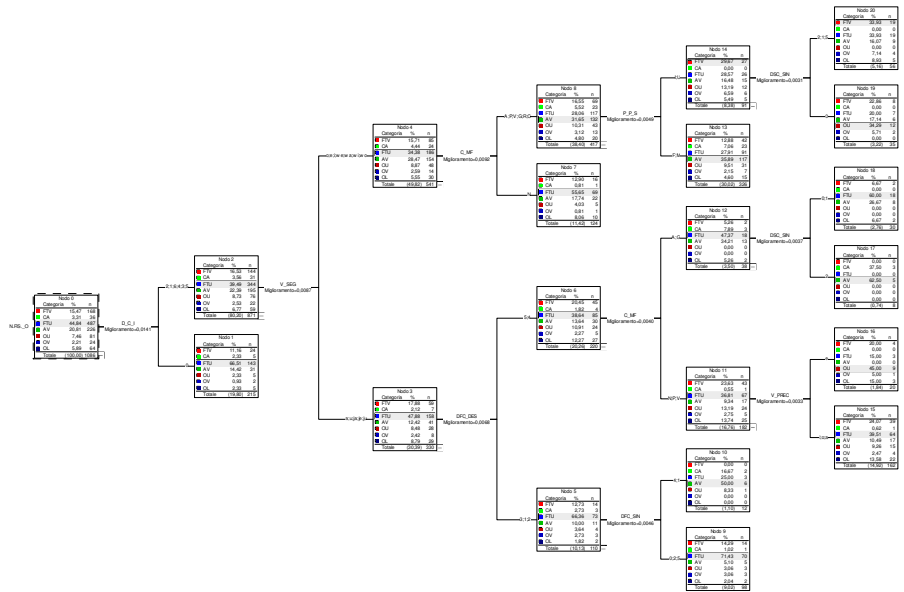


Figura 1b Tutte le variabili senza L_ART

		Categoria osservata							
		FTV	CA	FTU	AV	OU	OV	OL	Tot.
Categoria prevista	FTV	19	0	19	9	0	4	5	56
	CA	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTU	95	8	364	83	28	10	41	629
	AV	42	28	94	128	32	7	15	346
	OU	12	0	10	6	21	3	3	55
	OV	0	0	0	0	0	0	0	0
	OL	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086

Tabella 1b Tutte le variabili senza L_ART (51%)

Per illuminare meglio il problema, abbiamo condotto una serie di analisi su vari sottoinsiemi di fattori, allo scopo di isolare quelli dotati di maggior forza. Su ciò riferiamo nei paragrafi che seguono.

3.2. *Contesto segmentale*

L’analisi di questo contesto mira a verificare se la vocale precedente vs. seguente influenza la produzione della gorgia, in rapporto ai diversi timbri rappresentati nel corpus. I risultati sono riportati sotto forma di albero in Figura 2a per quanto riguarda l’analisi con L_ART e Figura 2b per quanto riguarda invece l’analisi senza tale variabile; le relative matrici di confusione sono in Tabella 2a e in Tabella 2b.

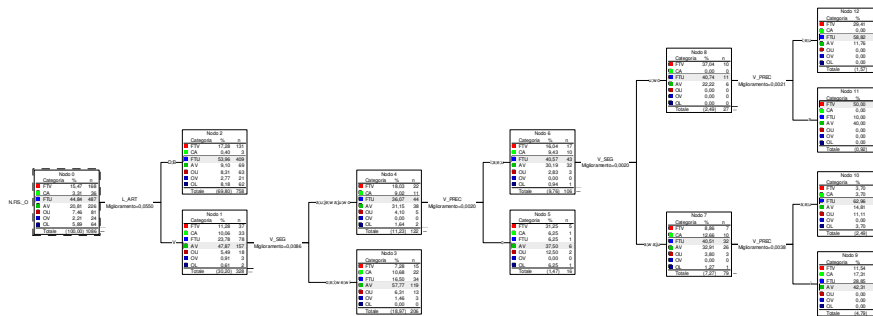


Figura 2a Contesto segmentale

		Categoria osservata							
		FTV	CA	FTU	AV	OU	OV	OL	Tot.
Categoria prevista	FTV	5	0	1	4	0	0	0	10
	CA	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTU	137	4	436	75	66	21	63	802
	AV	26	32	50	147	15	3	1	274
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0
	OV	0	0	0	0	0	0	0	0
	OL	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086	

Tabella 2a Matrice di confusione del contesto segmentale (54%)

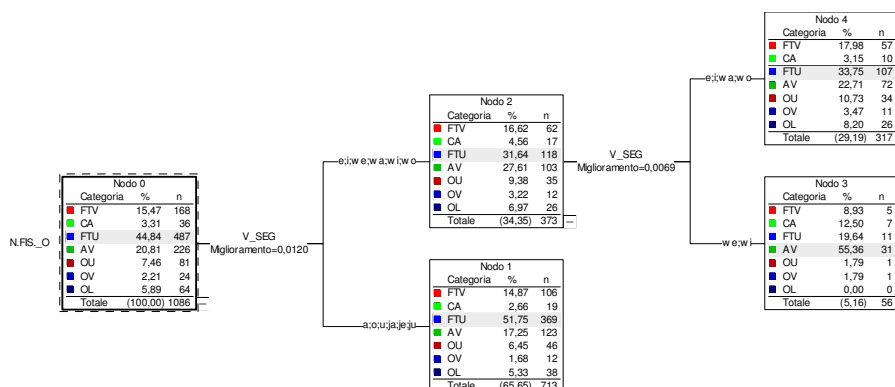


Figura 2b Contesto segmentale senza L_ART

		Categoria osservata							
		FTV	CA	FTU	AV	OU	OV	OL	Tot.
Categoria prevista	FTV	0	0	0	0	0	0	0	0
	CA	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTU	163	29	476	195	80	23	64	1030
	AV	5	7	11	31	1	1	0	56
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0
	OV	0	0	0	0	0	0	0	0
	OL	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086

Tabella 2b Matrice di confusione del contesto segmentale senza L_ART (53,3%)

Dalla Figura 2a emerge innanzi tutto la prevedibile efficacia del luogo di articolazione, con le occlusive velari contrapposte alle bilabiali e dentali. Quanto alle variabili V_PREC e V_SEG, risultano entrambe importanti nella produzione delle occlusive, con leggera preminenza della seconda. Si osservi che, nella suddivisione generata dalla variabile V_SEG, compaiono anche i dittonghi, mentre in quella generata dalla V_PREC questi ultimi non si affacciano. Da ciò si può dedurre che non tutti i valori delle singole variabili emergono come rilevanti. Se si guarda al dettaglio, ci si rende tuttavia conto che la suddivisione interna alle due variabili considerate appare difficilmente interpretabile. Nella scansione di V_SEG proposta ai nodi 3-4, le vocali anteriori stanno sul nodo di sinistra assieme a /o/ ed ai dittonghi /we wi/, mentre /a u/ ed

alcuni altri dittonghi, tra cui /je/ stanno sul nodo di destra. Non esistono, peraltro, ragioni plausibili per separare /e i/ da /je/. Pertanto, la scansione proposta non può che riflettere qualche accidentale rumore statistico, piuttosto che una cogente *ratio*. Ciò è ulteriormente confermato dal comportamento dell'albero ai nodi successivi, dove le medesime variabili ricompaiono senza un'evidente principio organizzatore. Per es., ai nodi 9-10 /i/ si contrappone ad /a e u/, mentre ai nodi 11-12 /a/ si contrappone ad /i e u/.

L'albero in Figura 2b, relativo all'analisi senza L_ART, è assai più sobrio: l'unico fattore chiamato in causa è V_SEG. Al primo livello, emerge una scansione non priva di plausibilità, con le vocali anteriori separate dalla bassa e dalle posteriori. Meno convincente è peraltro il comportamento dei dittonghi, tra i quali emergono solo quelli ascendenti (il che è pertinente): questi ultimi, benché si dividano coerentemente in base al tipo di legamento (palatale vs. labiovelare), sembrano andare in controtendenza rispetto alle vocali, col legamento palatale associato alle vocali posteriori ed il legamento labiovelare associato alle vocali anteriori.

Dalle matrici di confusione si evince, in Tabella 2a, che le uniche categorie abbastanza correttamente classificate sono le fricative totali sorde (FTU) e le approssimanti (AV). Ciò suggerisce che le restanti categorie non vengano in generale ben distinte dalle variabili considerate, come risulta dalla bassa percentuale di classificazione (54%). Dalla Tabella 2b si evince un sia pur lieve scadimento della percentuale di corretta classificazione rispetto alla tabella precedente.

3.3. Contesto morfologico

In questa analisi, vengono inserite come variabili di predizione la classe morfologica del morfema di appartenenza e la natura morfologica dell'occlusiva. I risultati sono riportati unicamente per quanto concerne l'analisi con inclusione della variabile L_ART, in quanto l'altra versione non ha generato alcun albero. In sostanza, l'unica variabile, tra quelle qui considerate, che suddivide efficacemente i dati è il luogo di articolazione; il che dimostra la scarsissima influenza della componente morfologica. Ciò merita qualche riflessione, in ragione del sia pur limitato peso esibito da tale componente nell'analisi statistica proposta in SB&A. A ben vedere, tuttavia, non

sussiste contraddizione: il condizionamento morfologico ivi rinvenuto aveva comunque un raggio d'azione limitato, in quanto attivo esclusivamente per /t/, con specifico riguardo alla desinenza verbale dei participi perfetti.

Anche in questo caso, la percentuale di corretta classificazione è piuttosto bassa 52%.

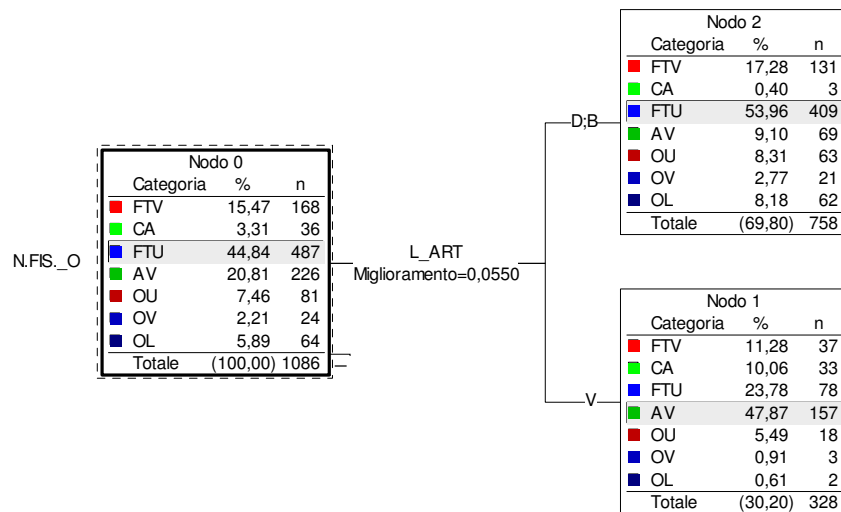


Figura 3a Contesto morfologico

Categoria prevista	Categoria osservata							Tot.
	FTV	CA	FTU	AV	OU	OV	OL	
FTV	0	0	0	0	0	0	0	0
CA	0	0	0	0	0	0	0	0
FTU	131	3	409	69	63	21	62	758
AV	37	33	78	157	18	3	2	328
OU	0	0	0	0	0	0	0	0
OV	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086

Tabella 3a Matrice di confusione del contesto morfologico (52%)

3.4. Contesto accentuale

In questo contesto, si analizzano due variabili riguardanti l'accento lessicale della parola di appartenenza. Specificamente: la distanza, misurata in sillabe, dell'occlusiva dall'accento lessicale (D_A_L) e la posizione, rispetto all'accento, della sillaba contenente il fonema bersaglio (SIL). Come nel caso precedente, riportiamo solo i risultati relativi alla versione con L_ART, poichè nell'altra versione non viene creato alcun albero. Anche qui, peraltro, l'albero viene scandito esclusivamente dalla variabile L_ART, il che ci dispensa dal riprodurre il relativo albero e la matrice di confusione, perfettamente identici a quelli esibiti nel paragrafo precedente. Valgono, ovviamente, analoghe considerazioni in merito all'inconsistenza della componente accentuale come predittore delle manifestazioni della gorgia.

3.5. Contesto segmentale + accentuale

Il presente contesto è costituito dall'unione delle variabili che compongono il contesto segmentale e quello accentuale. Si intende cioè verificare se l'unione dei suddetti contesti determina specifiche interazioni, in grado di produrre una coerente ramificazione dell'albero.

Di seguito (Figura 4a), riportiamo l'albero prodotto dalla prima analisi, con inclusione di L_ART:

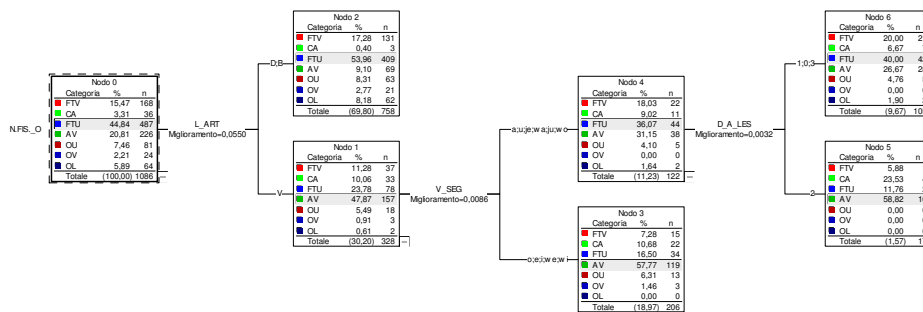


Figura 4a Contesto segmentale + accentuale

		Categoria osservata							
		FTV	CA	FTU	AV	OU	OV	OL	Tot.
Categoria prevista	FTV	0	0	0	0	0	0	0	0
	CA	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTU	152	10	451	97	68	21	64	863
	AV	16	26	36	129	13	3	0	223
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0
	OV	0	0	0	0	0	0	0	0
	OL	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086

Tabella 4a Matrice di confusione del contesto segmentale + accentuale (53%)

L'albero viene suddiviso, oltre che dal consueto fattore L_ART, dalle sole variabili V_SEG e D_A_L. Da ciò si deduce che il fattore D_A_L è più importante del fattore V_PREC, che emergeva invece nella Fig.2a. Questo risultato si spiega in relazione al fatto che le diverse variabili possono essere fra loro correlate e pertanto contribuire con diversa efficacia alla ramificazione dell'albero, a seconda della selezione operata sulle stesse. Circa la limitata interpretabilità del fattore V_SEG, valgono le osservazioni già avanzate in merito alla Fig.2a. Non meno controverso è il caso della variabile D_A_L, in cui la distanza 2 (scil., 2 sillabe) si contrappone alle restanti (0,1,3): anche in questo caso, la distribuzione dei dati non sembra obbedire ad una ragione cogente (diverso sarebbe, se avessimo riscontrato un contrasto del tipo 0 vs. 1,2,3, ovvero 0,1 vs. 2,3).

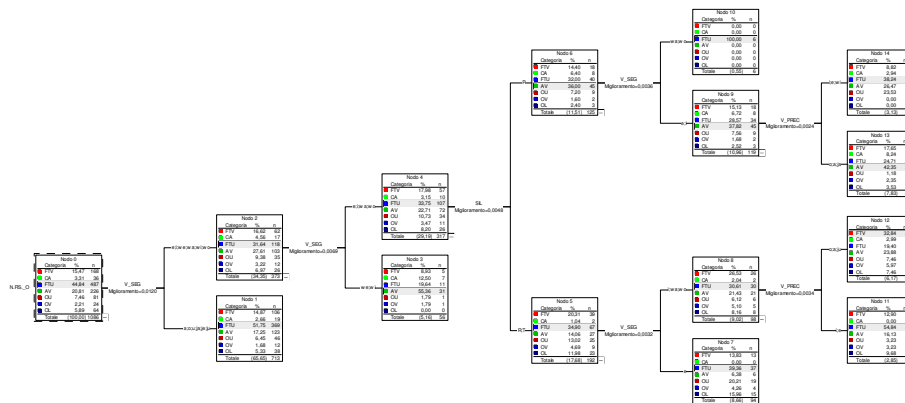


Figura 3b Contesto segmentale + accentuale senza L_ART

		Categoria osservata						Tot.	
		FTV	CA	FTU	AV	OU	OV		OL
Categoria prevista	FTV	22	2	13	16	5	4	5	67
	CA	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTU	126	20	442	143	74	17	56	878
	AV	20	14	32	67	2	3	3	141
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0
	OV	0	0	0	0	0	0	0	0
	OL	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086

Tabella 3b Matrice di confusione del contesto segmentale + accentuale senza L_ART (51,1%)

La seconda analisi (Figura 3b), condotta senza il fattore L_ART, produce un risultato significativamente diverso. La prima scansione avviene in base al fattore V_SEG, che esibisce la stessa ripartizione già descritta nel § 3.2 ed illustrata nella Figura 2b. La situazione acquista quindi, in confronto con quella descritta nella precedente figura, un maggior grado di interpretabilità, sia pure con le cautele già segnalate. Già al secondo livello, peraltro, la situazione si ingarbuglia, con un'incongrua scissione della medesima variabile. A poco vale, pertanto, il fatto che alcuni dei comportamenti mostrati nei successivi nodi appaiano interpretabili.

La percentuale di corretta classificazione non si discosta dai casi precedenti, sia per la prima (53%) sia per la seconda analisi (51,1 %)

3.6. Contesto prosodico

I fattori specificamente considerati sono: la distanza, calcolata in sillabe, dell'occlusiva dal confine intonativo seguente (D_C_I) e la posizione della parola di appartenenza all'interno del sintagma intonativo (P_S_I).

Come già in casi precedenti, l'unico fattore efficace è il luogo di articolazione. Le altre variabili considerate sono del tutto ininfluenti. Ci esimiamo quindi dal riportare l'albero e la relativa matrice di confusione.

3.7. Contesto accentuale + prosodico

Questo contesto prevede l'unione delle variabili considerate nei paragrafi 3.3 e 3.5. Com'era prevedibile, la combinazione di questi fattori ha confermato il risultato precedente, ribadendo l'inconcludenza dei fattori considerati, in netto contrasto con l'operatività del fattore L_ART. Anche qui, la versione senza L_ART non genera alcun albero.

3.8. Contesto 'distanze'

Le variabili qui considerate hanno a che vedere con la distanza, calcolata in fonemi o in sillabe, tra l'occlusiva bersaglio e i confini di parola destro e sinistro. La variabili in gioco sono dunque: DFC_DES, DFC_SIN, DSC_DES e DSC_SIN. Il fattore in esame è quindi, in ultima analisi, la lunghezza della parola di appartenenza, nonché la posizione del bersaglio rispetto all'inizio o alla fine della stessa. Poiché il fattore 'distanza' è stato evocato nell'analisi generale (cf. § 3.1), è importante verificarne l'efficacia quando esso sia chiamato ad agire senza altre interferenze (o al più con la sola interferenza di L_ART). L'analisi è stata effettuata comprendendo la variabile L_ART (Figura 5a), ovvero escludendola (Figura 4b).

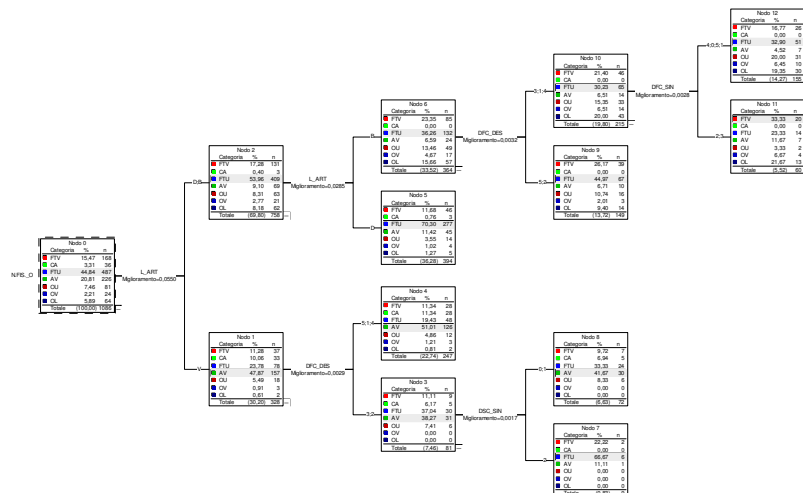


Figura 5a Contesto distanze (sono riportati solo i livelli significativi)

		Categoria osservata						Tot.	
		FTV	CA	FTU	AV	OU	OV		OL
Categoria prevista	FTV	20	0	14	7	2	4	13	60
	CA	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTU	105	3	395	61	55	15	40	674
	AV	35	33	72	156	18	3	2	319
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0
	OV	0	0	0	0	0	0	0	0
	OL	8	0	6	2	6	2	9	33
	Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086

Tabella 5a Matrice di confusione del contesto distanze (53%)

Nella prima analisi, le variabili influenti sono, in ordine di importanza: L_ART, DFC_DES, DSC_SIN e DFC_SIN. La variabile DSC_DES non compare invece su nessun livello. Anche qui la percentuale di corretta classificazione (53%) non è molto alta, ma in compenso aumentano le categorie trattate in maniera pertinente dall’algoritmo. Si osservi infatti come sulla diagonale principale, su cui sono riportati i casi classificati correttamente, anche le categorie FTV (fricativa totale sonora) e OL (occlusiva lena) presentino un numero diverso da zero, a differenza di quanto accade nelle matrici presentate nei paragrafi precedenti.

Considerando tuttavia la “semantica” delle scansioni, si deve nuovamente constatare la scarsa loro interpretabilità. Per il fattore DFC_DES, ad esempio, i valori 2,3 si contrappongono ai valori 1,4,5 sui nodi 3-4. Scansioni analogamente perturbate si leggono sui nodi 9-10, 11-12 e 13-14, il che getta più di un’ombra sull’effettiva rilevanza di queste variabili circa il funzionamento della gorgia, nonostante l’occasionale coerenza della scansione proposta ai nodi 7-8 per il fattore DSC_SIN (dove la distanza 0,1 si contrappone alla distanza 2). In compenso, ai nodi 5-6 si può osservare, per la prima volta, la scissione delle occlusive dentali dalle bilabiali.

La seconda analisi, senza L_ART, è illustrata nella Figura 4b. In questo caso, le variabili che influiscono sulla scansione sono: DSC_SIN, DFC_SIN e DSC_DES. La variabile ininfluente risulta qui essere DFC_DES. La percentuale di corretta classificazione è comunque molto bassa (47%), certo anche a causa dell’esclusione del fattore L_ART. Quanto all’interpretazione, la scansione “semanticamente” pertinente

dei nodi 5-6 e 7-8 non compensa la scarsa plausibilità della scansione generata ai nodi 1-2 e 3-4, dato che ci si dovrebbe semmai aspettare il contrario. Poiché i livelli superiori dell'albero hanno una maggiore potenza statistica, per via del più alto numero di osservazioni su cui poggiano, essi dovrebbero fornire all'algoritmo un input più stabile e coerentemente interpretabile.

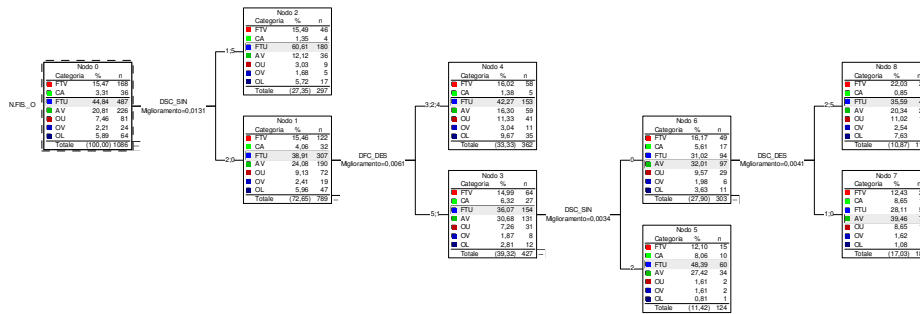


Figura 4b Contesto distanze senza L_ART

		Categoria osservata							
		FTV	CA	FTU	AV	OU	OV	OL	Tot.
Categoria prevista	FTV	0	0	0	0	0	0	0	0
	CA	0	0	0	0	0	0	0	0
	FTU	145	20	435	153	65	21	62	901
	AV	23	16	52	73	16	3	2	185
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0
	OV	0	0	0	0	0	0	0	0
	OL	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tot.	168	36	487	226	81	24	64	1086

Tabella 4b Matrice di confusione del contesto distanze senza L_ART (47%)

4. CONCLUSIONI

L'unico fattore di accertata efficacia, per quanto attiene alle manifestazioni della gorgia, è costituito dal L_ART, con la netta divaricazione tra le occlusive velari da un lato, e le bilabiali e dentali dall'altro. Questo dato, in sé, non rappresenta una sorpresa. Ciò che invece non si poteva dare per scontato era la scarsissima pregnanza dei vari

fattori contestuali considerati. Ovviamente, non si può escludere che, disponendo di un corpus significativamente più ampio, alcuni di essi giungano a dimostrare la propria efficacia; tuttavia, le indicazioni emerse dal presente studio porterebbero ad escluderlo.

In particolare, si può affermare che la componente ‘distanza prosodica’ non svolge alcuna funzione determinante, per ciò che riguarda le dinamiche che regolano la gorgia. Quest’ultima sembra quindi essere un fenomeno assolutamente ‘locale’, slegato dagli eventuali condizionamenti prodotti dai costituenti prosodici di cui si trova a far parte. La gorgia potrebbe essere influenzata, semmai, dall’immediato contesto segmentale: un debole indizio in tal senso è costituito dal fattore V_SEG, che palesa un sia pur debole effetto. Da notarsi, per converso, l’assoluta irrilevanza del fattore V_PREC.

Altrettanto irrilevanti sono apparse le componenti ‘accento’ e ‘morfologia’. Il fatto di giacere in posizione prosodicamente prominente non sembra indurre un apprezzabile condizionamento circa la manifestazione fisica della gorgia; il che fa sistema con la generale ininfluenza dei fattori prosodici. Questo dato, tuttavia, non collima con quanto rinvenuto in SB&A, a partire dal medesimo archivio. Le predizioni statistiche fornite dal modello AML dimostrano la presenza di una discreta correlazione tra indebolimento articolatorio subito dall’occlusiva e contesto accentuale: gli allofoni più deboli (fricativi o approssimanti) sono infatti previsti con percentuali più elevate in sillaba atona, a prescindere dal luogo di articolazione.

Ciò suggerisce una riflessione circa il diverso modo di operare dei due algoritmi utilizzati. AML ricerca, nell’intero archivio, variabili quanto più possibile simili, assegnando un indice di probabilità di ricorrenza per ciascun contesto interrogato. C&RT, almeno nell’opzione qui adottata, ordina invece le variabili secondo il loro diverso grado di efficacia nel condizionare il fenomeno sotto indagine. Così operando, tuttavia, l’algoritmo scompone l’archivio di riferimento in porzioni via via più ridotte, penalizzando i fattori non sufficientemente prominenti. In altri termini, piuttosto che produrre una gerarchia assoluta dei fattori interagenti, C&RT genera una gerarchia di tipo ‘interattivo’, in cui l’azione di una variabile non può mai essere isolata dall’influsso congiunto delle altre variabili di volta in volta considerate.

Queste considerazioni aiutano anche a comprendere il divergente esito della componente ‘morfologia’: impalpabile in C&RT, ma parzialmente efficace in AML. In

SB&A emergeva infatti, limitatamente alle dentali, il ruolo della natura del morfema di appartenenza, in conseguenza della particolare propensione alla lenizione mostrata da /t/ nella desinenza del participio perfetto. Il fatto che tale effetto non sia emerso nel presente studio trova spiegazione, nuovamente, nel tipo di analisi effettuata da C&RT, che privilegia i fattori pervasivamente preminenti, piuttosto che quelli che emergono dalle interazioni tra le diverse variabili. Poiché l'effetto della classe grammaticale si afferma solo in rapporto ad un sottoinsieme delle consonanti bersaglio (le dentali), è del tutto naturale che esso non venga adeguatamente catturato dall'algoritmo.

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & C. J. Stone (1984), *Classification and Regression Trees*, Belmont CA, Wadsworth.

Calamai S., Ricci I. & M. Agonigi (in stampa), Calamai S., Ricci I. & M. Agonigi (in stampa), Calamai S., Ricci I. & M. Agonigi (2005), "Metodologie statistiche a confronto: CART e Analisi Discriminante" Atti del 1° Convegno Nazionale AISV Misura dei parametri, Padova 2-4 dicembre 2004, CD-rom

Castellani A. (1960), "Precisazioni sulla gorgia toscana", *Boletim de Filologia* 19, pp. 241-262.

Contini G. (1960), "Per un'interpretazione strutturale della cosiddetta 'gorgia toscana'", *Boletim de Filologia* 19, pp. 269-281.

Giannelli L. (1983), "Condizioni fonetiche dell'area toscana", in Agostiniani L. e Giannelli L. (a cura di), *Fonologia etrusca, fonetica toscana. Il problema del sostrato*, Atti della Giornata di Studio del Gruppo Archeologico Colligiano, Colle di Val d'Elsa, aprile 1982, Firenze, Olschki, pp. 61-102.

Giannelli L. & L.M. Savoia (1978), "L'indebolimento consonantico in Toscana", I, *Rivista Italiana di Dialettologia* 2, pp. 25-58;

Giannelli L. & L.M. Savoia (1979-1980), "L'indebolimento consonantico in Toscana", II, *Rivista Italiana di Dialettologia* 3-4, pp. 39-101.

- Marotta G. (2001), “Non solo spiranti. La gorgia toscana nel parlato di Pisa”, *L'Italia Dialettale* vol. LXII 2001, Pisa, Edizioni ETS, pp.
- Marotta G. (2004), “Una rivisitazione acustica della ‘gorgia’ toscana”, in Albano Leoni F., Cutugno F., Pettorino M. & R. Savy (acd), Atti del Convegno Nazionale *Il Parlato Italiano*, Napoli 13-15 febbraio, CD-rom, Napoli, D’Auria Editore.
- Skousen R. (1992), *Analogy and structure*, Dordrecht, Kluwer.
- Skousen R. (1995), “Analogy: a non-rule alternative to neural networks”, *Italian Journal of Linguistics* Rivista di Linguistica 7.2, pp. 213-231.
- Skousen R., Lonsdale D. & D.B. Parkinson, (eds.), (2002), *Analogical modeling: an exemplar-based approach to language*, Amsterdam: J. Benjamins.
- Sorianello P. (2001), “Un’analisi acustica della ‘gorgia’ fiorentina”, *L'Italia Dialettale* vol. LXII 2001, Pisa, Edizioni ETS, 61-94.
- Sorianello P. (2003), “Spectral characteristics of voiceless fricative consonants in Florentine Italian”, in Solé M. J., Recasens D. & J. Romero (eds.), *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelona (Spain) 3-9 August 2003, pp. 3081-3084.
- Sorianello P. (2004), “Proprietà spettrali del rumore di frizione nel consonantismo fiorentino”, in Albano Leoni F., Cutugno F., Pettorino M. & R. Savy (acd), Atti del Convegno Nazionale *Il Parlato Italiano*, Napoli 13-15 febbraio 2003, CD-rom, Napoli, D’Auria Editore, A05.
- Sorianello P., Bertinetto P.M. & M. Agonigi (2005), "Alle sorgenti della variabilità della 'gorgia' fiorentina: un approccio analogico", in P. Cosi (a cura di.), *1° Convegno Nazionale dell' AISV - Associazione Italiana di Scienze della Voce, Misura dei parametri. Aspetti tecnologici ed implicazioni nei modelli linguistici*, Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione, Sezione di Padova "Fonetica e Dialettologia", Padova, 2-4 dicembre 2004, Brescia 2005, EDK Editore, CD-rom, pp. 327-362.

Villafaña Dalcher C. (2006), *Consonant weakening in Florentine Italian: An acoustic study of gradient and variable sound change*, PhD Thesis in Linguistics, Georgetown University, Washington, DC, disponibile presso il sito:
<http://www.georgetown.edu/users/cm2/Dissertation.htm>.