

## Processo di imitazione a mano libera di firme e / o scritture a mano

**Pàvlos Kipouràs**

Ricercatore Senior presso il Dipartimento di Scienze Forensi della Procedura Penale e della Perizia Giudiziaria del Istituto di Diritto della "South Ural State University", Chelyabinsk, 454080, Russia  
kippaolo@gmail.com

### Abstract

I documenti in verifica, che si sospetta che derivino da una falsificazione a mano libera, rappresentano una sfida per gli Grafologi Forensi - Esperti Documentali (Forensic Document Examiners - FDE). Questo articolo ipotizza che normalmente esista una sequenza di contrazione dei muscoli unica che sia necessaria per produrre una firma o una grafia specifica; l'ipotesi è supportata da recenti studi EMG in grafie e kinesiologia. Su questa base, viene delineato un modello a 3 fasi (ElAdApp) per l'analisi del processo di falsificazione a mano libera di firme o scritture a mano. Utilizzando questo modello per esaminare 35 casi di falsificazione, quasi casualmente selezionato da 700 casi, la prova della sua utilità è presentata con studi di casi e dati statistici. Il modello è sostenuto come uno strumento utile per gli FDE ed un contributo al rafforzamento delle basi scientifiche dell'esame di documenti forense-peritale.

**Parole chiave:** falso, firma, grafia, kinesiologia, adozione, applicazione

### 1. Introduzione

La pubblicazione del 2009 '*Strengthening Forensic Science in the United States*' - scritta dalla National Academy of Sciences e conosciuta in tutto il mondo come "The 2009 NAS Report" - ha dichiarato che le opinioni nell'esame forense di scritture a mano erano troppo basati su un'analisi soggettiva piuttosto che su un'analisi oggettiva basata sulla scienza (NRC 2009). Nell'era moderna, le sentenze dei tribunali richiedono l'uso di un approccio scientifico per lo sviluppo e la presentazione dei pareri di Forensic Document Examiners [FDE] (Wakshull 2019).

Sebbene siano passati dodici anni dalla pubblicazione del rapporto NAS, c'è ancora molta ricerca da fare nel campo dell'esame forense di documenti, in modo che le opinioni degli FDE derivino da forti metodi scientifici piuttosto che analisi soggettive. Non dobbiamo sottovalutare il valore dell'analisi qualitativa, empirica per i FDE: tuttavia, i tribunali di tutto il mondo richiedono prove affidabili e obiettive per emettere la decisione che la falsificazione di una firma e / o scrittura a mano sia stata commessa da una persona specifica.

La scrittura a mano è un'attività umana estremamente complessa, eseguita come risultato di un processo cognitivo complesso appreso dall'infanzia. L'analisi di questo processo mostra che la scrittura a mano consiste in una sequenza coordinata di movimenti dei muscoli della mano e dell'avambraccio, ma c'è anche un contributo dei muscoli del braccio e della regione della spalla: in totale, quaranta tre (43) muscoli partecipano, in misura maggiore o minore, all'atto della scrittura a mano, come dimostrato da studi sull'elettromiografia (EMG) (Derbel 2020: 71; Mahmoud 2020).

Le articolazioni della mano e del polso sono quelle più importanti nella scrittura a mano: meno coinvolte sono le articolazioni del gomito e della spalla. Il processo motorio di produzione della scrittura a mano può essere suddiviso in una serie di sottoprocessi, che si pensa abbiano luogo in moduli separati, inclusi i moduli nella parte del sistema nervoso centrale. Il sottoprocesso finale è la sequenza di movimenti coordinati dei muscoli che contribuiscono a movimenti specifici della penna i quali producono a livello grafico una firma o una grafia. La scrittura a mano negli adulti è composta da sequenze di contrazioni muscolari, risultanti in "colpi", ad es. movimenti rapidi del pollice e dell'indice tenendo il mezzo scrittorio (penna, matita, ecc.). Questi colpi durano circa 1/10 di secondo negli adulti addestrati nella scrittura a mano fin dall'infanzia (Teulings 1996).

In genere, un adulto abile nella scrittura a mano esegue i tratti così rapidamente che non esiste un possibile ruolo di feedback visivo nella forma o nelle caratteristiche dinamiche della scrittura di una particolare lettera dell'alfabeto o di un altro simbolo. Il feedback visivo viene utilizzato solo per disporre le lettere scritte sulla carta, controllando le distanze tra di loro (Danna 2015). Il cervello umano invia istruzioni ai muscoli e la corretta sequenza di movimenti - i tratti - è quella che produce la firma o la grafia. Il cervello, attraverso le sue “cellule comandanti” (neuroni motori superiori situati nella corteccia motoria primaria o giro precentrale) invia comandi al midollo spinale ad eseguire movimenti specifici; questi comandi includono sottocomandi per ogni muscolo particolare da contrarre in un modo specifico. La figura 1, di seguito, mostra il punto dove si trova il giro precentrale nel cervello umano.

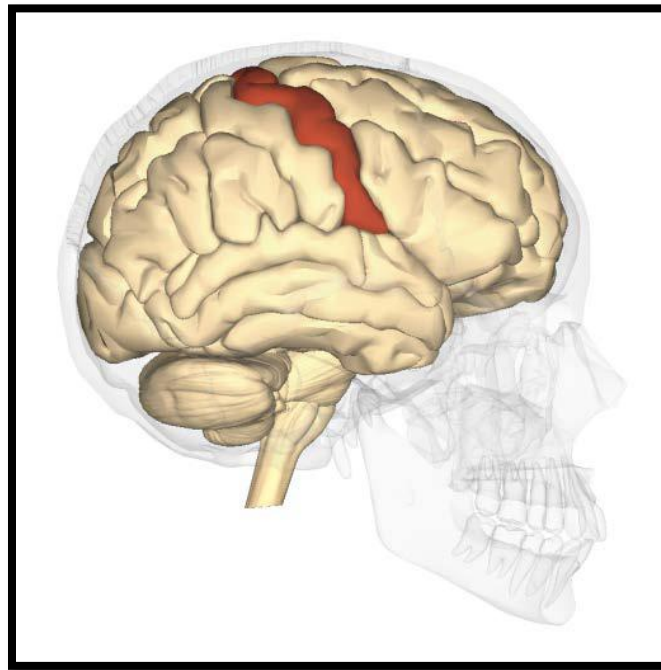


Fig.1 Giro precentrale, vista laterale

Source: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Precentral\\_gyrus\\_-\\_lateral\\_view.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Precentral_gyrus_-_lateral_view.png)

Tradizionalmente si è pensato che le “cellule comandanti”, i motoneuroni superiori, inviassero comandi solo per i movimenti e che un singolo motoneurone superiore (UMN) non può controllare un singolo muscolo; inoltre, i sottocomandi per i singoli muscoli sono inconsci e solo il comando per un movimento specifico rimane cosciente. Questo è generalmente vero; tuttavia, vi sono recenti prove forti che a volte un singolo UMN può controllare un singolo muscolo (Russo et al.2018; Antoni et al.2017; Ajemian et al.2008; Todorov 2000). La sfida per le neuroscienze è comprendere i processi consci ed inconsci alla base della costruzione di azioni volute. In un articolo pubblicato nel 2020, i ricercatori hanno studiato il livello di consapevolezza del substrato neurale motorio umano dei pazienti che erano svegli durante un intervento chirurgico al cervello (Fornia 2020). Esistono prove che la corteccia primaria, attraverso le cellule nel giro precentrale, esercita il controllo volitivo, comandando così l’inizio di movimento. Ha anche la capacità di sopprimere i movimenti indesiderati. Pertanto, la corteccia primaria può fermare l’ esecuzione di programmi motori nel cervello (Lemon et al.2019; Ebbesen et al.2017; Stinear et al.2009).

Un falsario che tenta, a mano libera, di imitare la firma o la grafia di un’ altra persona deve muovere il muscoli della sua estremità superiore, tenendo la penna, in un modo appropriato. Tuttavia, come spiegato sopra, lui non può controllare consapevolmente i singoli muscoli delle sue estremità superiori:

questa è la ragione principale per cui i falsari di solito non hanno successo e la firma o scrittura prodotta dall'imitatore riporta dissomiglianze significative rispetto a quella autentica. Quando due firme mostrano varie somiglianze sospette, a volte esibendo una linea di base spostata in modo identico - questo è considerato un probabile caso di sovrapposizione piuttosto che di imitazione a mano libera (Gupta et al.2016). (È ben stabilito, da molti decenni fa dai dati empirici, che due firme della stessa persona possono essere simili, ma mai identiche). In tal caso, il falso può essere provato dal FDE esaminando la traccia dell'inchiostro ed il solco/rilievo della carta. Potrebbe essere possibile rilevare residui dei materiali o mezzi utilizzati per tracciare le firme per sovrapposizione. Questa tecnica di falsificazione rimane generalmente senza esito.

Negli studi sull'imitazione a mano libera c'è unanime accordo sul fatto che il falsario debba muovere i suoi muscoli dell'estremità superiore in modo tale che la firma o la grafia risultante abbia la forma desiderata. La domanda è se questo può essere fatto in modi diversi o se c'è un modo unico per farlo! A conoscenza dell'autore, non esiste una risposta scientifica pubblicata a questa domanda nelle riviste dei FDE. Anche negli ultimi libri di testo dell'esame forense dei documenti, non ci sono capitoli sull'anatomia e la kinesiologia dei muscoli e delle articolazioni dell'estremità superiore: anche gli FDE con maggior esperienza non sono ben informati su questo argomento. L'autore del presente studio, collaborando con medici (MD), ha cercato di trovare la risposta a questa domanda. Studio di molti articoli e libri pertinenti dedicati all'argomento (ad esempio, Kapandji 2010), e successiva discussione con i medici, ha portato alla conclusione che è necessaria una sequenza unica di movimenti muscolari per produrre una firma o una grafia convincentemente simile a quella di un'altra persona.

Quattro fattori portano a questa conclusione: a) che l'avambraccio poggia sul tavolo, b) che la penna è tenuta in un modo "treppiede", c) che la punta della penna (più in generale, la punta del mezzo scrittorio utilizzato per scrivere) si muova su un piano, e d) che la firma o la grafia devono essere prodotte spostando la penna lungo una traiettoria specifica, la stessa che ha seguito nella grafia da imitare anche l'altra persona. Questi quattro fattori limitano la mobilità dell'arto superiore. Dall'applicazione della conoscenza standard di anatomia, fisiologia e kinesiologia dei muscoli e delle articolazioni, si conclude che c'è solo una sequenza di muscoli specifici che si contraggono in grado di produrre una particolare firma o grafia. Solo raramente può esistere una sequenza equivalente di movimenti muscolari in grado di svolgere questo compito. La Figura 2, di seguito, illustra questa mobilità ridotta.



Fig. 2 Posizione della mano durante la scrittura

Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hand-writing-exam-classroom.jpg>

Questa ipotesi uno-a-uno (1-1), ovvero che una specifica firma o scrittura a mano sia generata da un'unica sequenza di contrazione dei muscoli degli arti superiori - è anche supportata da recenti ricerche sulla ricostruzione della grafia e di altri movimenti significativi del braccio e della mano dai segni dell'elettromiografia di superficie (sEMG). Utilizzando algoritmi informatici, i ricercatori hanno risolto il problema inverso, ovvero la deduzione di quale lettera o figura specifica è stata scritta, esaminando i segnali sEMG registrati dei muscoli interessati della mano o dell'avambraccio (Chihi et al.2020; Mahmoud et al.2020; Abdelkrim 2019; Okorokova et al.2015; Chen et al. 2017; Huang et al. 2010). L'ipotesi della corrispondenza 1-1 è supportata anche dalla ricerca in robotica (Balasubramanian 2014).

## 2. Materiali e metodo: definizione di un modello di approccio

### 2.1 Principi di analisi rispetto alle sequenze di contrazioni muscolari

Nel modello proposto, l'analisi dei documenti viene eseguita secondo la sequenza di contrazione dei muscoli applicata dal falsario. La Figura 3, di seguito, illustra questo con un esempio. I due cerchi sono simili, ma se la traiettoria è diversa, ossia una tracciata in senso orario nell'autentica e l'altra in senso antiorario dal falsario, quest'ultimo non ha utilizzato la corretta sequenza di contrazione dei muscoli. Disegnare un cerchio in senso orario nella scrittura a mano (con l'avambraccio appoggiato sul tavolo, la penna tenuta con l'impugnatura del treppiede e la penna che si muove lungo il piano del foglio posato sul tavolo) partendo dalla sommità del cerchio (cerchio **rosso**, in alto a sinistra), con la mano destra, dobbiamo ruotare il polso in senso orario utilizzando l'estensore del muscolo ulnare del carpo (mostrato in Figura 3). Questo fatto è confermato dagli studi EMG (Chihi 2020). Ci sono anche altri muscoli che contribuiscono a questo movimento, ma per fare l'esempio più semplice citiamo solo quello più importante. Al contrario, per disegnare un cerchio in senso antiorario, quando la punta della penna si trova alla parte superiore del cerchio (cerchio **blu**, in alto a destra) con la mano destra, dobbiamo usare il muscolo abductore lungo del pollice che "abduce" il pollice - cioè lo allontana dal medio - quindi in questo caso il pollice si muove in senso antiorario. Anche questo è confermato dagli studi EMG (Chihi 2020). In questo caso, dove il dito indice destro tenendo la penna si muove in senso antiorario, un contributo significativo è dato dalla contrazione del muscolo di prima interossea dorsale della mano destra, che 'rapisce' l'indice destro, un fatto confermato dagli studi EMG (Linderman 2009). Questo muscolo, il primo interosseo dorsale, non è mostrato qui, per ragioni di semplicità.

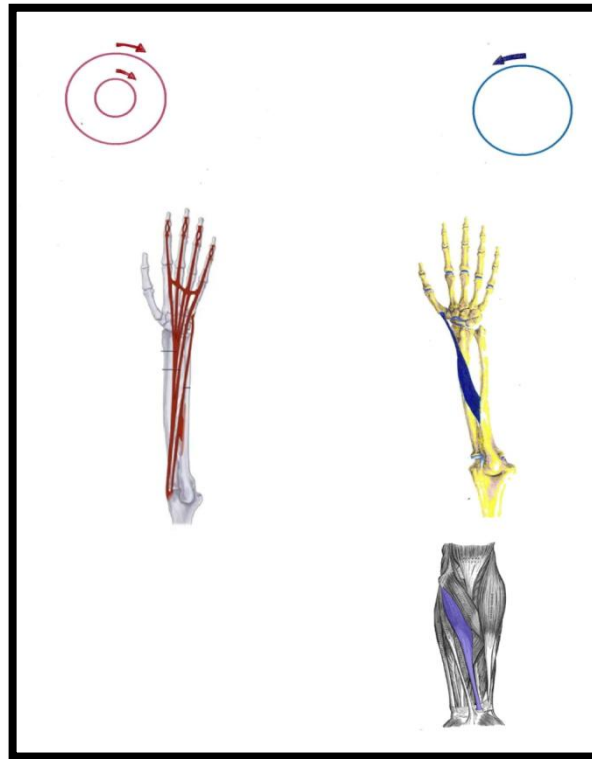


Fig.3 Disegnare, come nella grafia, un cerchio in senso orario (cerchio **rosso** a sinistra) e in senso antiorario (cerchio **blu** a destra): sono necessarie diverse sequenze di contrazione dei muscoli per eseguire ogni compito.

Fonti:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Extensor\\_carpi\\_ulnaris.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Extensor_carpi_ulnaris.png),  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flexor-carpi-radialis.png>

Inoltre, il polso destro ruota in senso antiorario, grazie al contributo dell'azione del muscolo flessore destro carpi radialis (nella Figura 3, immagine in basso a destra, il muscolo flessore radiale del carpo della mano destra è colorato viola). Quindi, disegnando un cerchio in senso orario, come nella scrittura a mano, nel caso dei cerchi rossi in Fig.3, la mano deve seguire una sequenza specifica di contrazione dei muscoli. La stessa sequenza di contrazione dei muscoli è seguita in entrambi i cerchi concentrici rossi. I parametri della contrazione individuale differiscono, ma la sequenza rimane la stessa: gli stessi muscoli specifici devono essere utilizzati in una sequenza particolare, per disegnare un cerchio concentrico in senso orario. I quattro parametri della contrazione di un muscolo sono: l'intervallo di tempo necessario al muscolo per farlo ottenere la lunghezza desiderata, misurata dall' inizio della contrazione, la forza della contrazione (basata su quanti fasci muscolari si contraggono), la durata della contrazione (l' intervallo di tempo che il muscolo rimane contratto) e la diversa lunghezza che il muscolo acquisisce ad ogni contrazione. La lunghezza del muscolo può essere più o meno ridotta dalla contrazione corrispondente, che è volontaria (Hall 2010). Per il cerchio tracciato in senso antiorario, quello blu, deve essere utilizzata una diversa sequenza di contrazione dei muscoli. Se una persona scrive la parte circolare della lettera "a" con una traiettoria antioraria, mentre il falsario utilizza una traiettoria in senso orario con una diversa sequenza di contrazioni muscolari, questa è una forte prova di falsificazione – anche se la forma della lettera "a" rimane morfologicamente simile in entrambi i documenti. La traiettoria della penna può essere distinta dal tracciato inchiostro e dal solco/rilievo rimasto sul foglio.

## 2.2 Specifiche del modello ElAdApp

**ElAdApp** concettualizza la falsificazione di firme o scrittura a mano come composta da tre fasi: **E**liminazione, **A**dozione e **A**pplicazione. Considereremo ogni fase, a turno.

### 2.2.1 La fase di Eliminazione

La soppressione delle abitudini del falsario nella scrittura a mano, cioè la soppressione delle sequenze apprese di contrarre i muscoli che generano la scrittura a mano - è la prima fase dello sforzo del falsario per realizzare la falsificazione. La soppressione è effettuata dalla corteccia primaria del cervello: questo è un compito difficile, perché i sottocomandi ai singoli muscoli sono generalmente inconsci. Se, dopo una pratica sufficiente, il falsario riesce a sopprimere le proprie abitudini di scrittura, elimina dal prodotto grafico la corrispondente serie di tratti e, inoltre, le tracce corrispondenti. Una soppressione riuscita delle abitudini personali di scrittura a mano costituisce la prima fase del processo di imitazione "**E**liminazione".

### 2.2.2 La fase di Adozione

La seconda fase è quella dell' **A**dozione. Il falsario cerca di simulare la firma o la grafia di un' altra persona: guidato dalla forma della firma o della scrittura autentica, si sforza di utilizzare sequenze appropriate di contrazioni muscolari, per generare tracce simili a quelle dell'altra persona. Si usa il termine "adozione", perché sebbene il falsario utilizzi alcuni tratti appresi in precedenza, all'interno di una sequenza diversa di tratti, ha anche bisogno di adottare nuovi tratti nel tentativo di imitare l' artefatto autentico. Un colpo di falsario già appreso, normalmente usato per formare parte di una lettera, nel suo stile personale - può essere usato con successo per imitare parte di una lettera scritta nello stile della persona da imitare. Per simulare/imitare con successo il campione autentico, il falsario deve modificare i suoi programmi motori di scrittura, adottarne nuovi e, successivamente, eseguire la sequenza necessaria di contrazione dei muscoli per ottenere la firma o la grafia.



Il raggiungimento della corretta sequenza specifica di contrazione dei muscoli non è sufficiente: ogni singolo muscolo la cui contrazione fa parte della specifica sequenza corretta, deve anche essere correlata da altri parametri appropriati - ad esempio, la velocità appropriata di completamento della contrazione, la lunghezza appropriata del muscolo contratto, la forza e durata appropriata della contrazione. Se il falsario riesce a eseguire la corretta serie di contrazioni dei muscoli, ha completato la fase di **Adozione** della falsificazione. L'esecuzione della corretta sequenza muscolare di contrazioni non è sufficiente per produrre un falso simile, in modo convincente, al campione originale, se i parametri delle contrazioni individuali non sono quelli appropriati: tuttavia, la sequenza corretta di contrazione dei muscoli è una fase essenziale, *sine qua non*, della falsificazione/imitazione.

### 2.2.3 La fase dell' Applicazione

La terza ed ultima fase della contraffazione è l'**Applicazione**. Il falsario si è esercitato a lungo cercando di sopprimere le proprie abitudini di scrittura a mano e di imitare il campione autentico, prima di produrre il prodotto grafico finale. A questo livello procede alla fase della produzione del documento finale: fino a questo punto, avrebbe invece dovuto sopprimere le proprie abitudini grafici utilizzando la corretta sequenza specifica di contrazione dei muscoli richiesta per simulare il campione autentico. Ovviamente, questo non è sufficiente, come accennato in precedenza, dal momento che anche le singole contrazioni muscolari devono aver ottenuto i parametri appropriati. In mancanza di questi elementi, il falso si scopre attraverso un attento esame del documento.

### 2.3 Il metodo di esame: utilizzo di ElAdApp

Per l'analisi viene utilizzato il modello proposto dall'autore - **ElAdApp** (**Eliminazione, Adozione, Applicazione**) per l' approccio analitico di 35 casi di falsificazione di firme e / o scrittura a mano. Questi 35 casi sono selezionati quasi casualmente, tra più di 700 casi (principalmente in Grecia, 10 a Cipro, 1 negli Stati Uniti), esaminati dall'autore come FDE professionista negli ultimi 20 anni. Inoltre, l'autore ha esperienza personale di centinaia di casi in Italia, dove ha completato gli studi nel campo dell'esame forense di documenti. Questi casi in Italia sono stati esaminati dall'autore per scopi teorici o didattici nelle sue mansioni di docente in un' università privata ed in una Scuola privata di Esame Forense di Documenti e di Grafopatologia Forense.

I 35 casi del campione sono stati esaminati utilizzando la consolidata procedura dell' Esame Forense di Documenti in base alla quale la falsificazione di firme e / o scrittura a mano sia comprovata con prove indiscusse. Successivamente, i 35 casi sono stati classificati utilizzando il modello ElAdApp.

In primo luogo, i 35 casi sono stati analizzati per la prova dell'incapacità del falsario di sopprimere i propri programmi motori di scrittura a mano - ad esempio, tracce di colpi generati da sequenze di contrazioni muscolari diverse dalle sequenze di contrazione dei muscoli utilizzate per generare la firma o scrittura a mano autentica. Un caso del genere si trova quando un tratto presenti una direzione opposta ai tratti corrispondenti al campione autentico. Quindi, se in un documento in verifica il tratto presenta una direzione in senso orario mentre il tratto corrispondente nel documento autentico presenta una direzione antioraria, questa è la prova che il falsario non fosse in grado di sopprimere le proprie abitudini grafici.

Successivamente, i 35 casi sono stati analizzati per trovare un'eventuale serie di tratti grafici simili a quelli prodotti dalla stessa sequenza di contrazione dei muscoli. Somiglianza della forma di alcune lettere o parti di una firma nel documento in verifica, nel confronto con quello autentico, non era abbastanza. Piuttosto, anche la traiettoria (il percorso del tracciato) doveva essere la stessa al fine di classificare le sequenze nel documento in verifica come compatibili a quello autentico. Infine, i risultati

dell'analisi dei 35 casi, secondo i criteri di cui sopra, sono stati classificati ed è stata eseguita un'analisi statistica.

### 3. Risultati

#### 3.1 Risultati statistici

Dai 35 casi esaminati di documenti in verifica, 18 erano casi di firme contestate in diversi tipi di documenti (contratti privati, contratti bancari, assegni bancari, ricevute) e 17 sono stati testamenti in verifica. Questa distribuzione è riassunta nella Tabella 1, di seguito.

Tabella 1: Divisione dei campioni

<b>FIRME</b>	<b>TESTAMENTI</b>	<b>TOTALE</b>
18 (51%)	17 (49%)	35

All'interno di questa distribuzione, alcuni casi riguardavano un solo documento mentre altri riguardavano documenti molteplici. Nello specifico, la maggior parte dei testamenti ha riguardato un solo documento ( $n = 1$ ), mentre la maggioranza degli altri casi (firme) coinvolge più documenti ( $n > 1$ ). La Tabella 2, di seguito, mostra la distribuzione.

Tabella 2: Distribuzione dei numeri dei documenti per tipo di caso

<b>FIRME</b>		<b>TESTAMENTI</b>		<b>TOTALE</b>
<b>n=1</b>	<b>n&gt;1</b>	<b>n=1</b>	<b>n&gt;1</b>	-----
5	13	13	4	35

Nel complesso, i 35 casi sono stati divisi all'incirca equamente tra quelli con un solo documento e quelli con più di uno. Questo è dimostrato nella Tabella 3, di seguito.

Tabella 3: Distribuzione complessiva per numero di documenti in ciascun caso

<b>n=1</b>	<b>n&gt;1</b>	<b>TOTALE</b>
18 (51%)	17 (49%)	35

È chiaro da quanto sopra riferito che i falsari dimostrano maggiori probabilità di simulare le firme in più documenti rispetto a testi in più documenti. La spiegazione è abbastanza ovvia, poiché falsificare un intero documento (come un testamento) è un compito più impegnativo e complicato rispetto alla falsificazione di una semplice firma. Le firme vengono composte da una riproduzione grafica meno estesa e sono inconsciamente considerate più facili da falsificare. Tuttavia, anche se molto spesso è più difficile per il falsario riprodurre con successo una firma o uno scarabocchio, è anche più impegnativo per il FDE dimostrare la simulazione, perché gli elementi grafici sono aritmeticamente di minor quantità.

Nell'ambito della procedura dell'esame dei documenti, i casi sono stati classificati in base allo stadio del processo di falsificazione raggiunto. La Tabella 4, di seguito, mostra la distribuzione dei casi per fase.

Tabella 4: Distribuzione dei casi per fase di contraffazione

	<b>FASE</b>		
	<i>Eliminazione</i>	<i>Adozione</i>	<i>Applicazione</i>
<i>Testamenti</i>	2	6	9
<i>Firme</i>	2	7	9
<b>TOTALE</b>	<b>4 (11+%)</b>	<b>13 (37+%)</b>	<b>18 (51+%)</b>

Il risultato suggerisce che di solito i falsari sopravvalutano le proprie capacità nella fase 1 e probabilmente arriveranno alla fase 3 - applicazione. Come mostrato nella tabella 4, il 51+% è arrivato alla fase finale, il 37+% ha raggiunto la fase 2 e solo l'11+% è rimasto nella fase 1. Nella maggior parte dei casi l'aspirante falsario cerca con successo di adottare il modello da imitare, ma fallisce nella fase finale e più impegnativa, quella dell'Applicazione. Ciò significa che il falsario non è stato in grado di bloccare completamente la sua automazione grafica, e sebbene abbia utilizzato principalmente la sequenza specifica corretta dei muscoli in contrazione, le singole contrazioni dei muscoli non avevano eseguito i movimenti con i parametri appropriati. Il falsario non può applicare alla sua espressione grafica automatizzata il controllo necessario in modo costante, anche se potrebbe essere abbastanza capace di concettualizzare la forma delle lettere da imitare.

### 3.2 Esempi di casi

#### Caso # 1

Nell'esempio seguente, il testatore aveva quasi 78 anni. Il falsario è un vicino di casa, poco più giovane, che ha cercato di sfruttare la mancanza di discendenti. La documentazione medica indica che il falsario nella data a cui si fa riferimento nel testamento era in coma ed è stato trasferito in ambulanza nella terapia intensiva dell'ospedale, così è stato impossibile per lui averlo scritto. Il falsario non ha davvero cercato di imitare la grafia autentica, ma piuttosto riprodurre un' impressione di una nozione generale della ridotta capacità grafica degli anziani. Anche se era consapevole della tempistica del ricovero ospedaliero, ha suggerito indirettamente la composizione del testo poco prima del ricovero in ospedale. Per questo motivo, il contenuto ed il significato del testo del testamento sono limitati ai dati essenziali di base: l'eredità e il nome dell'erede.

A volte, particolarità storiche riguardanti anche la personalità del falsario definiscono le sue scelte al fine di applicare il suo progetto e rafforzare la sua pretesa di autenticità del documento in verifica. Queste scelte non sono sempre intelligenti o ben mirate.

La Figura 4, sotto, mostra una copia del testamento (X). L'abilità grafica del testatore sembra molto scarsa. Potrebbe essere possibile per questa mano presentare tale flessibilità nella parte finale del testo (mostrato in ingrandimento a destra), tenendo conto che una mano con una tale difficoltà di scrittura sarebbe normalmente esaurita dopo diversi righi di scrittura?



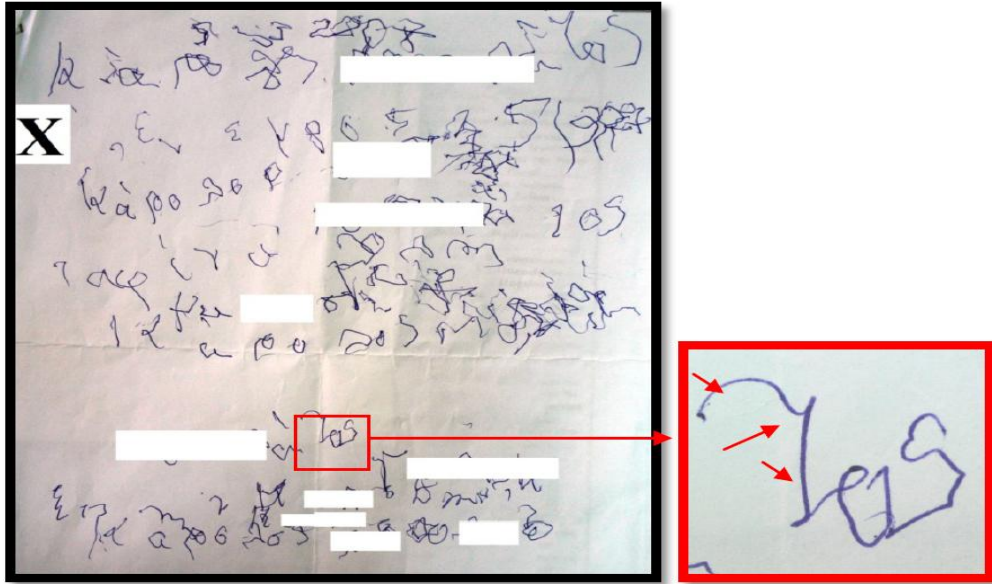


Tabella 4. Il testamento X e la parte in **ingrandimento**

Lo stesso punto della stessa lettera “i” presenta un’ ideazione diversa nelle comparative dello stesso periodo cronologico (Fig.4: A6, A8). Il falsario non è riuscito ad eliminare la sua flessibilità neuromuscolare e la sua ideazione del modello della lettera. Ha cercato di ricreare un ambiente fasullo di aspetti patologici nella qualità dei singoli tratti, a seguito della documentazione di deterioramento clinico del testatore.

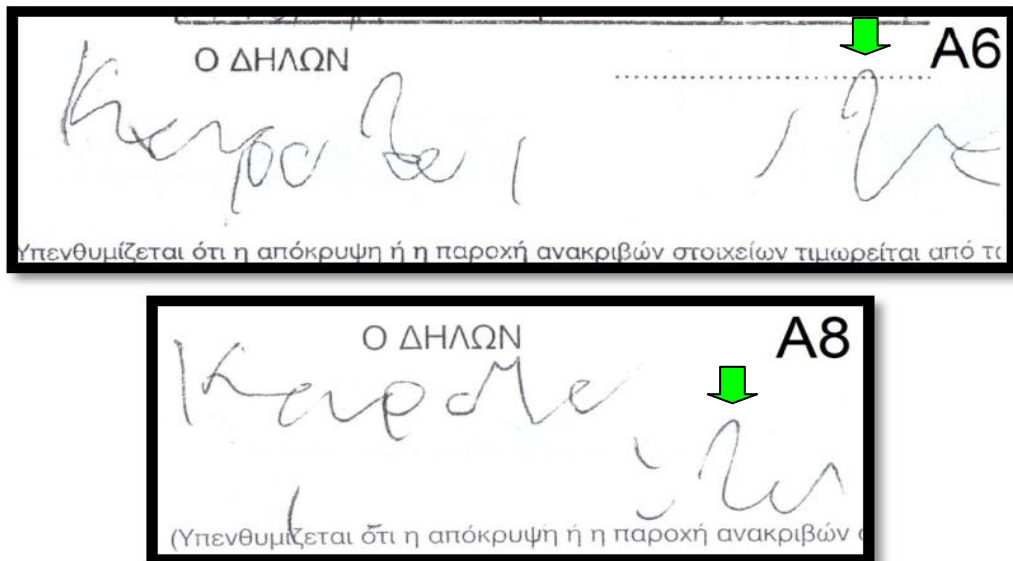


Fig. 5 Campioni di comparative contemporanee

## Caso # 2

Come mostrato in Fig.5, di seguito, la parte iniziale (a sinistra) della firma in verifica X inizia con un tratto in senso orario, in contrasto con la parte iniziale delle firme autentiche che iniziano in direzione in senso antiorario. Il falsario non riuscì a sopprimere la sua abitudine motoria e iniziò la firma in verifica con un tratto con direzione opposta rispetto al tratto iniziale delle firme autentiche. Inoltre, la

parte finale della firma in verifica **X** viene vergata con una sequenza di movimenti vistosamente diversa, in quanto la parte finale della firma **X** è un tratto con una direzione che si allontana dal centro del polso destro, mentre la parte finale nelle firme autentiche è un tratto verso il centro del polso destro. Tenendo una matita in una presa a "treppiede" e seguendo la traiettoria in una fotocopia della firma in verifica **X**, e facendo poi lo stesso per quelli autentici, possiamo "sentire", da propriocezione, che la sequenza delle contrazioni muscolari è molto diversa nel caso in verifica, rispetto alle firme autentiche. Esaminando ulteriormente la parte centrale della firma in verifica, che è un semplice scarabocchio con pochi elementi particolari, osserviamo che il falsario non è riuscito nel suo tentativo di simulare le stesse caratteristiche (come le diverse proporzioni nelle dimensioni degli anelli nella parte centrale del scarabocchio e le diverse distanze tra loro). Inoltre, gli assi delle forme di anelli sono quasi paralleli nelle firme autentiche, mentre nella firma in verifica gli assi degli spirali convergono nella parte superiore: questo presuppone una sequenza diversa di contrazioni muscolari rispetto a quella utilizzata nelle firme autentiche.

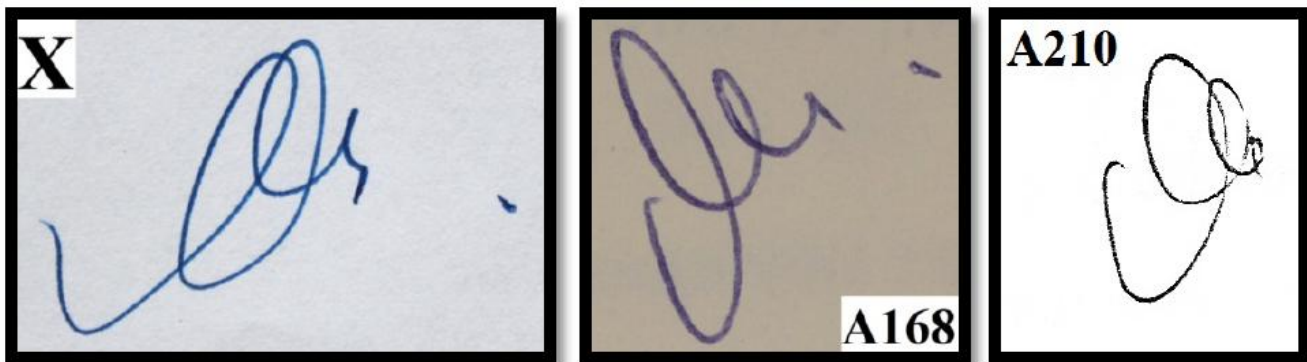


Fig.6: Firma in verifica (X) e due (A) firme comparative

### Caso # 3

Nella Fig.6, sotto, il falsario sta tentando di imitare morfologicamente il modello originale (campioni indicati con **A**) nelle firme in verifica **X22**, **X24**. Nonostante abbia individuato le due componenti dinamiche del modello (le sequenze dei muscoli in contrazione), non riesce nell'applicazione di esse negli esemplari prodotto di imitazione.

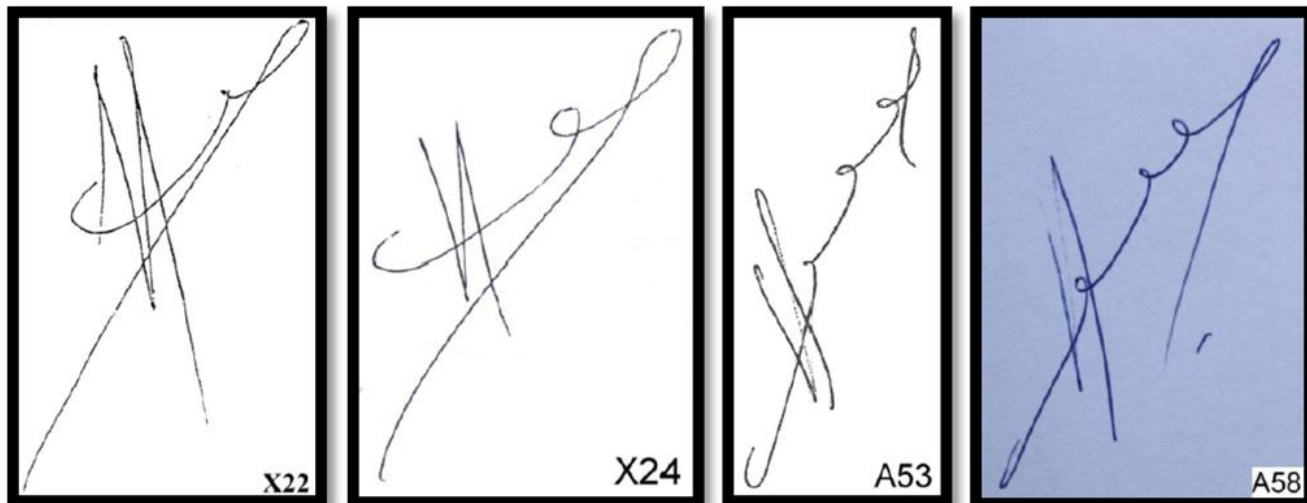


Fig.7 Fime in verifica (X) e 2 comparative (A)

### 3.3 Discussione

Il modello proposto **ElAdApp** (Eliminazione, Adozione, Applicazione) richiede in pratica un aspetto procedurale estremamente complicato al fine di analizzare il materiale disponibile, studiare il caso, definire la conclusione del FDE e dimostrare i risultati. Dobbiamo sottolineare che la parte più difficile della procedura riguarda l'interazione contemporanea e dinamica di queste fasi, che portano (o meno) alla riproduzione intenzionale, imitazione, simulazione o falsificazione di un campione.

L'abilità e l'allenamento pratico del falsario stabiliscono o meno il successo. Molto spesso, il risultato è che il prodotto falsificato "sta gridando" la mancanza di spontaneità della scrittura: tradisce il tentativo di riprodurre in modo artificioso l'autentica natura grafica, ma abbonda anche di contraddizioni interne per quanto riguarda lo sfondo dinamico dei tracciati grafici.

La conoscenza, l'esperienza e la mentalità investigativa del FDE possono orientarlo nella giusta direzione della sua ricerca, avendo in mente le fasi procedurali della simulazione. Analisi approfondita, fase per fase, e approfondimento differenziato dello studio analitico di ogni settore della suddetta procedura, ma come "reverse engineering" (dal prodotto grafico, attraverso il meccanismo cinetico nel suo aspetto anatomico, a quello della fonte mentale di esso), può portare il perito alla decodificazione del falso.

Nell'analisi delle statistiche degli esemplari esaminati, scopriamo che nella maggior parte dei casi il falsario arriva, sebbene di solito fallisca, nell'ultima fase di ElAdApp, la fase di Applicazione. La tendenza più comune è il tentativo di riprodurre la scrittura o la firma standard, che è il modello da imitare. Ciò significa che il falsario realmente non agisce spontaneamente o impulsivamente nella riproduzione del falso, ma nella maggior parte dei casi ha già definito prima un progetto di azione.

### 4. Conclusioni

La falsificazione di una firma o di una scrittura a mano è un reato grave in tutti i paesi, punibile con una serie di sanzioni, secondo le circostanze specifiche e la giurisdizione legale. In questo contesto, il modello a tre fasi di **ElAdApp** (**E**limination, **A**doption, **A**pplication) si propone come strumento metodologico indispensabile per la rilevazione e prova scientifica di falsificazione a mano libera di una firma o di una grafia. Nel modello, la prima fase è lo sforzo del falsario di eliminare, con la pratica, le proprie abitudini di scrittura personali (ossia, comandi dal cervello per eseguire sequenze di contrazioni muscolari dell'arto superiore, per produrre la grafia). La seconda fase è lo sforzo del falsario, esercitandosi, di adottare alcune nuove sequenze di contrazioni muscolari per eseguire la sequenza corretta di contrazioni muscolari necessarie per generare una firma o una grafia simile a quella autentica. La terza fase della falsificazione a mano libera di una firma o di una scrittura a mano è la produzione grafica finale del documento contraffatto. Dopo che il falsario ha eliminato le proprie abitudini di scrittura a mano e ha adottato nuovi programmi motori, esegue la corretta e specifica sequenza di contrazione dei muscoli, che deve essere la stessa della sequenza usata dalla mano autentica. Per imitare con successo la grafia autentica, la corretta sequenza di contrazione dei muscoli non è sufficiente, poiché anche le singole contrazioni muscolari devono aver seguito i parametri appropriati.

Giustificando i parametri del modello **ElAdApp**, l'autore propone un'ipotesi scientifica, ovvero che l'anatomia, fisiologia e kinesiologia dei muscoli e delle articolazioni, applicate con le quattro restrizioni della scrittura a mano prese in considerazione: a) che l'avambraccio poggia sul tavolo, b) che la penna è tenuta a "treppiede", c) che la punta della penna (più in generale, la punta del mezzo scrittorio utilizzato per scrivere) si sposta su un piano, e d) che la firma o la grafia devono essere prodotte spostando la penna lungo una specifica traiettoria (percorso), conducono alla conclusione chiara che normalmente

esiste una sola sequenza specifica di contrazioni muscolari dell'arto superiore in grado di farlo generare una specifica firma o grafia autentica. Questa conclusione è supportata anche da recenti ricerche che utilizzano l'elettromiografia (EMG).

I risultati statistici dei 35 casi di falsificazione a mano libera esaminati suggeriscono che circa il 51% dei falsari raggiunge la fase finale dell'applicazione, con il 37% che rimane nella seconda fase e solo l'11% non riesce a procedere oltre la prima fase. Questi rapporti sono quasi identici sia per la semplice falsificazione di firme che per il compito più complesso di falsificazione di un intero documento (ad esempio un testamento).

Pertanto, questo modello fa alcuni progressi significativi nel tentativo di basare l'esame forense di documenti su prove scientifiche solide piuttosto che su interpretazioni soggettive da parte del FDE. In quanto tale, è sostenuto come dispositivo metodologico importante per orientare i FDE nel loro lavoro.

## Referenze

Abdelkrim A., Benrejeb M., 2019 , Conventional and non conventional body motions modelling and control. Application to the handwriting process., *Asian Journal of Control* , May 2019, 21( 11) DOI: 10.1002/asjc.2127, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/asjc.2127>

Ajemian R., et. Al, 2008 Assessing the Function of Motor Cortex: Single-Neuron Models of How Neural Response Is Modulated by Limb Biomechanics, *Neuron* 2008 , Vol.58 Issue 3, p.414-428, May 2008, DOI: 10.1016/j.neuron.2008.02.033

Antoni F., et. Al. 2017, Unidirectional brain to muscle connectivity reveals motor cortex control of leg muscles during stereotyped walking, *Neuroimage*, Vol. 159, October 2017, DOI: 10.1016/j.neuroimage.2017.07.13  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811917305815>

Balasubramanian R., Santos V. J., Editors, *The Human Hand as an Inspiration for Robot Hand Development*, Springer International Publishing Switzerland 2014

Chen, Yumiao, and Zhongliang Yang. "A Novel Hybrid Model for Drawing Trace Reconstruction from Multichannel Surface Electromyographic Activity." *Frontiers in neuroscience* vol. 11 61. 14 Feb. 2017, doi:10.3389/fnins.2017.00061, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28261041/>

Chihi I., Kamavuako E.N. , Benrejeb M. 2020, Modeling simple and complex handwriting based on EMG signals Chapter 6 (p.129-149) in *Control Theory in Biomedical Engineering* , Elsevier Inc. 2020, doi:B978-0-12-821350-6.00006-8

Danna J, Velay JL. Basic and supplementary sensory feedback in handwriting. *Front Psychol.* 2015 Feb 20;6:169. doi:10.3389/fpsyg.2015.00169. PMID: 25750633; PMCID: PMC4335466.

Derbel F. (edit.) *Communication, Signal Processing & Information Technology*, 2020 Walter de Gruyter GMBH, Berlin, Boston, page 71

Ebbesen, C., Brecht, M. Motor cortex — to act or not to act?. *Nat Rev Neurosci* 18, 694–705 (2017).  
<https://doi.org/10.1038/nrn.2017.119>, <https://www.nature.com/articles/nrn.2017.119>

Fornia L, Puglisi G, Leonetti A, Bello L, Berti A, Cerri G, Garbarini F. Direct electrical stimulation of the premotor cortex shuts down awareness of voluntary actions. *Nat Commun.* 2020 Feb 4;11(1):705. doi: 10.1038/s41467-020-14517-4. PMID:32019940; PMCID: PMC7000749.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7000749/>

Gupta S., Handa D.R. and Singla A., 2016, Forensic Examination of Suspiciously Similar Signatures, *IJSET Vol.3 Issue 12, December 2016, ISSN (Online) 2348 – 7968*

[http://ijiset.com/vol4/v4s2/IJSET\\_V4\\_I02\\_24.pdf](http://ijiset.com/vol4/v4s2/IJSET_V4_I02_24.pdf)

Hall J, Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12<sup>th</sup> Edition, Saunders 2010

Huang G, Zhang D, Zheng X, Zhu X. An EMG-based handwriting recognition through dynamic time warping. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2010;2010:4902-5. doi: 10.1109/IEMBS.2010.5627246. PMID: 21096658.

Kapandji A. *The Physiology of the Joints*, edited by Churchill Livingstone, 2010

Lemon R, Kraskov A. Starting and stopping movement by the primate brain. *Brain Neurosci Adv.* 2019 Mar 15;3:2398212819837149. doi: 10.1177/2398212819837149. PMID: 32166180; PMCID: PMC7058194. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2398212819837149>

Linderman, Michael et al. “Recognition of handwriting from electromyography.” *PloS one* vol. 4,8 e6791. 26 Aug. 2009, doi:10.1371/journal.pone.0006791

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2727961/>

NRC (2009): *Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward*. Washington DC: National Academies Press. Available from <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/228091.pdf>

Mahmoud, I., Ines Chihi, and Afef Abdelkrim, 2020 ,Adaptive Control Design for Human Handwriting Process Based on Electromyography Signals,2020 *Complexity*, Hidawi Volume March 2020 Article ID 5142870, doi: 10.1155/2020/5142870, <https://www.hindawi.com/journals/complexity/2020/5142870/>

Okorokova, E. et al. “A dynamical model improves reconstruction of handwriting from multichannel electromyographic recordings.” *Frontiers in neuroscience* vol. 9 389. 29 Oct. 2015, doi:10.3389/fnins.2015.00389 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4624865/>

Russo, Abigail A et al. “Motor Cortex Embeds Muscle-like Commands in an Untangled Population Response.” *Neuron* vol.97,4 (2018): 953-966.e8. doi:10.1016/j.neuron.2018.01.004, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5823788/>

Stinear CM, Coxon JP, Byblow WD. Primary motor cortex and movement prevention: where Stop meets Go. *Neurosci Biobehav Rev.* 2009 May;33(5):662-73. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.08.013. Epub 2008 Aug 26. PMID: 18789963

Teulings, H.L. (1996). Handwriting movement control. In S.W. Keele and H. Heuer (Eds.), *Handbook of perception and action*. Vol.2: Motor Skills (pp. 561-613). London: Academic Press.



Todorov E. Direct cortical control of muscle activation in voluntary arm movements: a model. *Nat Neurosci.* 2000 Apr;3(4):391-8. doi: 10.1038/73964. PMID: 10725930.

Wakshull, M.(2019): Forensic Document Examination for Legal Professionals: A Science-Based Approach, PLACE: Q9 Consulting, Inc.

## **Biografia**

Pàvlos Kipouràs è nato ad Atene, in Grecia nel 1973. Laureato in giurisprudenza presso “Dimokriteion University of Thrace” (Komotini) in Grecia nel 1996. Diplomato in Grafologia Giudiziaria presso l’Università degli Studi di Urbino “Carlo Bo” d’ Italia nel 2000. Master in Perizia Grafologica e Consulenza Professionale presso l’ Università degli studi di Urbino “Carlo Bo” nel 2006, Laureato in Tecniche Grafologiche all’ Università degli Studi di Urbino “Carlo Bo” d’ Italia nel 2008. Dottorato (PhD) di Ricerca in “Grafologia Giudiziaria come Perizia Grafica” presso “Dimokriteion University of Thrace”, Grecia 2009. Diploma di specializzazione in Grafologia Criminalistica “Università Pegaso” d’ Italia nel 2013. Diplomato in Firme Grafometriche nel Centro di Studi Grafologici (CesGraf), in Italia, nel 2020. È Avvocato dal 1998, Forensic Document Examiner / perito Grafologo Giudiziario dal 2001 e Grafologo Professionale dal 2006. Consigliere del “Comitato Statale di Cinematografia” del ministero greco della Civiltà dal 2012. Professore di “Storia della Scrittura Greca” dell’ Università “Pegaso” d’ Italia (2015-2016), Prof. di “Storia della scrittura greca” e di “Elementi di scrittura greca” della “Scuola Forense di Grafologia” (SFG) di Napoli, Italia (2016-2021) e Professore di “Grafopatologia in scrittura greca” della “Scuola di Grafopatologia Forense” (SGF) (2018-2021) di Napoli, Italia. Specialista in firme grafometriche (2020) e Senior ricercatore di “South Ural State University” di Celiabinsk, Russia dal 09/2020. Membro dell’ Ordine degli avvocati di Atene, di ΠΕΔΙΚΓΡΑΦ (Greek Association of Document Examiners), Associazione Grafologica Italiana (AGI), CIGMe (Centro Internazionale di Grafologia Medica), Slovak Graphological Society (Società Grafologica Slovacca), CeSGraf (Centro Studi Grafologici), A.GRA.GI (Associazione Grafologica Giudiziaria), Associazione Nazionale Italiana Grafologi Forensi ed Esperti Documentali (ANIGraFED). Interessato a ricerca sulle firme grafometriche, relatore in 37 conferenze e seminari internazionali in tutto il mondo (da Brasile a Cina), autore di articoli e autore del libro “La Grafologia Peritale come perizia” pubblicato nel 2009 in Grecia (Ed. Ant.N.Sakkoulas).