

# EnneLingua

## Progetto di Programmazione

### Luglio 2010

## 1 Analisi testuale mediante $n$ -grammi

Fra le tecniche esistenti per la manipolazione e l'analisi di documenti testuali, una delle più popolari è quella basata sugli  $n$ -grammi, e verrà brevemente descritta in questa sezione.

Nel seguito, per *carattere* intendiamo un carattere alfabetico minuscolo o uno spazio; i caratteri alfabetici maiuscoli sono preventivamente convertiti in minuscoli, qualunque carattere non alfabetico viene interpretato come uno spazio, e la presenza di due o più spazi consecutivi viene considerata equivalente a un singolo spazio. Ad esempio, il testo

La mamma di Carlo, lo sai, ha comprato 5 mele.

viene considerato come se fosse:

la mamma di carlo lo sai ha comprato mele

Un  $n$ -gramma è una sequenza di  $n$  caratteri consecutivi che compaiono nel testo. Ad esempio, i 2-grammi che compaiono in `La mamma di Carlo, lo sai, ha comprato 5 mele.` sono indicati in Figura 1.

Indichiamo con  $G_n$  l'insieme dei possibili  $n$ -grammi: siccome un  $n$ -gramma è una sequenza di  $n$  caratteri, e i caratteri possibili sono 27 (le 26 lettere dell'alfabeto più 1 spazio), risulta  $|G_n| = 27^n$ .

Dato un testo  $T$ , e fissato un intero positivo  $n$ , considerate la funzione  $f_T : G_n \rightarrow [0, 1]$  che associa a ogni  $n$ -gramma  $g \in G_n$  la sua frequenza relativa nel testo  $T$  (cioè, il numero di volte che  $g$  compare in  $T$ , divisa per il numero complessivo di  $n$ -grammi in  $T$ ). Naturalmente, per definizione,

$$\sum_{g \in G_n} f_T(g) = 1.$$

La funzione  $f_T$  viene detta *distribuzione degli  $n$ -grammi nel testo  $T$* .

2-gramma	numero di occorrenze
la	1
a-	3
-m	2
ma	2
am	1
mm	1
-d	1
di	1
i-	2
-c	2
ca	1
ar	1
rl	1
lo	1
o-	2
-s	1
sa	1
ai	1
-h	1
ha	1
co	1
om	1
mp	1
pr	1
ra	1
at	1
to	1
me	1
el	1
le	1

Figura 1: Frequenza assoluta dei 2-grammi nel testo “La mamma di Carlo, lo sai, ha comprato 5 mele”. Per leggibilità indichiamo lo spazio con un trattino. Tutti gli altri possibili 2-grammi che non compaiono nella tabella hanno frequenza 0.

Se  $T$  è abbastanza lungo e  $n$  è abbastanza grande,  $f_T$  risulterà di fatto indipendente dal testo, e dipenderà essenzialmente solo dalla lingua in cui il testo è scritto o, fra testi scritti nella stessa lingua, dallo stile di chi l'ha scritto.

La cosa è già evidente nel semplice caso  $n = 1$ : in tal caso  $f_T$  misura la frequenza delle singole lettere che compaiono nel testo. Ora, è abbastanza evidente che, per esempio, in un testo italiano  $f_T(y)$  sarà molto piccolo (poiché la lettera “y” non compare quasi mai nella lingua italiana), mentre in un testo inglese  $f_T(y)$  sarà significativa.

Un'altra funzione caratteristica è la cosiddetta *distribuzione condizionale di ordine  $n$* : si tratta di una funzione  $h_T : G_n \times C \rightarrow [0, 1]$  (qui  $C$  è l'insieme dei caratteri) che dice, per ogni  $n$ -gramma  $g$  e per ogni carattere  $c$ , quanto è frequente che l' $n$ -gramma  $g$  sia seguito dal carattere  $c$ : in pratica,  $h_T(g, c)$  è il rapporto fra il numero di occorrenze dell' $(n + 1)$ -gramma  $gc$  e il numero di occorrenze dell' $n$ -gramma  $g$ .

## 1.1 Applicazione 1: riconoscimento di lingue

Supponete di avere  $k$  testi  $T_1, T_2, \dots, T_k$  di ciascuno dei quali conoscete la lingua (p.es.: sapete che  $T_1$  è un testo inglese,  $T_2$  un testo italiano,  $T_3$  un testo danese ecc.), e supponete di avere un testo  $T$  scritto in una lingua ignota (una delle  $k$  precedenti).

Calcolate i valori  $d_1, d_2, \dots, d_k$  dove

$$d_i = \sum_{g \in G_n} (f_T(g) - f_{T_i}(g))^2.$$

In pratica,  $d_i$  è la somma dei quadrati delle differenze fra il valore della distribuzione degli  $n$ -grammi in  $T_i$  e in  $T$ , sommata su tutti gli  $n$ -grammi possibili. Ci aspettiamo che  $d_i$  sia tanto più piccolo quanto più sono simili le lingue in cui  $T$  e  $T_i$  sono scritti.

Quindi, concluderemo che  $T$  è scritto nella lingua  $i$  per cui  $d_i$  è minimo.

## 1.2 Applicazione 2: generatore markoviano di testi

Supponete di aver analizzato un testo  $T$  e di aver stabilito la sua distribuzione di  $n$ -grammi  $f_T$  e la sua distribuzione condizionale di ordine  $n$ ,  $h_T$ . Possiamo usare queste due distribuzioni per generare a caso un testo che imiti la struttura di  $T$ , nel modo seguente:

- Generiamo un  $n$ -gramma secondo la distribuzione  $f_T(-)$ ; un modo per farlo consiste nel generare a caso un numero fra 0 e 1, diciamo  $\alpha$ , e nel prendere in esame gli  $n$ -grammi in qualche ordine, diciamo  $g_1, g_2, \dots$  scegliendo l'unico  $n$ -gramma  $g_i$  per cui  $f_T(g_1) + \dots + f_T(g_{i-1}) < \alpha \leq f_T(g_1) + \dots + f_T(g_i)$ .
- Ad ogni passo, consideriamo gli ultimi  $n$  caratteri generati, diciamo  $g$ , e scegliamo un nuovo carattere secondo la distribuzione  $h_T(g, -)$ .

Sebbene qui stiamo lavorando a livello di caratteri, lo stesso si potrebbe fare a partire dalle parole (chiamando, cioè, “carattere” un’intera parola e “ $n$ -gramma” una  $n$ -pla di parole consecutive). Ecco un esempio di testo di 100 parole ottenuto mediante generazione markoviana (basata sulle parole) con  $n = 2$  (cioè, ogni parola viene generata in modo casuale sulla base delle due che la precedono) a partire dalla “Divina commedia”:

così l’animo mio, ch’ancor fuggiva, si volse a lei, «verso questa rive-  
ra, tanto ch’io volsi in sù l’ardente corno, quando il dente longobar-  
do morse la Santa Chiesa scomunicati, li quali andaro e non voglio  
ch’ammiri: ché chi ’l vide qua sù del mortal mondo, convien ch’ai  
nostri raggi si maturi». Questo conforto del foco furo; per ch’io non  
mi sarian chiuse le tue voglie piene ten porti che son di tiranni, e  
qui Marco Lombardo solve uno dubbio a Dante.] Buio d’inferno e di  
salire al ciel porte, orando a l’alto Sire, in tanta futa quanto sofferser  
l’ossa senza polpe. Poscia

## 2 Il programma

Si chiede di scrivere un insieme di classi per l’analisi testuale basata sugli  $n$ -grammi e che implementi in una qualche forma l’una, l’altra o entrambe le applicazioni proposte. Si lascia agli studenti la più ampia libertà sulle scelte progettuali e implementative, ma è tassativo che il programma non faccia assunzioni di alcun tipo né sulla lunghezza dei file di input (cioè, sulla lunghezza del testo o dei testi che il programma usa come esempio) né sulla lunghezza dei file di output. Si può, invece, assumere che il valore di  $n$  sia piccolo (p.es., non superiore a 4 o 5).

Parte del progetto consiste in ogni caso nello spiegare in dettaglio le scelte compiute, e le motivazioni dietro a tali scelte.

Sul sito sono forniti alcuni file di esempio, scritti in varie lingue, con cui potete provare i vostri programmi.

## 3 Modalità di consegna

Il programma:

- dovrà essere scritto in Java standard;
- dovrà essere opportunamente commentato;
- dovrà essere accompagnato da un documento (PDF) di descrizione del programma per l’utente finale;
- dovrà essere accompagnato da un documento (PDF) di descrizione del programma per il programmatore.