

# STATISTICAL CONSIDERATIONS CONCERNING GRAPHOLOGY AND MEDICAL APPLICATIONS (ENGLISH)

**Cosimo Rauei** (freelance)

## Paper Introduction

Graphology is a Social Science aimed to analyse handwriting to determine many features, from behavioural traits to asserting whether a piece of writing belongs to someone, after contrasting the dubious piece with other sure hand written letters. This paper is firstly focused on the latter.

While a graphologist is able to confirm or disprove the paternity basing himself on his experience, the lack of an unquestionable proof, founded on statistical tools has always limited Graphology to a subjective field. The aim of this paper is to provide the reader the sufficient mathematical and statistical tools to be a decisive figure, being able to deliver a percentage of paternity as result.

The implemented strategy shows an interesting application in chronic vascular encephalopathy diagnosis by graphology and a correspondence with dysgraphia.

## Statistics and Mathematics prerequisites

The aim of this paper is not to describe and derive in detail all the mathematical formulas reported below. The equations presented can be found on any statistic text book.

When data from a specific source is collected, and plotted in a 2D space the resulting curve, known as “Gaussian Curve” is as follows. All the collected values are inserted on the x-axis, while the y-axis show the likelihood of the input values. The resulting curve, shows a peak on the most frequent value and declines more or less sharply by proceeding leftwards or rightwards. The integral of the function from a certain point (a) to another (b) corresponds to the probability that a new element will fall in the range a-b.

Example: if the height of a person is measured in a row, measurements may vary from 1.88 meters to 1.92 meters, however if all those values are collected in a plot there may form a peak, for example on 1.90 m.

The equation of the Gaussian Curve is the following

$$1) \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

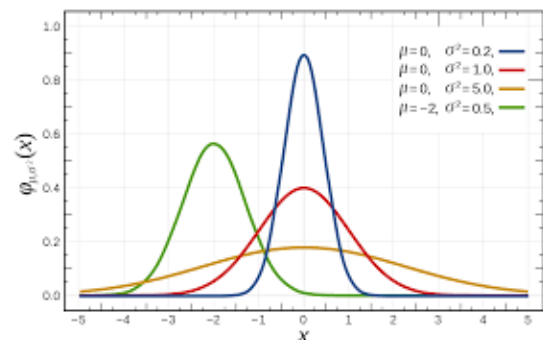
Where: “e” is Neper’s number, approximately 2.718

$\mu$  is the average value

$\sigma$  is the standard deviation, calculated as follows:

$x_1, x_2, x_3, x_4 \dots x_n$  being all values collected and  $n$

the total number of values.

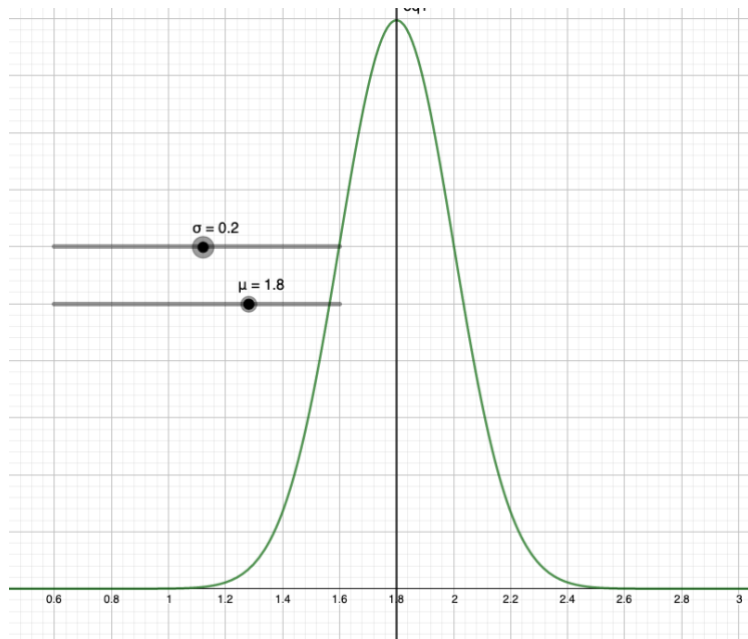


$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \mu)^2 + \dots + (x_n - \mu)^2}{n}}$$

The term “ $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ ” determines the height of the central peak and corresponds to calculating the function at  $x = \mu$ , in fact the average value is expected to be the most frequent in the collected data base  $\mu$  determines the x-coordinate of the central peak while for an increasing or decreasing value for  $\sigma$  a wider or narrower curve is obtained.

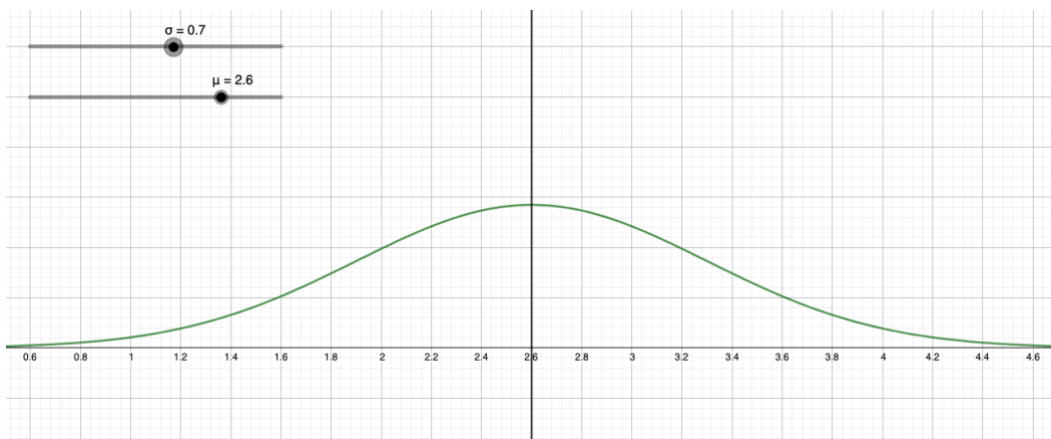
In the following images a few examples are provided:

First image



In the first image the symmetry center is at  $\mu=1.8$  and  $\sigma$  is quite little, providing the function with a high peak at its center.

Second image



The second image has instead the symmetry center at  $\mu= 2.6$  and a larger standard deviation which causes the curve to flatten on the x-axis.

## Probability

The probability that a new element will fall into a specific range (a;b) is equal to the following integral.

$$\int_a^b \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

It is interesting to notice that the Integral calculated from negative infinity to infinity is precisely 1, and thus corresponds to a probability of 100%.

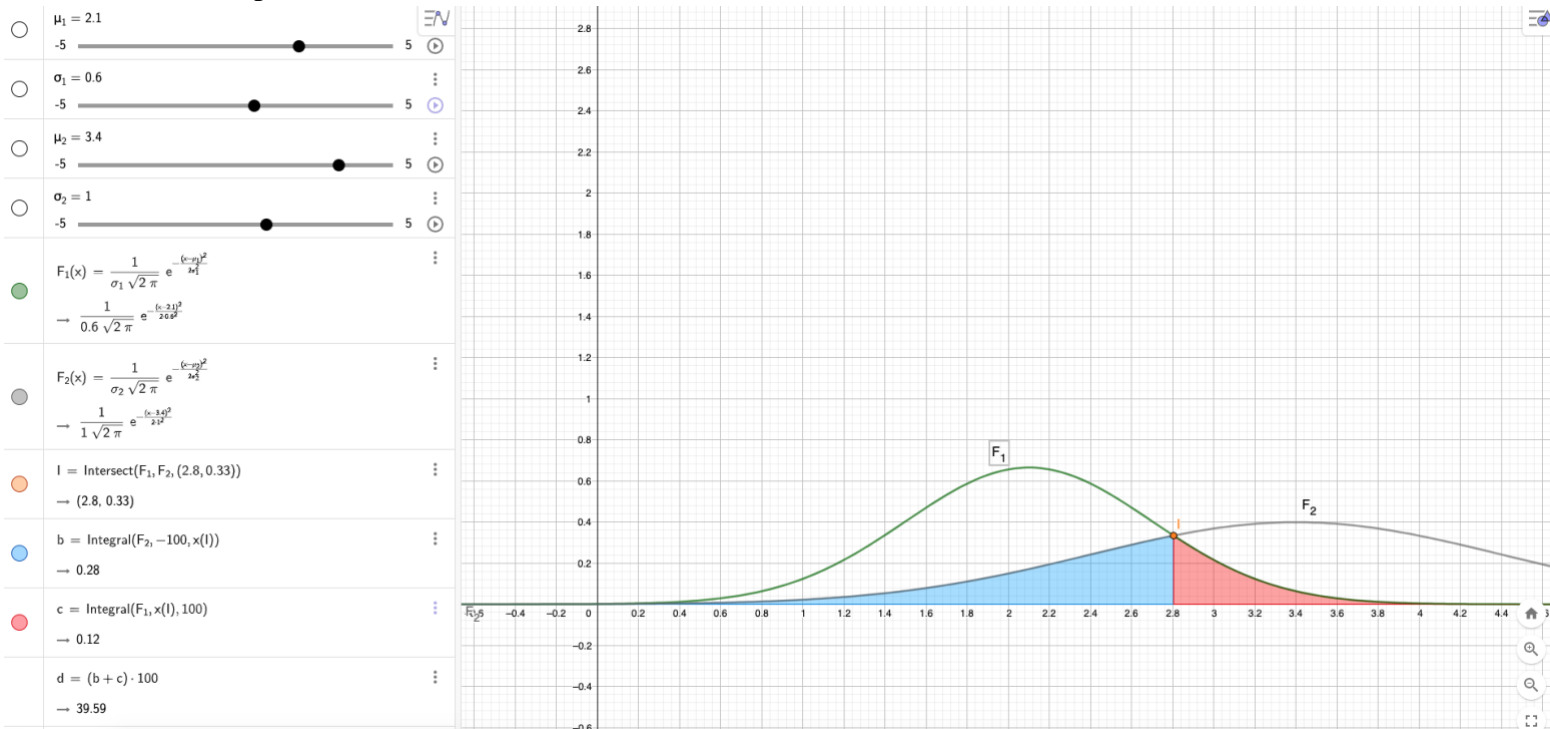
## Data Base Analysis

The idea behind determining the paternity of a specific handwritten text, by confronting it with a larger number of certified texts consist of identifying a certain number of determinant factors and collecting the measurements. A pair of Gaussian Curves will generate from the collection of data of each parameter, the percentage of paternity attribution will precisely be equal to the Area which the two curves have in common. After labelling the x-coordinate of the intersection point of the two curves “I”, the computation of the Area can be solved by calculating the following integral and then by multiplying it by 100%:

$$\int_{-\infty}^I F_2(x)dx + \int_I^{+\infty} F_3(x)dx$$

Where  $F_2(x)$  is the function on the right and  $F_1(x)$  the function on the left. “I” can be found by setting  $F_2(x) = F_1(x)$

An example can be found below:



It is crucial to outline that if the two curves had more intersections point the Integral must be adjusted to obtain the Area in common.

### Graphological Parameters and final judgment

The most suitable parameters are the one which can be easily measured with simple instruments such as a ruler or a goniometer: length and width of letters, the space between letters, the space between words; the angle of inclination of axis of each letter, the angle of inclination of the lines; the left and right margin space. After having measured all those parameters and obtained the Gaussian curve equation both in the certain notes and the dubious text it will be necessary to compute the probability integral presented before for each of the parameter. The final output will correspond to the arithmetic mean of the probabilities found before.

### Medical applications

A recent study of Russo, based on Ajuriaguerra's previous work have determined a scale to evaluate the dysgraphia in children. The study focuses on the alteration of the quality of specific aspects of handwriting. The aim of this section of the paper is to provide statistical tools to determine with more objectivity the alterations in the quality. The parameters presented are 13 however, only 7 are idoneous to the statistical approach, as for the 6 left the previous method will be consider sufficiently effective, since they are impossible to be measured fully objectively. A table is reported below where all the parameters and their respective average measurements are presented.

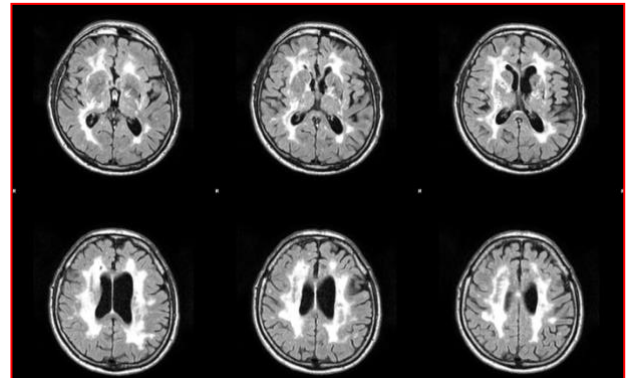
PARAMETER	AVERAGE (millimeters)	VALUE	STANDARD DEVIATION (millimeters)
Words height	4.5		0.3
Words width	3.2		0.2
Left margin space	15		2
Quota difference from the starting point of the line to the end point	5		1
Space between words	7.5		0.4
Overlapping words	0.300% of the total words		0.001%
Corrections	0.70% of the total words		0.02%

The values before have been listed after collecting and processing around 200 handwritten pages from 200 different Italian people. As in the paternity case presented before to evaluate whether a child is at risk for dysgraphia it is necessary to collect and process the data, confront it with the standard values of the table, compute the integrals, average the probabilities and finally the output will mathematically state the risk of dysgraphia in the examined children.

### Interesting Analogies between dysgraphia and chronic vascular Encephalopathy

Chronic vascular Encephalopathy (later written as CVE) is a disease that through a mechanism of cerebral chronic ischemia causes a cognitive impairment and a third of dementia cases diagnosed every year in Italy.

The handwriting of a person affected by CVE shows great similarities with the one of dysgraphic children. The procedure which has been applied to diagnose Dysgraphia may be implemented also for CVE, either as a preliminary analysis or a confirmation. In addition to the scientific evidence which demonstrates the possibility to handle equally these two intertwined conditions, I cannot help but highlighting a charming connection that binds together the children and the older people, a regression that closes romantically the circle of life.



CVE affected person (left)

22/12/1994  
Io sottoscritto [redacted] Virginia  
nata a [redacted] Avellino  
il [redacted] 1926. Residente a Roma,  
Via [redacted] N. 7, moderno 13  
Del mio proprio pugno, scrivo questo  
testamento nell'unico possesso delle  
mie facoltà mentali dispongo che  
dispongo che dopo la mia morte,  
La mia casa a Roma, l'adriana in  
parti uguali tutti quattro i miei  
fratelli Mario [redacted], Quirino [redacted],  
Igino [redacted], Vittorio [redacted]  
I soldi che sono alla Porta Viale mariani  
Roma, servono per la mia assistenza,  
Se alla fine, resterà qualche cosa di  
I soldi vanno divisi tra Igino,  
[redacted] e Vittorio [redacted], perché mi  
debbono fare la sistenza finché  
sono in vita, chi viene meno non

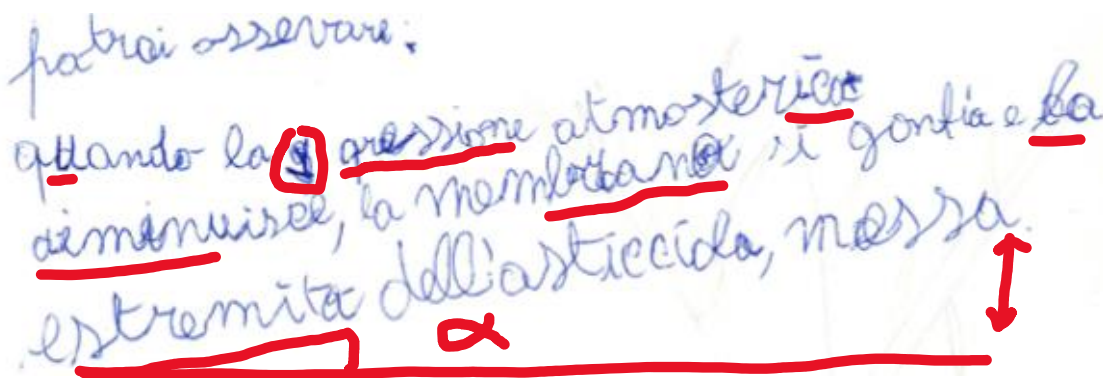
dysgraphic child (right)

sostituzione viene assorbito dal  
genio della distribuzione nel tutto  
viene mentale squartato  
... ma per rimanere il genio  
na dopo secondo un sogno sem-  
pre diverso

The two texts in exam show great similarities. In particular both handwritings are characterized with frequent tweaks, overlapping words, rigidity, tremor and hardship. As outlined with the red lines. The blue rectangles cover instead sensitive information of the patient.

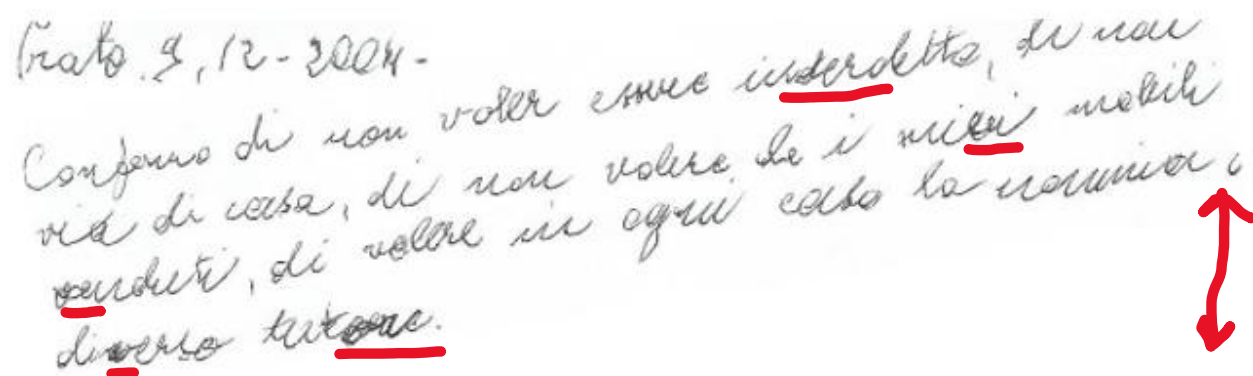
Dysgraphic child (below)

potrei osservare:  
quando la pressione atmosferica si gonfia e la  
diminuisce, la membrana si gonfia e la  
estremità dell'asticella, messa



CVE affected patient (below)

Tratto 9, 12-2004.  
Confermo di non voler essere interdetto, di non  
via di casa, di non volere che i miei mobili  
perduti, di volere in ogni caso la comunicazione  
diversa tutela.



The analogies in the two examples above are far more evident. They still share the same tremor, hardship and frequent mistakes or overlapping words and in addition they both show a remarkable inclination counter clockwise. The red lines and arrows are meant to help visualize the considerations made.

### Conclusion and procedure summary

Statistics and mathematics have proved their effectiveness in providing objectivity in Graphology. The results obtained have wide applications ranging from legal processes and testaments to chronic vascular encephalopathy and Dysgraphia diagnose. The paper will end with a brief recapitulation of the steps.

- Data collection for all the relevant parameters
- Data analysis to extrapolate average value and standard deviation
- Solving the integral for probability
- Arithmetic mean of the probabilities
- Output = probability

## Bibliography

### **Mathematics and Statistics**

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Normal\\_distribution](https://en.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_deviation](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation)
- KIMBER, A. C. (1985). Methods for the two-piece normal distribution. Comm. Statist. A—Theory Methods 14 235–245.
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Error\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Error_function)

### **Graphology**

- [https://www.disgrafie.eu/wp-content/uploads/2014/03/IntroduzioneScalaD\\_BHK-AED.pdf](https://www.disgrafie.eu/wp-content/uploads/2014/03/IntroduzioneScalaD_BHK-AED.pdf)
- <http://www.centroripamonti.com/down/Dislessia1401.pdf>
- <http://www.ajnr.org/content/19/7/1267.short>
- [https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/malattie-neurologiche/delirium-e-demenza/encefalopatia-traumatica-cronica#:~:text=\(Demenza%20pugilistica\)&text=L'encefalopatia%20traumatica%20cronica%20%C3%A8,.%2C%20depressione\)...](https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/malattie-neurologiche/delirium-e-demenza/encefalopatia-traumatica-cronica#:~:text=(Demenza%20pugilistica)&text=L'encefalopatia%20traumatica%20cronica%20%C3%A8,.%2C%20depressione)...)
- <https://www.uppa.it/disgrafia-cause-diagnosi-trattamento/>

### Contacts:

- cosimo.raugei5@gmail.com



# CONSIDERAZIONI STATISTICHE SULLA GRAFOLOGIA E APPLICAZIONI MEDICHE (ITALIANO)

**Cosimo Raugei** (freelance)

## Introduzione

La Grafologia è una scienza sociale finalizzata ad analizzare la scrittura per determinare diverse caratteristiche, da connotazioni caratteriali fino a stabilire se un testo incerto appartiene a qualcuno dopo averlo confrontato con altri testi di sicura appartenenza. Questo articolo si focalizza inizialmente sull'ultima.

Se da un lato un grafologo è in grado di confermare o confutare la paternità basandosi sulla sua esperienza, dall'altro l'assenza di una prova inconfutabile, fondata su strumenti statistici ha sempre limitato la Grafologia ad un campo intrinsecamente soggettivo. Lo scopo di questo articolo è fornire al lettore i sufficienti strumenti statistici e matematici per essere una figura professionale decisiva, in grado di determinare una percentuale di paternità come risultato.

La strategia che verrà illustrata trova interessanti applicazioni nella diagnosi da parte di un grafologo di Encefalopatia vascolare cronica (scritta d'ora in poi come EVC) e un'analogia con la disgrafia.

## Prerequisiti di statistica e matematica

Lo scopo di questo articolo non consiste nel descrivere esaustivamente tutte le formule matematiche riportate sotto, ma asservirle alla grafologia. Le equazioni presentate possono essere trovate e approfondite su qualsiasi libro universitario di statistica.

Quando i dati da una fonte specifica vengono raccolti e riportati in un grafico in due dimensioni, la curva risultante, nota come "curva gaussiana" o "distribuzione normale", è la seguente. Tutti i valori raccolti vengono inseriti sull'asse x, mentre l'asse y mostra la frequenza dei valori di input. La curva risultante, mostra un picco sul valore più frequente e scende più o meno bruscamente procedendo verso sinistra o verso destra. L'integrale della funzione da un certo punto (a) ad un altro (b) corrisponde alla probabilità che un nuovo elemento rientri nell'intervallo a-b.

Esempio: se si misura l'altezza di una persona in serie, le misure possono variare da 1,88 metri a 1,92 metri, tuttavia se tutti quei valori sono raccolti in un grafico si potrebbe formare un picco, ad esempio a 1,90 m.

L'equazione della curva gaussiana è la seguente

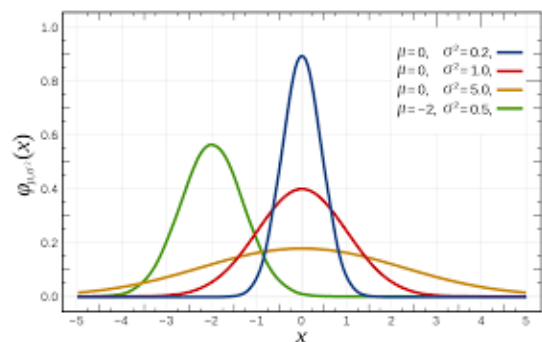
$$1) \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Dove: "e" è il numero di Nepero, approssimativamente 2.718

$\mu$  è il valore medio

$\sigma$  è la deviazione standard calcolata nel seguente modo

$x_1, x_2, x_3, x_4 \dots x_n$  sono tutti i valori raccolti, fino all'ennesimo, con n il numero totale di valori

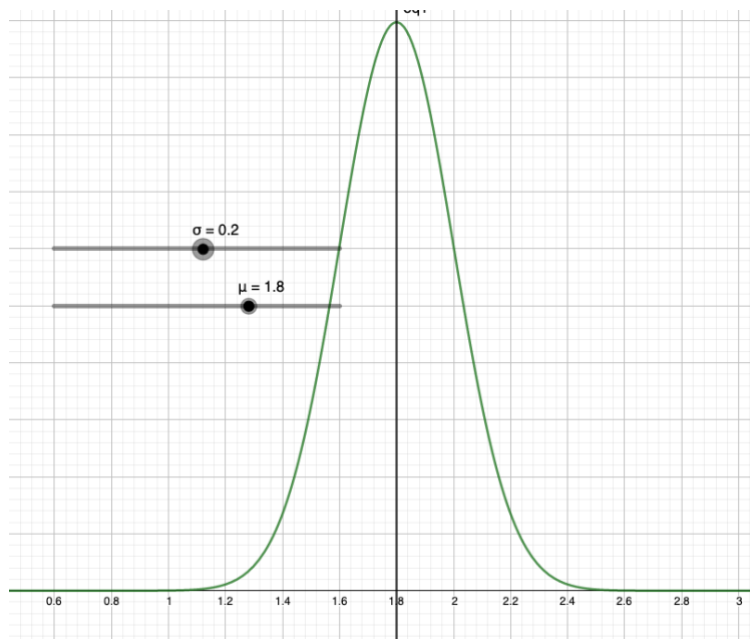


$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \mu)^2 + \dots + (x_n - \mu)^2}{n}}$$



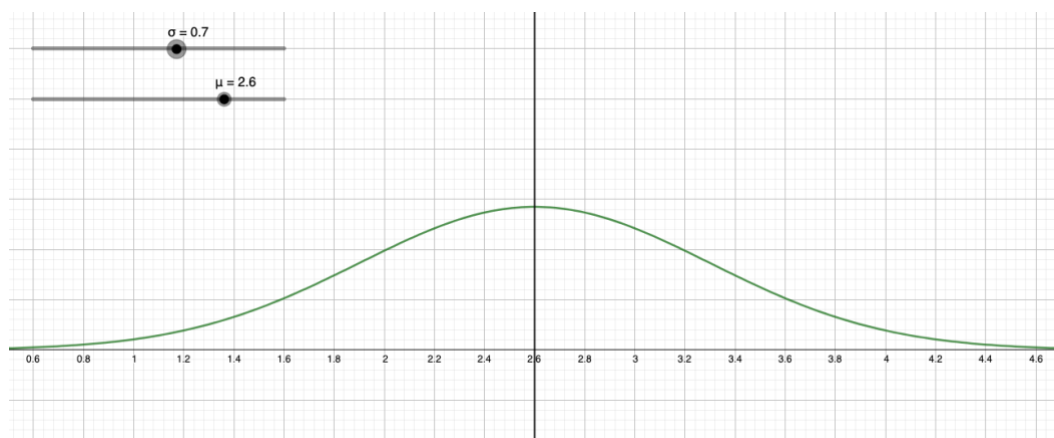
Il termine “ $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ ” determina l'altezza del picco centrale e corrisponde al calcolo della funzione in  $x = \mu$ , infatti si prevede che il valore medio sia il più frequente nel database raccolto.  
 $\mu$  determina la coordinata  $x$  del picco centrale mentre per un valore crescente o decrescente di  $\sigma$  si ottiene una curva più ampia o più stretta.  
 Nelle immagini seguenti vengono forniti alcuni esempi:

#### Prima immagine



Nella prima immagine il centro di simmetria si trova in  $\mu=1.8$  e  $\sigma$  è sufficientemente piccolo, caratterizzando la curva con un picco molto ripido.

#### Seconda immagine



La seconda immagine ha invece un centro di simmetria per  $\mu= 2.6$  e una maggiore deviazione standard che rende la curva più “spiaccicata” sull’asse x

## Probabilità

La probabilità che un nuovo elemento rientri in un intervallo specifico (a;b) è uguale al seguente integrale.

$$\int_a^b \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

È interessante notare che l'Integrale calcolato da meno infinito fino a più infinito è esattamente 1, e quindi corrisponde ad una probabilità del 100%.

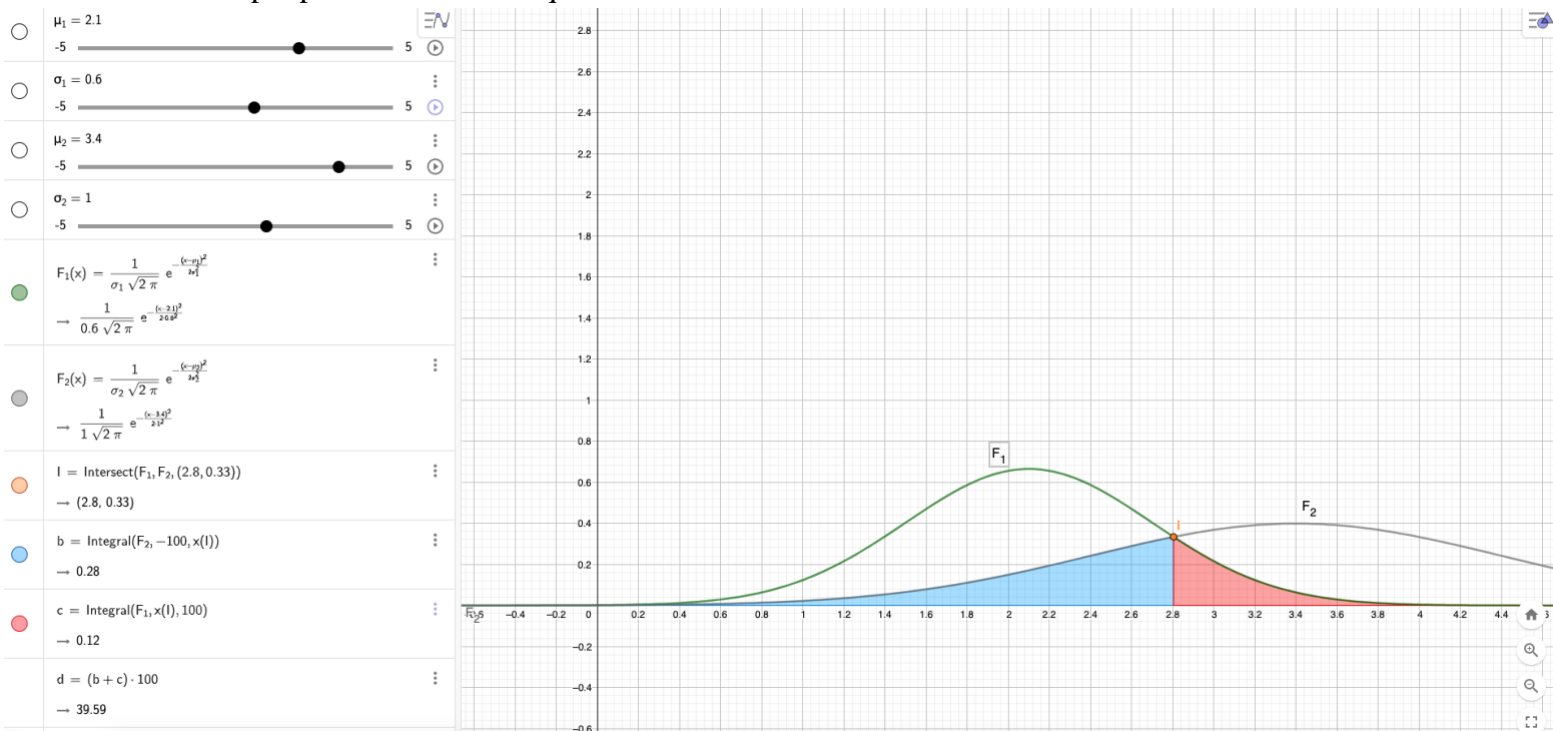
## Analisi del Database

L'idea sottesa alla determinazione della paternità di un testo, consiste nel confrontarlo con un certo numero di testi autenticati, trattando i vari connotati della scrittura come elementi statistici, che devono essere raccolti e processati. Dalla raccolta dei dati di ogni parametro si genererà una coppia di Curve Gaussiane, la percentuale di attribuzione della paternità sarà appunto uguale all'Area che le due curve hanno in comune. Dopo aver denominato (arbitrariamente) la coordinata x del punto di intersezione delle due curve "I", il calcolo dell'Area può essere risolto calcolando il seguente integrale e poi moltiplicandolo per 100%:

$$\int_{-\infty}^I F_2(x) dx + \int_I^{+\infty} F_1(x) dx$$

Dove  $F_2(x)$  è la funzione a destra e  $F_1(x)$  la funzione a sinistra. "I" si trova uguagliando  $F_2(x) = F_1(x)$

Un esempio può essere trovato qui sotto:



È fondamentale sottolineare che se le due curve avessero più punti di intersezione l'integrale andrebbe opportunamente aggiustato per ottenere l'area in comune.

### Parametri grafologici e giudizio finale

I parametri più adatti sono quelli facilmente misurabili con strumenti semplici come un righello o un goniometro: lunghezza e larghezza delle lettere, spazio tra le lettere, spazio tra parole; angolo di inclinazione dell'asse di ciascuna lettera, angolo di inclinazione delle linee; spazio del margine sinistro e destro. Dopo aver misurato tutti questi parametri ed ottenuto l'equazione della curva gaussiana sia nel testo certo che nel testo incerto sarà necessario calcolare l'integrale di probabilità presentato prima per ciascuno dei parametri. L'output finale corrisponderà alla media aritmetica delle probabilità trovate prima.

### Applicazioni mediche

Un recente studio di Russo, basato sul precedente lavoro di Ajuriaguerra, ha presentato una scala per valutare la disgrafia nei bambini. Lo studio si concentra sull'alterazione della qualità di alcuni aspetti specifici della grafia. Lo scopo di questo paragrafo è fornire strumenti statistici per determinare con maggiore obiettività le alterazioni della qualità. I parametri presentati sono 13 tuttavia, solo 7 sono idonei all'approccio statistico, mentre per i 6 rimasti il metodo precedente sarà considerato sufficientemente efficace, poiché non possono essere misurati in modo pienamente oggettivo. Di seguito è riportata una tabella in cui sono presentati tutti i parametri e le rispettive misurazioni medie.

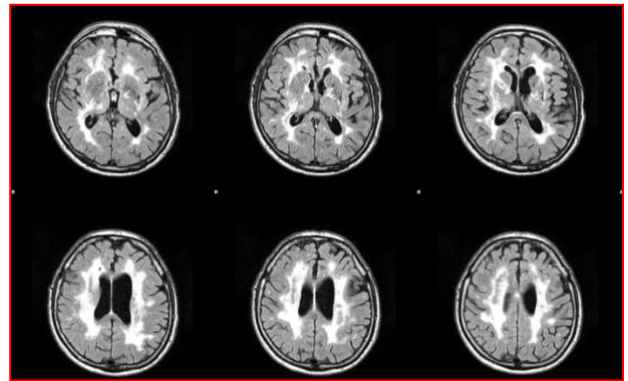
PARAMETETRI	VALORE MEDIO (millimetri)	DEVIAZIONE STANDARD (millimetri)
Altezza parole	4.5	0.3
Larghezza parole	3.2	0.2
Spazio margine sinistro	15	2
Differenza di altezza tra inizio e fine del rigo	5	1
Spazio tra parole	7.5	0.4
Percentuale di parole sovrapposte	0.300% delle parole totali	0.001%
Percentuale di correzioni	0.70% delle parole totali	0.02%

I valori precedenti sono stati trascritti dopo aver raccolto ed elaborato circa 200 pagine scritte a mano da 200 diversi italiani. Come nel caso di paternità presentato prima per valutare se un bambino è a rischio di disgrafia è necessario raccogliere ed elaborare i dati, confrontarli con i valori standard della tabella, calcolare gli integrali, calcolare la media delle probabilità e infine l'output determinerà matematicamente il rischio di disgrafia nei bambini esaminati.

### Analogie interessanti tra disgrafia e Encefalopatia cronica vascolare

L'encefalopatia vascolare cronica (in seguito abbreviate CVE) è una malattia che attraverso un meccanismo di ischemia cronica cerebrale provoca un deterioramento cognitivo e un terzo dei casi di demenza diagnosticati ogni anno in Italia.

La grafia di una persona affetta da CVE mostra grandi somiglianze con quella dei bambini disgrafici. La procedura che è stata applicata per diagnosticare la Disgrafia può essere implementata anche per la CVE, sia come analisi preliminare che come conferma. Oltre alle evidenze scientifiche che dimostrano la possibilità di gestire equamente queste due condizioni interconnesse, non posso fare a meno di evidenziare un affascinante legame che connette insieme i bambini e gli anziani, una regressione che chiude romanticamente il cerchio della vita.



Persona affetti da CVE (sinistra)

22/12/1994  
Io sottoscritto [redacted] Virginia  
nata a [redacted] [redacted]  
il [redacted] 1926. Residente a Roma,  
Via [redacted] N° 4, telefono 13  
dal mio proprio pugno. Scritto questo  
testamento nella piena possesso delle  
mie facoltà mentali dispongo che  
dopo la mia morte  
la mia casa a Roma Vadi di via in  
porti uguali tutti quattro i miei  
fratelli: Mario [redacted], Quintino [redacted]  
Igino [redacted], Vittorio [redacted]  
I soldi che sono alla [redacted] viale marconi  
Roma, servono per la mia assistenza  
Se alla fine, resterà qualche cosa di  
I soldi vanno divisi tra Igino,  
[redacted] e Vittorio [redacted], perché mi  
devono fare la sistemazione finché  
sono in vita, chi viene meno non

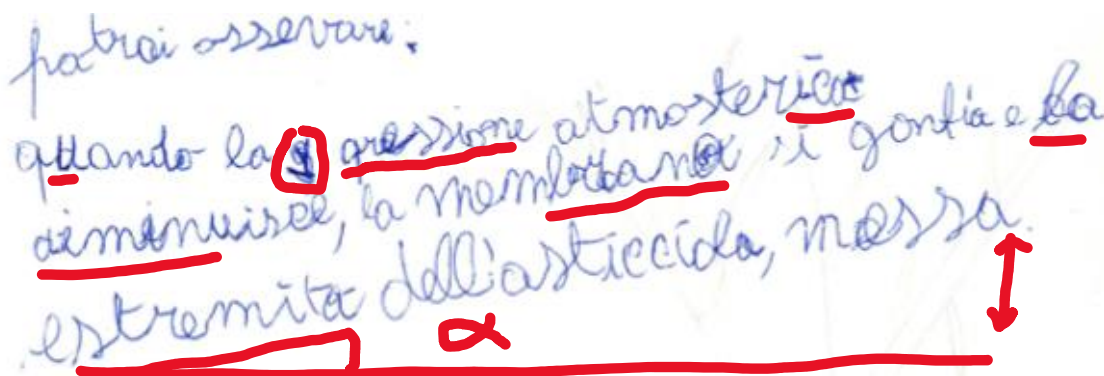
bambino disgrafico (destra)

costruttore viene assorbito dal  
genio della distribuzione e tutta  
viene \* smentita sguantata  
... ma per rimediare il guaio  
na dopo secondo un sogno segna  
pre di p...

I due testi in esame mostrano grandi somiglianze. In particolare entrambe le scritture sono caratterizzate da frequenti ritocchi, sovrapposizioni di parole, rigidità, tremore e stentatezza. Come evidenziato dalle linee rosse. I rettangoli blu coprono invece le informazioni sensibili del paziente.

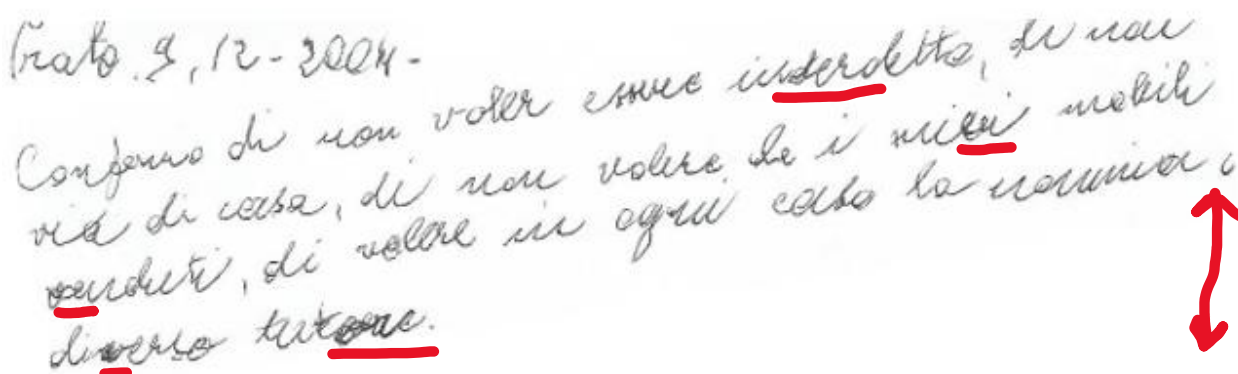
Bambino disgrafico (sotto)

potrai osservare:  
quando la pressione atmosferica si gonfia e la  
diminuisce, la membrana si gonfia e la  
estremità dell'asticella, messa.



Paziente affetto da CVE (sotto)

Tratto 9, 12-2004.  
Confesso di non voler essere interdetto, di non  
via di casa, di non volere che i miei mobili  
perduti, di volere in ogni caso la nomina  
diversa tutore.



Le assonanze nei due esempi precedenti sono molto più evidenti. Condividono ancora lo stesso tremore, disagio e frequenti errori o sovrapposizioni di parole e inoltre entrambi mostrano una notevole inclinazione in senso antiorario. Le linee e le frecce rosse hanno lo scopo di aiutare a visualizzare le considerazioni fatte.

### Conclusione e ricapitolazione del procedimento

La statistica e la matematica hanno dimostrato la loro efficacia nel fornire obiettività nella grafologia. I risultati ottenuti hanno ampie applicazioni che spaziano da processi legali e testamentari alla diagnosi di encefalopatia vascolare cronica e di disgrafia. L'articolo terminerà con una breve ricapitolazione dei passaggi.

- Raccoglimento di dati per tutti i parametri rilevanti
- Analisi dei dati per ottenere valore medio e deviazione standard
- Risoluzione degli integrali di probabilità
- Media aritmetica delle probabilità
- Risultato = probabilità finale

## Bibliografia

### **Matematica e Statistica**

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Normal\\_distribution](https://en.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_deviation](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation)
- KIMBER, A. C. (1985). Methods for the two-piece normal distribution. Comm. Statist. A—Theory Methods 14 235–245.
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Error\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Error_function)

### **Grafologia**

- [https://www.disgrafie.eu/wp-content/uploads/2014/03/IntroduzioneScalaD\\_BHK-AED.pdf](https://www.disgrafie.eu/wp-content/uploads/2014/03/IntroduzioneScalaD_BHK-AED.pdf)
- <http://www.centroripamonti.com/down/Dislessia1401.pdf>
- <http://www.ajnr.org/content/19/7/1267.short>
- [https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/malattie-neurologiche/delirium-e-demenza/encefalopatia-traumatica-cronica#:~:text=\(Demenza%20pugilistica\)&text=L'encefalopatia%20traumatica%20cronica%20%C3%A8,.%2C%20depressione\)...](https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/malattie-neurologiche/delirium-e-demenza/encefalopatia-traumatica-cronica#:~:text=(Demenza%20pugilistica)&text=L'encefalopatia%20traumatica%20cronica%20%C3%A8,.%2C%20depressione)...)
- <https://www.uppa.it/disgrafia-cause-diagnosi-trattamento/>

### Contatti:

cosimo.raugei5@gmail.com