

# La comparazione di manoscritture mediante la metodica interferenziale<sup>1</sup>

Francesco Dellavalle – Forinst (Forensic Instruments) – Torino

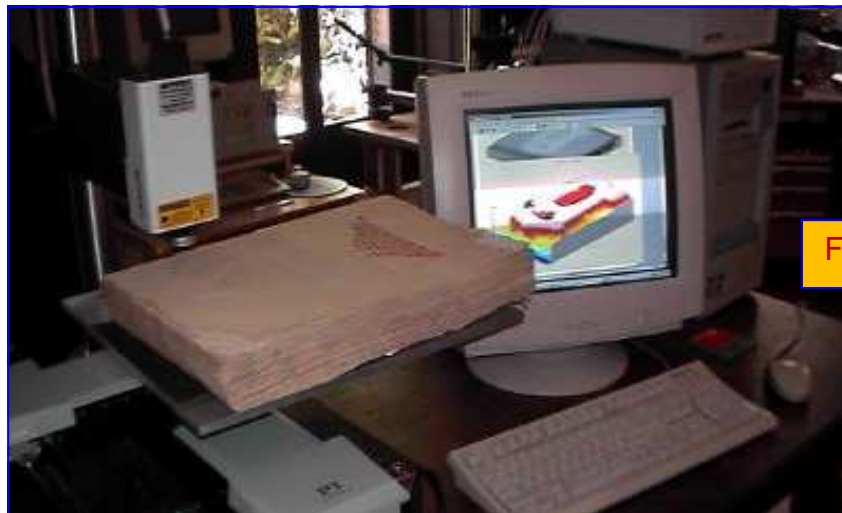


Foto n.01

## Premessa:

Al giorno d'oggi tramite profilometri Laser “non a contatto” è possibile ricavare, con precisione micrometrica, la micro-topografia di un documento manoscritto. In pratica è possibile effettuare la **ricostruzione tridimensionale** delle incisioni lasciate dagli strumenti scrittori sul supporto cartaceo del documento.

Il particolarissimo sensore che è risultato idoneo per questa specifica applicazione, denominato Conoprobe<sup>2</sup>, è fabbricato dalla israeliana Optimet (Optical Metrology).

Il prodotto standard è una sonda elettroottica puntiforme che opera ad una distanza di funzionamento media di 100 millimetri con una velocità di acquisizione di oltre 1000 punti/sec. La distanza di lavoro e la profondità di campo possono essere variate semplicemente sostituendo un obiettivo posizionato sul lato operativo dello strumento.

L'accuratezza delle misure varia in funzione della focale della lente utilizzata e conseguentemente del range di lavoro (asse Z) della stessa. E' possibile spaziare da una accuratezza di 500 nanometri per profili compresi tra zero e due decimi di millimetro, via via crescendo fino a 35 micron per profili da zero a oltre 70 millimetri.

La lettura della superficie del campione in esame viene effettuata anche con la sonda angolata, oppure se la sonda è perpendicolare al target, la stessa è in grado di rilevare delle pendenze anche molto scanalate e prossime a 90°, oppure «leggere» attraverso dei piccoli fori o interstizi a una profondità di oltre 150 millimetri.

I sistemi industriali di rilevamento di distanze usati (in particolare) dalle industrie meccaniche di precisione, come alternativa senza contatto alle convenzionali sonde

<sup>1</sup> Profilometria Laser 3D eseguita in olografia conoscopica – vedi sistema di scansione 3D:

[http://www.forinst.it/SM\\_01\\_3D.pdf](http://www.forinst.it/SM_01_3D.pdf)

<sup>2</sup> Il sensore, coperto da diciassette brevetti di cui sei a livello mondiale, è nato principalmente per eseguire misure di profili e di distanze con risoluzioni del sub-micron, acquisendo la distanza assoluta che intercorre tra il medesimo e la superficie oggetto della misura.

meccaniche, attualmente utilizzano l'interferometria classica, la triangolazione, o metodi di focalizzazione dinamica. Tutte queste metodologie risentono di problemi dovuti a:

- Vibrazioni
- Temperatura di esercizio dei sensori
- Difficoltà di lettura sulle superfici riflettenti, oppure nell'unione di differenti materiali (nel nostro caso, per esempio, tra i pigmenti rilasciati sul tessuto cartaceo dagli inchiostri liquido/oleosi di una penna rispetto a quelli "solidi" spesso riflettenti, come nel caso del Toner per generare caratteri in stampa da una Laser printer, fotocopiatrice, fax, stampante multifunzione, ecc.)
- Lettura di microfessure o gole di qualche micron di larghezza/profondità.
- Necessità di calibrazioni accurate

Al contrario, la tecnica sotto forma di **olografia conoscopica** impiegata dal Conoprobe non soffre di nessuno di questi svantaggi e realizza facilmente il tracciato di superfici, punto per punto, anche dei più complicati tessuti cartacei. Inoltre il Conoprobe è in grado di fornire in un monitoraggio dimensionale, con un ordine di grandezza di precisione in più rispetto alle metodologie attualmente presenti sul mercato.

Il sensore Conoprobe è stato realizzato per un largo range di applicazioni. Basti pensare a misure di precisione di distanze assolute per macchine utensili a Controllo Numerico, macchine di saldatura/taglio Laser, Robot di montaggio/misura, ecc.

Citiamo alcuni altri esempi applicativi del Conoprobe:

- Profilo di piastre e membrane sottili.
- Controlli dimensionali minuterie metalliche, plastiche, ecc.
- Spessore e planarità di piastre di quarzo e wafer di silicio.
- Profilo e rugosità della carta e della plastica.
- Profilo e spessore serigrafie e riporti di materiale sul vetro.
- Altezza della pasta saldante di circuiti stampati.
- Rugosità, profilo e spessore sui CD.
- Misure dimensionali degli elementi nucleari.
- Controllo di qualità bombatura e spuntatura di denti di ingranaggi.
- Controllo qualità di profilati in PVC, alluminio, ecc.
- Ricostruzione 3D di protesi dentarie, bassorilievi, monete antiche, reperti archeologici, ecc.
- Controllo qualità cordoni di saldatura.
- Controllo qualità diametri di sezioni tubolari.
- Rugosità superficiale di manufatti per opere murarie.
- Misure di diametri e ovalizzazioni di fori.
- Misurazioni di planarità.
- Misurazioni degli spessori di materiali semitrasparenti.
- Reverse Engineering.
- Misure di eccentricità e usura di ingranaggi.
- Misure di precisione della quota Z per impianti Laser di potenza da incisione.
- Profilometria in scienza dei materiali, biologia e dermatologia
- Controllo profili di lame da taglio.

## Principio di funzionamento della “Olografia Conoscopica”

L'olografia conoscopica venne introdotta nel 1985 al California Institute of Technology dal Prof. Gabriel Sirat e dal Prof. Demetri Psaltis. Come premesso, l'olografia conoscopica è una tecnica di misure tridimensionali non a contatto che rende possibile produrre ologrammi. In sintesi è una semplice implementazione di un particolare processo di interferenza di luce polarizzata che usa un cristallo birfrangente.

Bisogna fare una distinzione e cioè che:

nell'olografia ordinaria, ogni punto dell'oggetto è registrato interferometricamente come una lastra a zone di Fresnel in cui, il disegno d'interferenza è formato tra il raggio dell'oggetto e quello di riferimento usando una sorgente di luce coerente. I raggi d'oggetto e di riferimento si propagano con la stessa velocità, ma seguono differenti percorsi geometrici.

Nell'olografia conoscopica invece, il raggio proveniente dall'oggetto e quello di riferimento sono sostituiti dalle componenti ordinaria e straordinaria di un singolo raggio che si propaga in un mezzo birfrangente; comunque hanno circa lo stesso percorso geometrico, ma differenti velocità. I due raggi sono naturalmente coerenti l'uno con l'altro e quindi la tecnica permette di costruire ologrammi anche con luce non coerente.

L'olografia conoscopica presenta notevoli vantaggi su quella classica se l'area interessata è spazialmente limitata (un punto singolare, un set di punti discreto od una linea continua). Qui di seguito ne citiamo qualcuno:

- Ha una maggiore stabilità rispetto all'olografia classica, in quanto i percorsi di entrambe le onde sono quasi gli stessi.
- Ha una distanza delle interfrange aggiustabile alla comune risoluzione di un CCD, facilitando estremamente l'interfaccia con un sistema che preveda un computer.
- Ha la possibilità di usare luce quasi-monocromatica non coerente spazialmente a causa della piccola differenza di fase che s'introduce.

Vediamo la configurazione base di un ologramma conoscopico. Come mostrato in figura, nel riquadro in basso a sinistra, i raggi ordinario e straordinario viaggiano lungo diversi percorsi.

È richiesta coerenza di polarizzazione, per questo si inseriscono due polarizzatori circolari ad ognuno dei capi del cristallo.

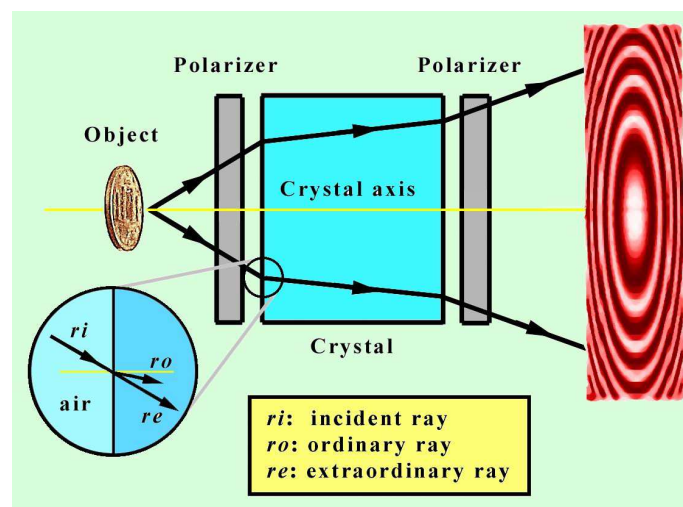


Foto n.02

Schema di Principio di Funzionamento del Conoprobe.

Considerato separatamente qualsiasi punto di un oggetto, questo emette (o diffonde o riflette) luce incoerente, non polarizzata, quasi monocromatica.

Il raggio di luce che consideriamo emergere da questo punto, passa attraverso un polarizzatore circolare e genera due polarizzazioni ortogonali, una che abbia inoltre un ritardo di fase relativa di un quarto di lunghezza d'onda. I due raggi si propagano attraverso un cristallo uniassiale, lungo lo stesso percorso geometrico (in una approssimazione del primo ordine) uno nel modo ordinario, uno nel modo straordinario, ma entrambi con differenti velocità della luce dovuta a differenti indici di rifrazione. L'indice di rifrazione dell'onda ordinaria è costante, mentre l'indice di rifrazione dell'onda straordinaria - e così il ritardo di fase tra le due onde - risulta dipendente dalla direzione del raggio relativamente all'asse ottico del cristallo. Questi due raggi sono riportati alla polarizzazione precedente da un secondo polarizzatore circolare posto all'uscita del cristallo e così interferiscono.

L'interferenza è costruttiva o distruttiva in dipendenza del ritardo di fase tra onda ordinaria e straordinaria. Il secondo polarizzatore circolare inoltre compensa anche il ritardo di fase iniziale di un quarto di lunghezza d'onda.

Nel piano o lastra di registrazione, ogni punto sarà colpito dalla luce proveniente da ciascun punto dell'oggetto da misurare con un differente angolo. La relazione tra la posizione del punto di registrazione e le variabili angolari del raggio sono date da ben note relazione geometrico-ottiche.

Poi registriamo, ad ogni punto nella lastra di registrazione, un pattern di luce risultante dall'interferenza tra il raggio ordinario e straordinario. Questa distribuzione spaziale è conosciuta come figura conoscopica elementare che è anche chiamata, in questo contesto, funzione della distesa di punti conoscopica. La sua forma è una funzione della posizione del punto che emette relativamente al piano di registrazione ed è funzione della direzione dell'asse ottico del cristallo uniassiale relativamente alla direzione dell'asse geometrico del sistema.

In particolare, nella conoscopia in asse, l'asse ottico del cristallo è parallelo all'asse geometrico del sistema e, in questo caso, la funzione della distesa di punti conoscopica è la familiare lastra a zone di Fresnel.

La conoscopia in asse è detta positiva se i due polarizzatori sono nella stessa posizione, negativa se risultano ruotati uno rispetto all'altro.

L'ologramma conoscopico, è la sovrapposizione delle figure conoscopiche elementari per ogni punto dell'oggetto e contiene informazioni complete sulla distribuzione spaziale del medesimo<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Nel nostro caso, "l'oggetto" è rappresentato dalla topografia del tessuto cartaceo, ivi compresa la profondità dei solchi generati da una penna, i "dossi" di caratteri in stampa a base di Toner (il rilascio di micro particelle carboniose sulla carta che risultano in rilievo), le "asperità/infossamenti: zone abrasi, micro piegature, solchi ciechi, ecc.

## Struttura del sistema di scansione 3D utilizzato per l'analisi dei grafismi su tessuto cartaceo.

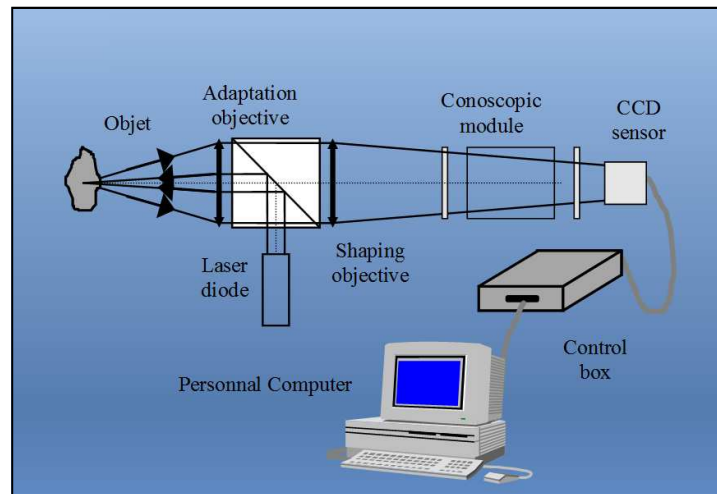


Foto n.03

Configurazione base del sistema 3D operante in olografia conoscopica.

Come rappresentato nello schema in figura, l'apparato è costituito da:

- Un diodo laser utilizzato come sorgente di luce quasi-monocromatica. La luce emessa dal diodo urta in un divisore di fascio cubico (beam-splitter);
- Un modulo conoscopico come descritto in precedenza;
- Un box di controllo digitale. Questo box di controllo conta le frange che sono scoperte e proiettate dall'area sensibile di un rilevatore CCD. In aggiunta, esegue tutti i processi digitali richiesti e dà in uscita l'informazione sulla distanza;
- Una tavola micrometrica motorizzata  $x - y$ .
- Un Computer che controlla tutto il processo di scansione 3D, inclusi i due assi motorizzati.
- Un Kit di moduli software sia per il trattamento numerico della nuvola di punti che per la successiva elaborazione e rappresentazione in 3D della medesima<sup>4</sup>.

## Creazione della geometria tridimensionale punto per punto e creazione delle superfici

Per eseguire la scansione dei grafismi di interesse, occorre inizialmente settare i parametri relativi all'area sul tessuto cartaceo, sul quale sono presenti i medesimi.

Dobbiamo quindi fissare l'estensione del campo rispetto all'asse X e rispetto all'asse Y. Oltre a questo va parametrizzato anche il numero di micron/step su entrambi gli assi motorizzati.

A scansione ultimata, l'apparecchiatura memorizza tutti i punti acquisiti, di cui ognuno è formato dalla terna delle coordinate nello spazio X, Y e Z.

Ovviamente il tempo di scansione sarà strettamente correlato alla definizione della nuvola (numero) di punti desiderata.

<sup>4</sup> Per le rappresentazioni delle elaborazioni 3D in assonometria è stato utilizzato l'applicativo Mountain Map, prodotto dalla Digital Surf ([www.digitalsurf.fr](http://www.digitalsurf.fr))

**Il Sensore  
Conoscopico in  
azione.**



Foto n.04

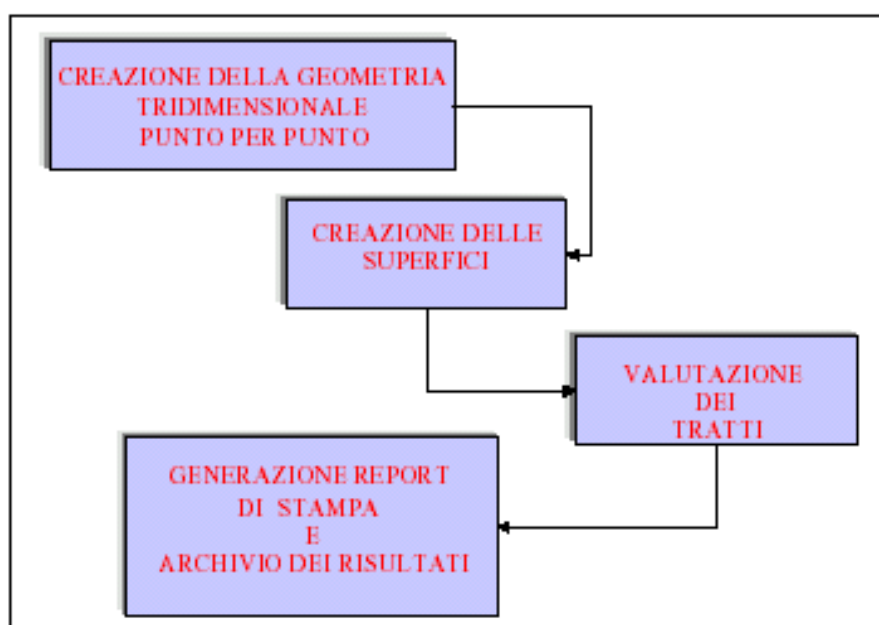


Foto n.05

Operazioni da seguire per l'analisi in 3D dei grafismi

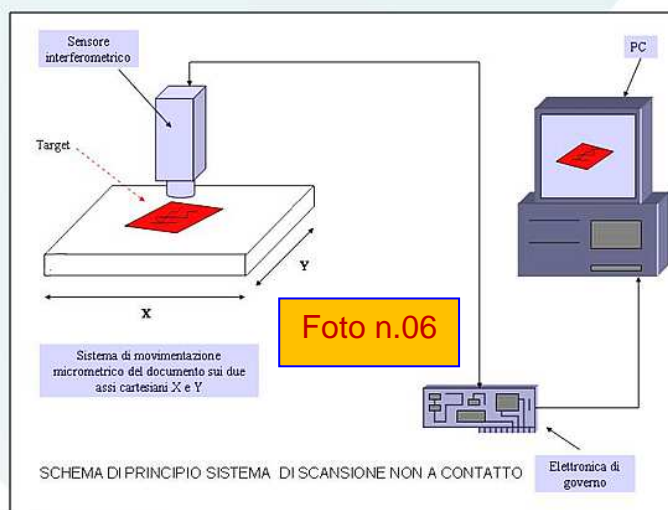
### **La comparazione in 3D di manoscritture**

La prima applicazione della profilometria Laser, in ambito grafologico peritale e quindi nell'analisi dei documenti in verifica, è stata quella dedicata al rilevamento dell'ordine di apposizione di grafismi omogenei sovrapposti.

Non necessariamente questi grafismi devono essere manoscritti, ma possono anche interessare dattiloscritti, documenti stampati con diversi strumenti meccanici, sovrapposizione con timbri ed altro ancora, come nel caso di incroci tra tratti eterogenei.

# In cosa si differenzia la metodica interferenziale dalle altre tecniche

Rileva anche la terza dimensione, relativa ai bassorilievi presenti sul documento restituendo una mappa tridimensionale del tessuto cartaceo



La metodologia utilizzata<sup>5</sup> (attualmente meglio conosciuta come **“metodica interferenziale”**) si basa sul seguente principio fisico: la penna che scrive su di un foglio vergine, per effetto della pressione esercitata dalla mano dello scrittore, deforma il foglio creando un solco.

Il tratto successivo lascia anch'esso una depressione sul foglio, ed in prossimità dell'incidenza con il primo la penna deforma ulteriormente il documento. La deformazione in questo punto non solo accentua il solco già precedentemente apposto, ma crea all'interno del medesimo delle "creste", per cui il primo solco appare "interrotto" dal passaggio del secondo.

Per sfruttare tale principio fisico occorre analizzare le informazioni tridimensionali del foglio in prossimità di un incrocio tra i tratti.

<sup>5</sup> Validazione da un punto di vista scientifico del metodo a seguito della pubblicazione di una tesi dal titolo **“Micro-profilometria 3D per l'individuazione della sequenza di sovrapposizione di tratti manoscritti”** pubblicata nel Dicembre 2003 dall'Università di Roma Tre (Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, relatore: Prof.G.Spagnolo Schirripa, candidato Flavio Marini)

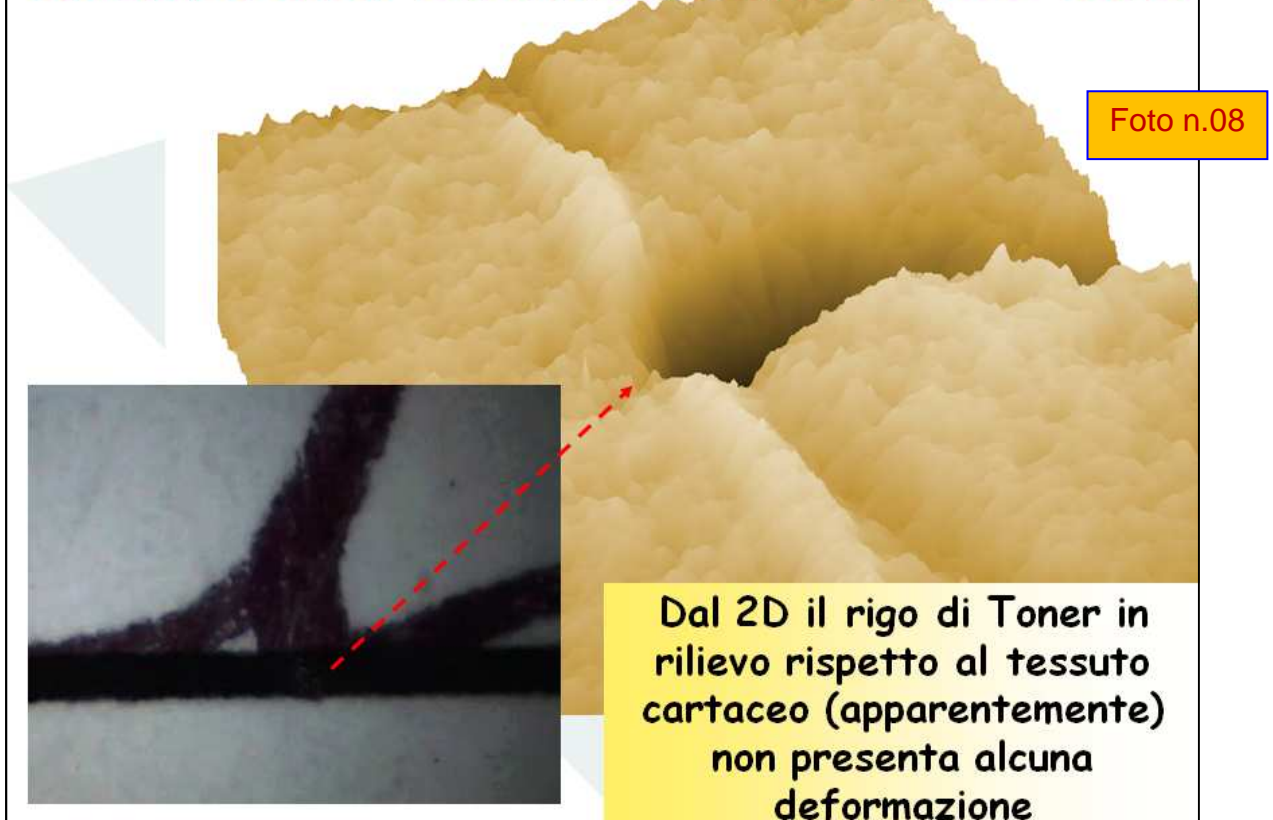
Vedi Pubblicazione dal titolo **“La sovrapposizione dei tratti e il sistema Grafiscan 3D”** (Francesco Dellavalle) sulla rivista *Scrittura* n.126 - Aprile/Giugno 2003 e la successiva presentazione del metodo al Workshop di Pesaro di Agosto 2003, coordinato dal Prof.Pacifico Cristofanelli.

Vedi anche: Pubblicazione dal titolo **“Scansioni tridimensionali”** (Francesco Dellavalle) Valutazione della sovrapposizione dei tratti con scansioni tridimensionali non a contatto, apparsa sul numero di Aprile 2004 della rivista *Graphicus*.

## La Differenza tra una informazione 2D e 3D



## La Differenza tra una informazione 2D e 3D



## I principali vantaggi della metodica interferenziale

- Indipendente dallo strumento scrittorio
- Indipendente dal tipo di carta
- Indipendente dal colore dell'inchiostro
- **Tecnica non a contatto, non distruttiva e ripetibile all'infinito (utilizzando la medesima apparecchiatura)**

Foto n.09

Oltre che per la verifica della sovrapposizione di tratti manoscritti sovrapposti, il metodo viene altresì utilizzato per **evidenziare la dinamica e le caratteristiche (misura diretta della pressione ed individuazione diretta dei tratti) di due scritti a confronto<sup>6</sup> (firme, testamenti, lettere anonime...)** sulla cui provenienza (o non provenienza) da una medesima mano è chiamato a pronunciarsi il Perito grafico.

Per stabilire la identità o la non identità di mano di due scritti il lavoro di analisi e di confronto verte non tanto e non solo sugli aspetti morfologici, ma soprattutto su quelli "dinamici" e pressori, legati cioè al movimento profondo e spontaneo della mano. E' noto che è possibile stabilire l'autografia o l'eterografia di due scritti in quanto anche in situazioni di imitazione e di dissimulazione rimangono alcuni movimenti automatizzati, individualizzabili e incontrollabili.

Alcuni di questi aspetti possono rimanere costanti nonostante i cambiamenti cui va incontro la scrittura personale per le più svariate cause come l'età e/o le malattie più o meno invalidanti.

La microprofilometria Laser, rilevando e registrando anche la terza dimensione della scrittura, apporta nuove informazioni che coadiuvano il grafologo forense nell'interpretazione della dinamica della scrittura.

Bisogna infatti considerare che quando si tenta di copiare un manoscritto si ha a disposizione solo la vista 2D (il disegno) della scrittura. Non si hanno informazioni sulla struttura 3D della scritta (modulazione della pressione durante la scrittura, dinamica dei tratti, ecc.) Pertanto **l'eventuale scrittura apocrifia può essere imitata in modo eccellente dal punto di vista grafico, ma non può essere imitata nelle sue caratteristiche 3D.**

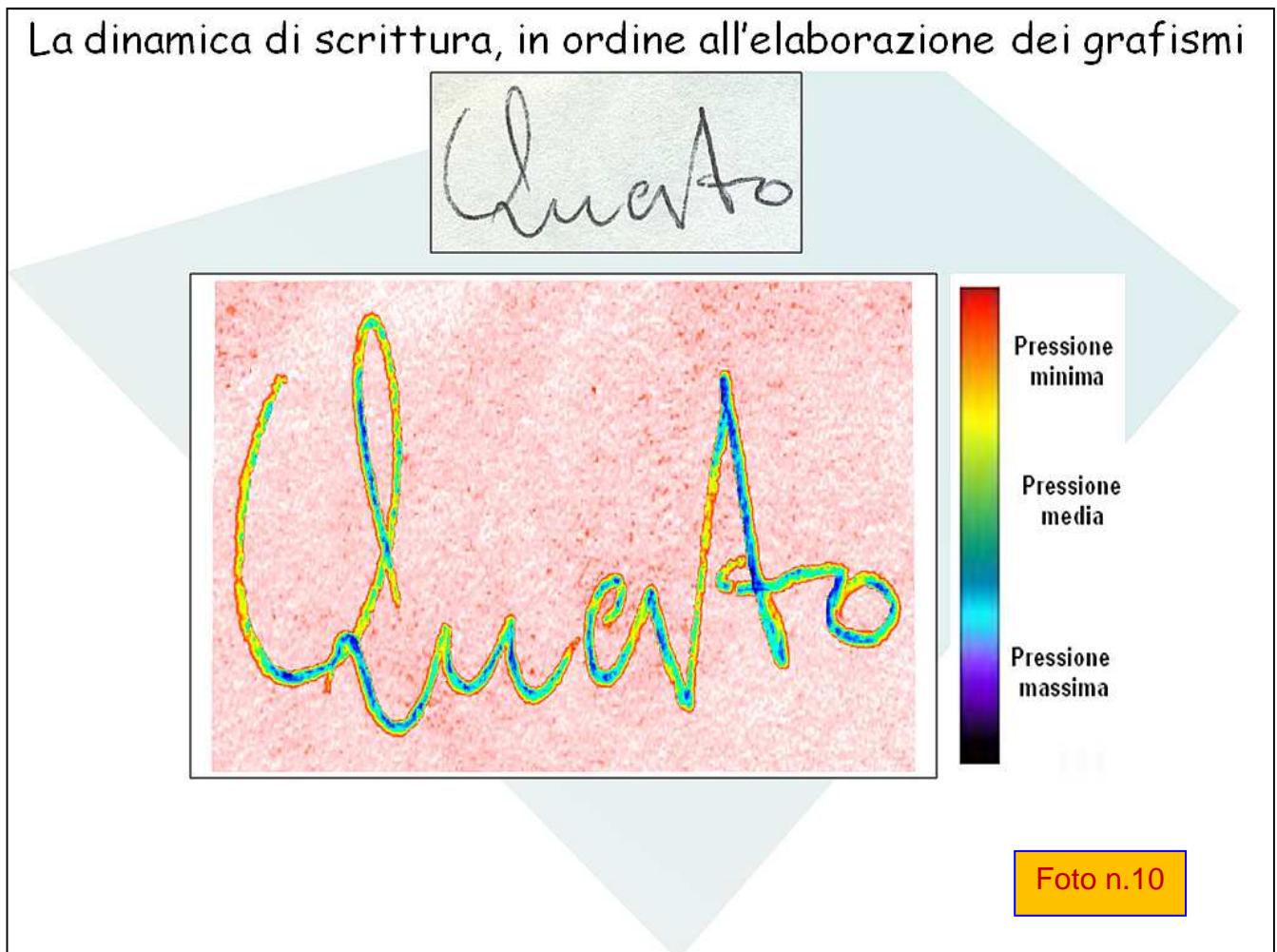
In altre parole lo studio legato alla "dinamica della scrittura" agevola l'analisi del gesto grafico dello scrivente che, pur potendo scrivere sempre in modo diverso, conserva comunque uno "stile" che contraddistingue la sua grafia<sup>7</sup>: infatti chi cercasse di falsificare lo scritto, imitandolo anche nella maniera migliore, si troverebbe di fronte ad una comparazione di "stili grafici" che non ingannerebbe nessun perito scrupoloso, in possesso di questi dati ricavabili da una analisi micrometrica in 3D della grafia in verifica<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> Vedi n.2/2004 di Scienze Umane & Grafologia a pagg.106 e 107 dal titolo *Analisi dei Tratti Sovrapposti tramite Microprofilometria ed Elaborazione digitale delle Immagini.* (Giuseppe Schirripa Spagnolo, Francesco Dellavalle, Pacifico Cristofanelli).

<sup>7</sup> Ovviamente la grafia di una persona può variare con il passare degli anni, oppure anche qualora subentrino delle malattie più o meno invalidanti.

<sup>8</sup> Analizzando le incisioni lasciate sulla carta nella scrittura di un manoscritto, si può determinare se durante la scrittura (o durante due scritture successive) sia stato cambiato il supporto sottostante il foglio. E' possibile per esempio verificare se due scritte sono state effettuate, sullo stesso foglio, dalla stessa persona,

## La dinamica di scrittura, in ordine all'elaborazione dei grafismi

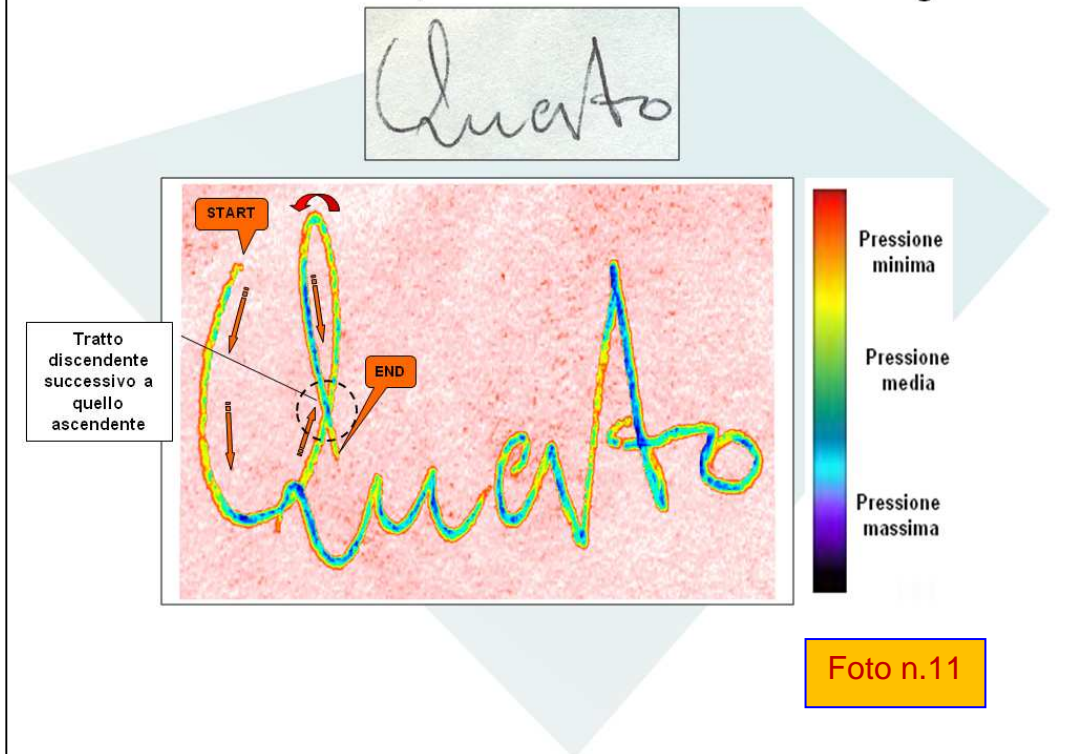


Nella Slide sopra riportata, possiamo osservare una manoscrittura in bidimensionale (la fotografia in alto) e la risultante della scansione tridimensionale della medesima (nella Slide in basso). Mediante la trasformazione della informazione 3D in falsi livelli di colore, possiamo evidenziare con le medesime tonalità le grandezze con uguale misura, conseguentemente si può facilmente dedurre quanto segue:

- I punti del tracciato manoscritto che presentano una tonalità blu scuro / verde sono quelli in cui è stata esercitata una maggiore pressione dalla penna.
- I punti del tracciato manoscritto che presentano una tonalità rosso / giallo sono quelli in cui è stata esercitata una minore pressione dalla penna per vergare i medesimi.

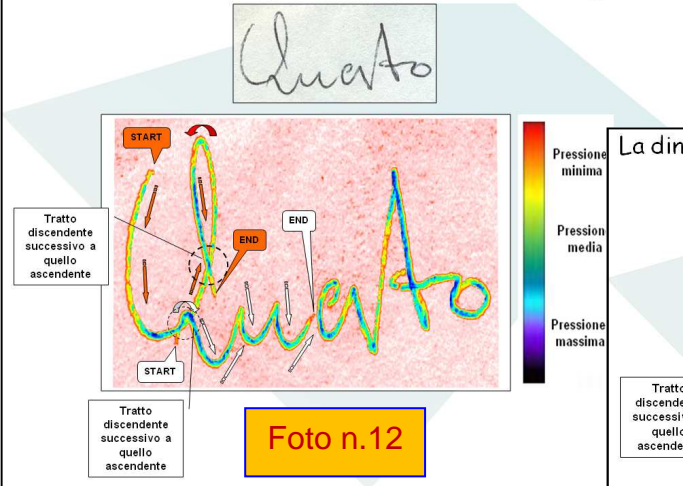
*utilizzando la stessa penna e la stessa pressione. Se la prima è stata effettuata appoggiando il foglio su una superficie dura (per esempio il piano in formica di un tavolo) e la seconda su uno scrittoio in pelle, si noterà come la scritta effettuata appoggiando il foglio sullo scrittoio è molto più marcata. Tale marcatura viene evidenziata dalla maggior "visibilità" delle rugosità della carta. Nella prima scritta invece, i solchi sono molto meno profondi e il metodo consente di verificare giusto appunto tali differenze di rugosità. Tale metodo può essere impiegato qualora sia possibile comparare più solchi (del medesimo tipo e anche se realizzati con il medesimo strumento scrittore) presenti sul documento in esame.*

La dinamica di scrittura, in ordine all'elaborazione dei grafismi

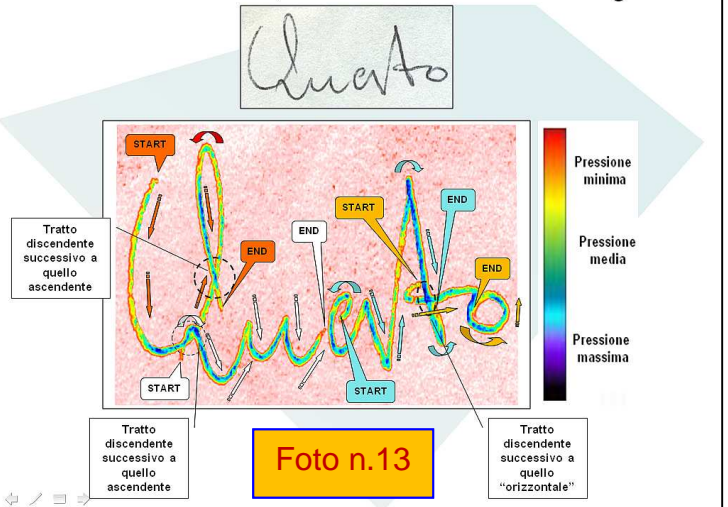


Se osserviamo i punti in cui sono presenti delle intersezioni, possiamo facilmente dedurre la sequenza appositiva e, conseguentemente, la dinamica della scrittura in ordine all'elaborazione di tutto il tracciato manoscritto.

La dinamica di scrittura, in ordine all'elaborazione dei grafismi



La dinamica di scrittura, in ordine all'elaborazione dei grafismi



Proseguendo nella analisi tridimensionale delle restanti intersezioni, è possibile oggettivare, da un punto di vista metrologico, che la scritta "questo" è stata vergata partendo da Sx verso Dx.

Osserviamo questo ulteriore esempio: una lettera “t” manoscritta. La domanda alla quale dobbiamo cercare di rispondere è la seguente:

**è stata vergata prima l’asta e poi il taglio, o viceversa?**



Foto n.14

Foto della lettera “t”  
ripresa da stereo  
microscopio.

**Nota:** Il grafismo è stato vergato utilizzando la medesima penna, di colore nero. La informazione ottenuta dal microscopio non è in grado di darci un responso oggettivo, riguardo all’ordine cronologico di apposizione tra l’asta e il taglio della lettera “t”.



La Slide sopra riportata rappresenta la nuvola di punti della scansione 3D in assonometria.

Dalla figura (in toni di marroncino) possiamo dedurre quanto segue:

La manoscrittura presenta una modulazione pressoria relativamente costante.

La prima conclusione (da un punto di vista metrologico) è la seguente: il grafismo è perfettamente misurabile e conseguentemente interpretabile, al fine di risalire all’ordine di apposizione tra l’asta e il taglio della “t” sul tessuto cartaceo.

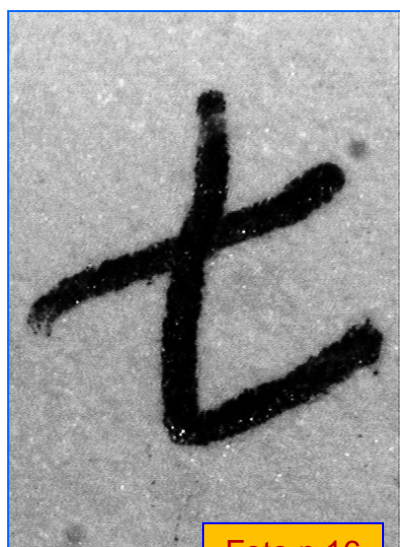


Foto n.16

Foto della lettera "t" ripresa da stereo microscopio.

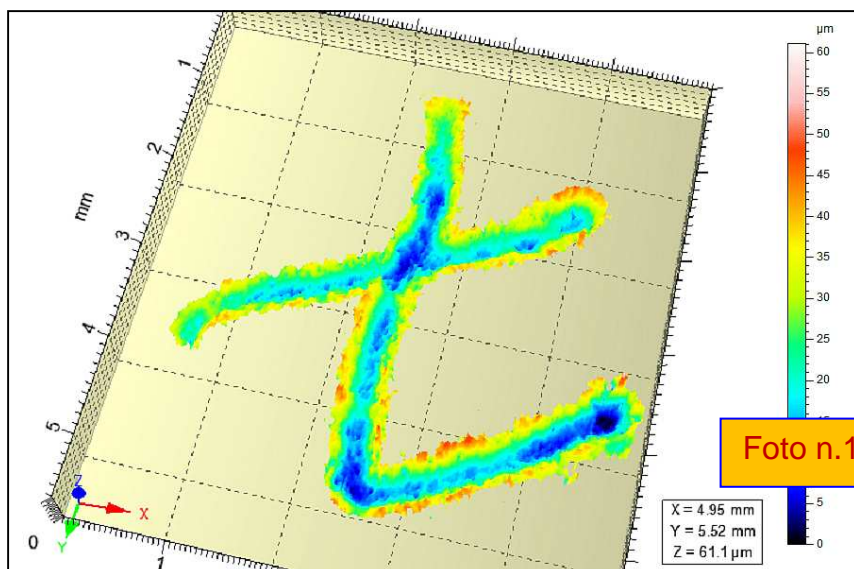


Foto n.17

Per mettere in risalto i grafismi sono state sfruttate le potenzialità fornite dal software di analisi del sistema. In altre parole è stata isolata la superficie dei solchi dei tratti dal resto della superficie cartacea. In questo modo si evidenziano in dettaglio, solo le superfici interessate all'esame.

In questa seconda, Slide, viene riproposta la medesima nuvola di punti della "t", isolata dal tessuto cartaceo e in pseudo-colori. Questi ci consentono di evidenziare con più facilità (con la medesima tonalità) le grandezze con uguale misura e conseguentemente. Ora è possibile chiaramente osservare quali i sono i punti in cui i solchi sono più profondi.

Possiamo anche ingrandire maggiormente il punto interessato tramite l'analisi in pseudo-colori ed anche ruotare leggermente l'immagine per visualizzare la intersezione in tridimensionale da un altro angolo di visuale.

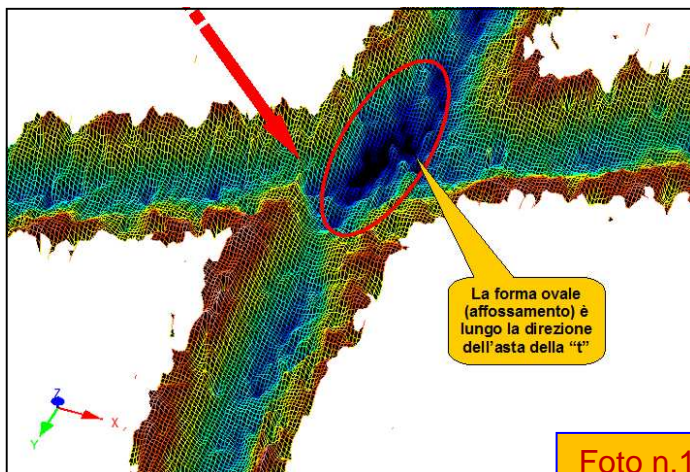


Foto n.18

**Nota:** Nel punto di intersezione sono chiaramente visibili due "peculiarità"<sup>9</sup> che ci consentono di poter inequivocabilmente stabilire che l'asta è stata sicuramente vergata successivamente al taglio della "t".

Lo si evince, sia dall'infossamento del solco (vedi all'interno dell'area cerchiata in rosso) lungo il solco dell'asta, sia per la presenza di una leggera "cresta" nel punto indicato dalla

<sup>9</sup> Per ulteriori dettagli sulla tecnica, vedi anche: Dellavalle Francesco "L'applicazione della tridimensionalità per l'analisi e la rappresentazione dei grafismi sovrapposti" - Stilus Anno III n.5 e n.6 (Marzo – Giugno 2008).

freccia. In pratica, il tracciato verticale ostruisce (generando una cresta), con il proprio passaggio, quello orizzontale (rappresentato dal taglio della "t").

Abbiamo volutamente presentato questi semplici esempi per fare comprendere al lettore aiutandoci con le immagini, l'approccio tecnico/strumentale sul quale è basato lo studio; non solo dell'ordine cronologico di apposizione (in un incrocio tra due grafismi), ma anche del quantum pressorio esercitato per vergare lo scritto lungo tutto il proprio percorso, come vedremo più in dettaglio nel successivo esempio sotto riportato.

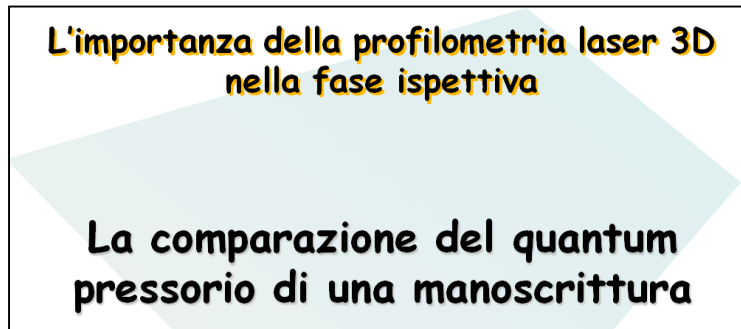


Foto n.19

Per meglio descrivere le potenzialità offerte dalla metodica interferenziale per analizzare anche il quantum pressorio di tracciati di grafismi messi in comparazione, abbiamo eseguito un test mediante una firma apposta sul tessuto cartaceo con un normografo, realizzato mediante un pantografo.

In pratica il test era teso ad accertare se mediante la metodica interferenziale era possibile verificare se alcune (apparenti analoghe) sottoscrizioni erano state vergate o meno dalla medesima mano.

La tecnica è consistita nell'esaminare il quantum pressorio delle sottoscrizioni, confrontando le risultanze sia da un punto di vista morfologico, sia da un punto di vista della "media delle profondità dei solchi".

Il test è stato denominato **Test dei "quattro Guido"**.

### **Descrizione del test dei "quattro Guido".**

La procedura impiegata è stata la seguente:

Sono state fatte vergare su un comune foglio, tipo uso fotocopia, quattro firme di Guido. Tre di queste sono state ritagliate e fissate, ravvicinandole tra loro, su un secondo foglio di carta. Al contrario la firma restante è stata dapprima clonata "normografandola" su una barretta metallica di rame, mediante l'impiego di un pantografo motorizzato asservito da un Computer.

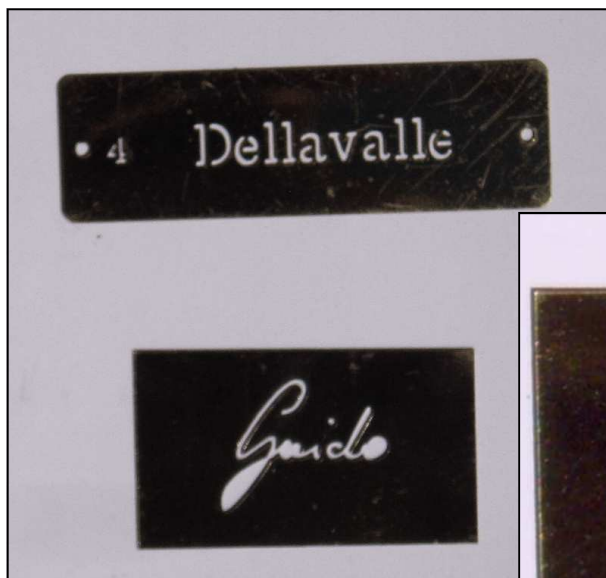


Foto n.20

Foto n.21



Come risultato finale, abbiamo ottenuto una barretta in cui al posto del grafismo era presente una fessura di luce<sup>10</sup>, attraverso la quale è stato possibile far scorrere la punta (fine) di una penna per scrivere.

Infine la barretta metallica è stata appoggiata su fogli bianchi, al fine di replicare la “firma” di cui sopra più volte, fino a ottenere in una di queste un risultato “apprezzabile”.

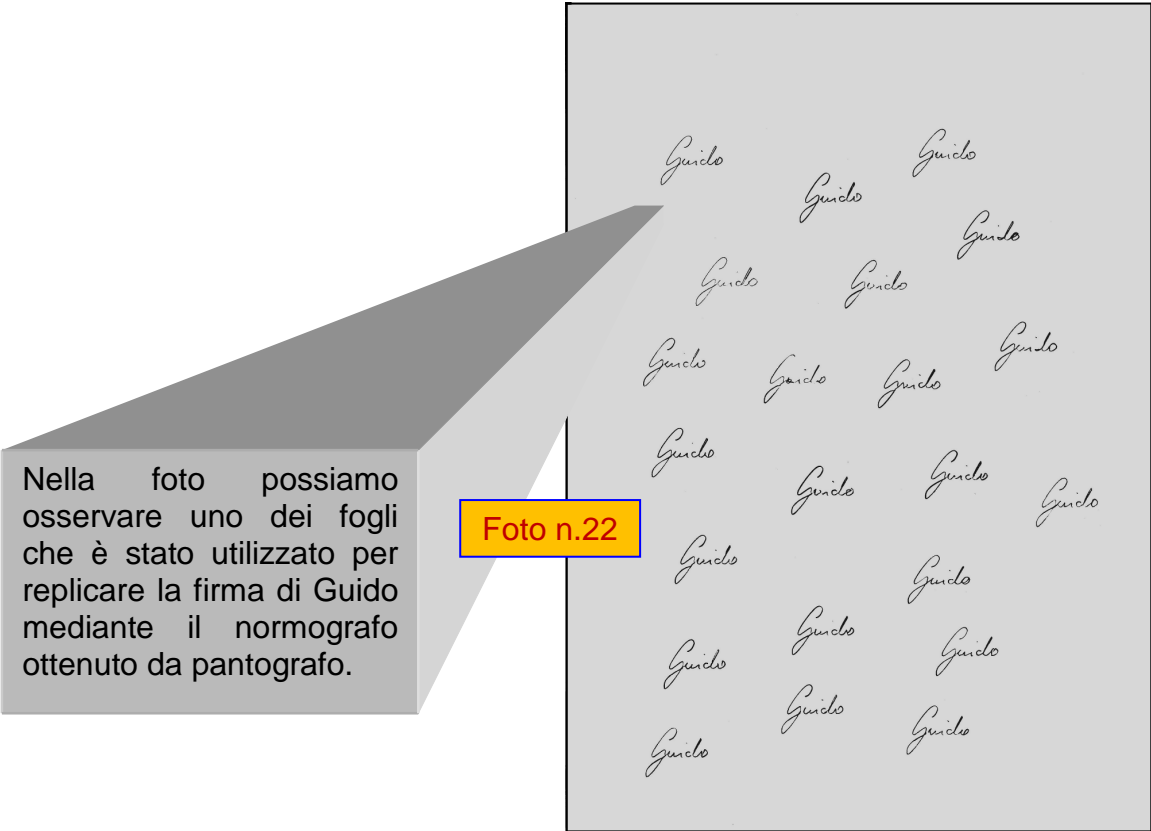


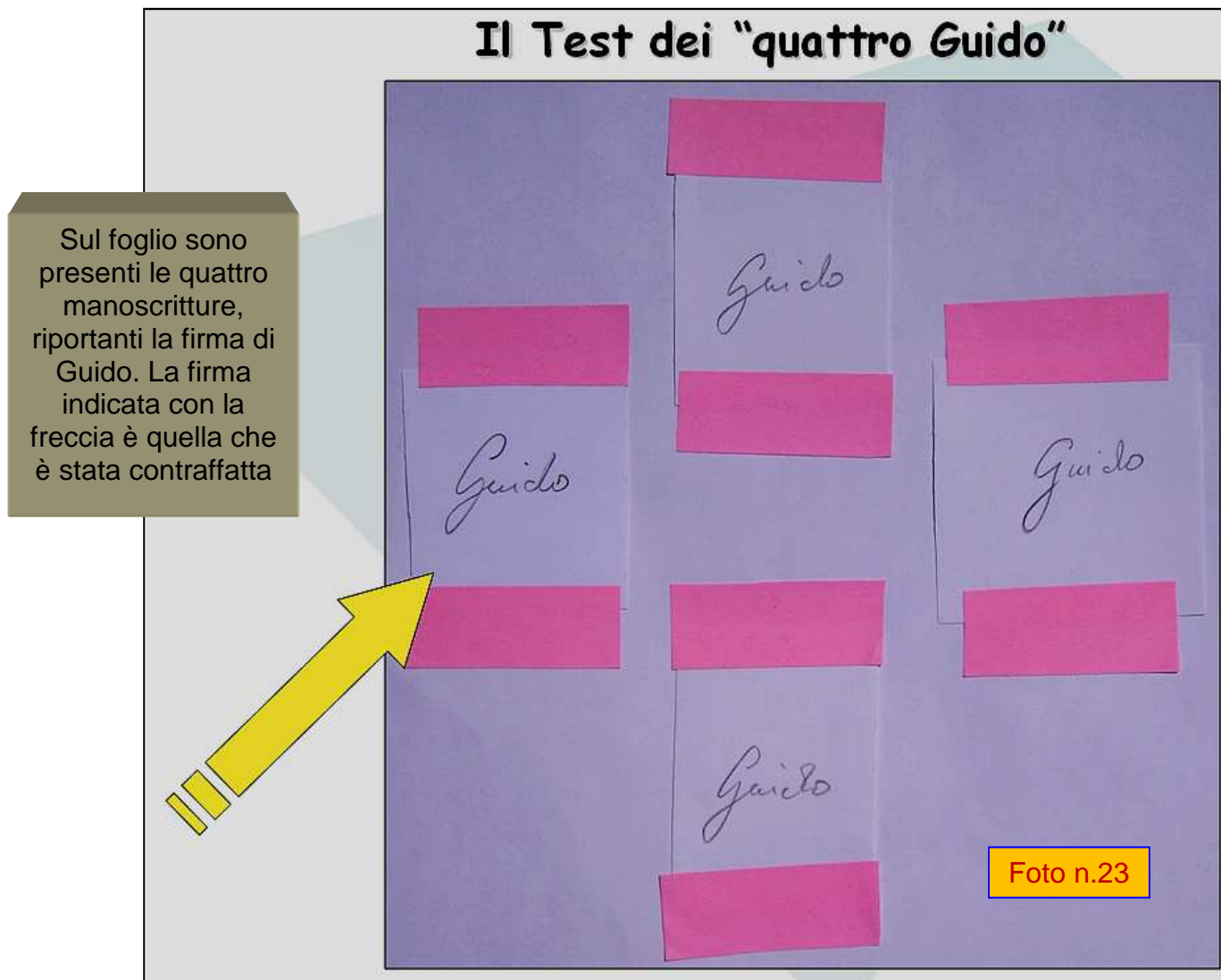
Foto n.22

Nella foto possiamo osservare uno dei fogli che è stato utilizzato per replicare la firma di Guido mediante il normografo ottenuto da pantografo.

<sup>10</sup> Analogamente alle targhette metalliche presenti sui citofoni in uno stabile.

Occorre inoltre precisare che prima di eseguire la “clonazione” della firma, quella in originale è stata analizzata a basso/medio ingrandimento mediante uno stereo microscopio, al fine di valutare (e cercare di “copiare”) anche il quantum pressorio esercitato da Guido per vergare la stessa.

L’ultima operazione è stata quella di ritagliare la “quarta firma mancante” (quella clonata), fissandola sul foglio A/4 a fianco delle tre firme olografe già presenti sul foglio stesso come rappresentato in immagine (vedi foto denominata *Il Test dei “quattro Guido”*).



Sul foglio sono presenti le quattro manoscritte, riportanti la firma di Guido. La firma indicata con la freccia è quella che è stata contraffatta

Successivamente le firme sono state acquisite in 3D, eseguendo quattro scansioni distinte. La comparazione è avvenuta adottando (per ognuna di esse) la seguente procedura:

**Livellamento:** la nuvola di punti è stata livellata e ripulita dai punti che presentavano un livello troppo basso di qualità di lettura (segnale di risposta dell’interferometro Laser).

**Rappresentazione in 3D:** sotto forma di “immagini” delle nuvole di punti in assonometria, sia in falsi livelli di colore, sia in toni di marroncino.

**Misurazione dell’andamento delle profondità dei grafismi:** mediante opportuno algoritmo software, sono state meglio evidenziate (sia in falsi livelli di colore, sia in toni di grigio, marroncino, ecc) le aree con maggiore/minore profondità all’interno dei solchi delle manoscritte.

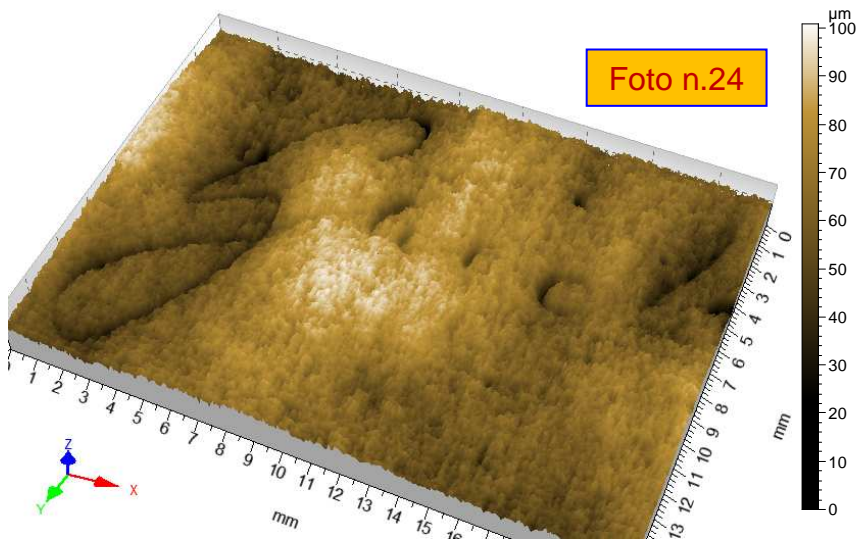


Foto n.24

Esempio di rappresentazione in assonometria di una delle 4 firme scannerizzate

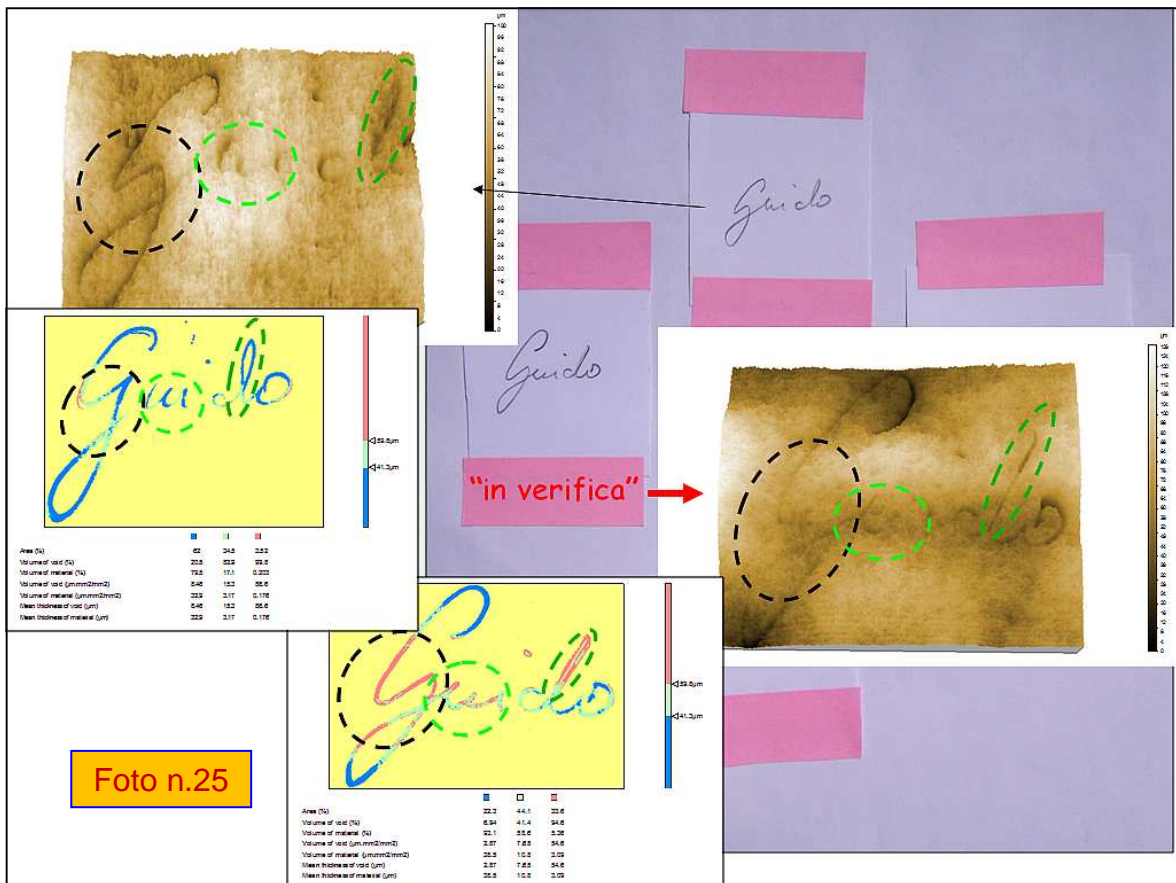


Foto n.25

Nella Slide sopra riportata possiamo osservare la nuvola di punti della scansione 3D in assonometria in toni di marroncino (e in falsi livelli di colore dei soli grafismi senza il tessuto cartaceo) tra la firma "in verifica" rispetto a una delle tre autografe.

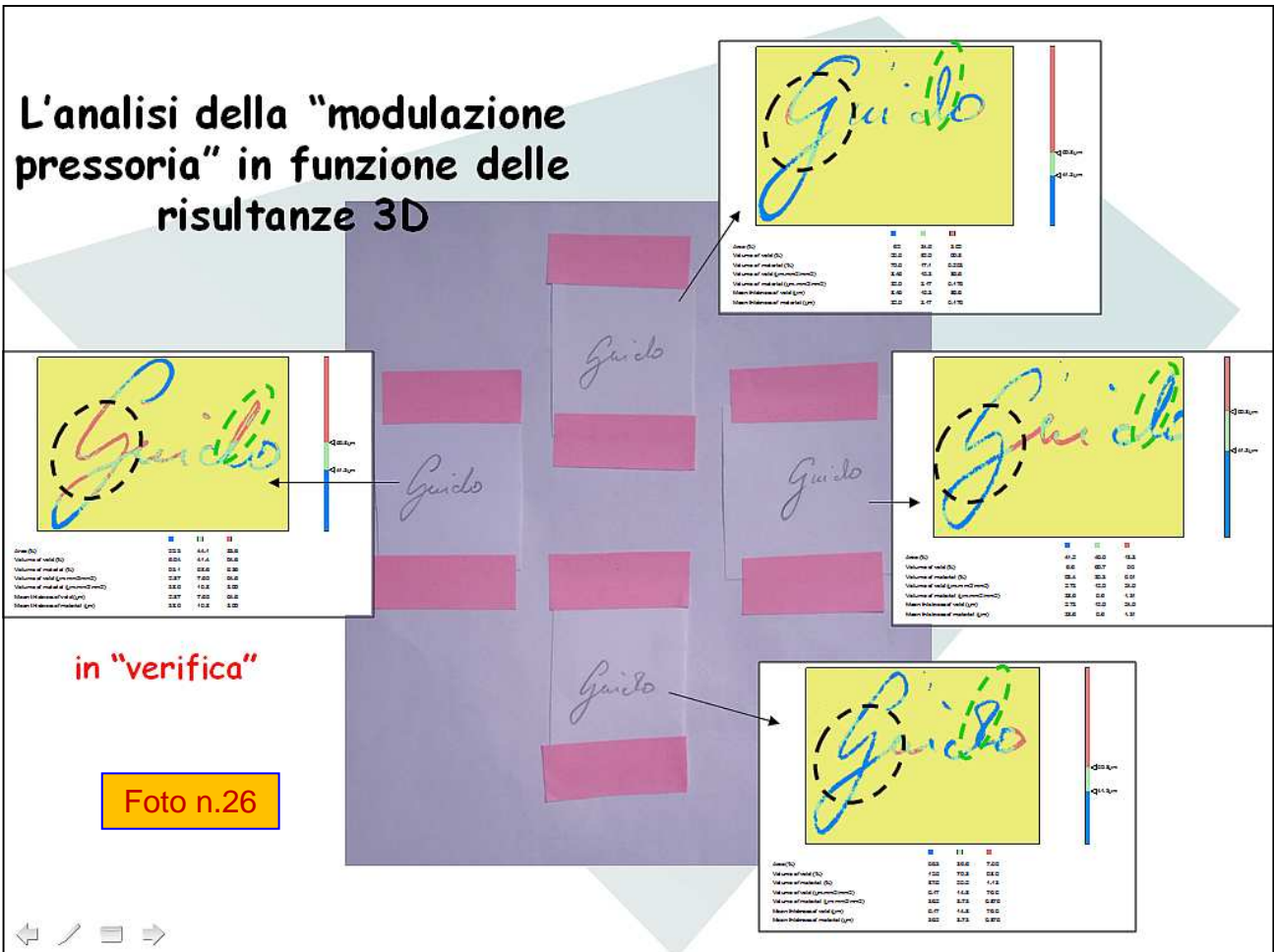
Ricordando che la rappresentazione in pseudo-colori evidenzia con la medesima tonalità le grandezze con uguale misura, si può facilmente dedurre quanto segue:

all'interno delle aree ovali tratteggiate, la firma autografa presenta un quantum pressorio più marcato rispetto a quella clonata.

Al contrario nella Slide successiva vengono messe a confronto tutte quattro le firme e,

come possiamo chiaramente osservare, le risultanze sono analoghe a quelle sopra menzionate:

La firma realizzata con il normografo (**all'interno delle aree ovali tratteggiate**) è stata vergata con una pressione più leggera, rispetto alle medesime aree messe in comparazione nelle restanti tre firme olografe.



## Conclusioni:

I dati metrologici emersi dalla microprofilometria Laser 3D, hanno consentito di verificare l'esistenza di una differente "dinamica di scrittura" tra la firma contraffatta (realizzata con il normografo) rispetto alle tre firme comparative autografe.

I casi reali già affrontati (per individuare e oggettivare strumentalmente, che una sottoscrizione, ecc. è stata oggetto di falsificazione) hanno confermato che questa nuova metodica dimostra una ulteriore potenziale prospettiva di impiego del 3D in ambito grafologico peritale.

Tuttavia, nonostante gli eccellenti risultati ottenuti, e' opportuno sottolineare che **la tecnica descritta è comunque solo di ausilio per l'esperto grafologo giudiziario**; in quanto spetterà solamente a quest'ultimo fare proprie le risultanze scaturite dall'analisi metrologica, collegandole con le proprie e indispensabili competenze in ambito peritale.

### **Alcuni riferimenti bibliografici:**

- Spigo R., Atti del Convegno "I settori della perizia grafica" Roma 5-7 Novembre 1992 pagg.51-75
- Vettorazzo G. - Candeo G., "Metodi grafoscopici per il miglioramento percettivo dei reperti, la differenziazione degli inchiostri, l'identificazione della cronologia dei tratti", Tesi di Diploma Università degli studi di Urbino a.a.1993-1994.
- Poulin G., Establishing the sequence of strokes: the state of the art, Int. J. Forensic Doc. Examiners, 2 , pp. 16–32 (1996).
- Cristofanelli P, (1997) La percezione del rilievo nelle immagini bidimensionali, Scrittura, 101, pp 37-43.
- Sirat G.Y. Conoscopic Holography Application: Multipurpose Rangefinders. Dcdo/Doc/1103A97/Oddimap

### **Alcune delle Pubblicazioni in cui viene descritta la metodica interferenziale:**

- F.Dellavalle, La sovrapposizione dei tratti e il sistema Grafiscan 3D, rivista Scrittura n.126 (Luglio 2003)
- F.Dellavalle Articolo redazionale sulla rivista Graphicus (Aprile 2004)
- G.S.Schirripa, F.Dellavalle, P.Cristofanelli, Analisi di tratti manoscritti sovrapposti tramite microprofilometria ed elaborazione digitale delle immagini 1) la tecnica, 2) analisi della topografia della superficie cartacea e dei solchi della scrittura 3) possibili applicazioni della tecnica. rivista Scienze Umane & Grafologia (Anno XIII n.15, 2/2004)
- V.Ravizza Articolo sul quotidiano LA STAMPA (Febbraio 2005)
- F.Dellavalle redazionale sulla rivista argentina "Grafologia Argentina con El Mundo" dal titolo: Escanedado de Escrituras en 3D (n.3 -4 Giugno 2006)
- Atti del XXII Simposio sull'Analisi di Scrittura - Prof. Dr. Hab. Dr h.c. Zdzislaw Kegel presso la Cattedra di Criminalistica della Facoltà di Legge dell'Università di Wroclaw (Polonia - Giugno 2006) F.Dellavalle - La "Metodica Interferenziale" per l'analisi dei tratti sovrapposti omogenei / eterogenei (ulteriori ricerche e sviluppi)
- F.Dellavalle L'applicazione della tridimensionalità per l'analisi e la rappresentazione dei grafismi sovrapposti - Stilus Anno III n.5 e n.6 (Marzo – Giugno 2008)

### **Tesi di Laurea in cui viene descritta la metodica interferenziale:**

- Tesi dal titolo: "Micro-profilometria 3D per l'individuazione della sequenza di sovrapposizione di tratti manoscritti" (Flavio Marini, Anno accademico 2002-2003 Relatore Prof. Giuseppe S.Schirripa Fac.Ingegneria, Dip.to di Ingegneria Elettronica Università di Roma Tre)
- Tesi dal titolo: "Tecniche di rilevazione dei tratti sovrapposti. Il punto sulla questione" (Alessandro Capra, Anno accademico 2004-2005 Fac.di Scienze della Formazione, Università di Urbino)
- Tesi dal titolo: "Strumentazione utile per la grafologia forense" (Graziano Candeo, Anno accademico 2004-2005 Fac.di Scienze della Formazione, Università di Urbino)

### **Sitografia:**

- Gabriel Y SIRAT, Freddy PAZ, Gregory AGRONIK, Kalman WILNER (2005) Conoscopic Systems and Conoscopic Holography - OPTIMET Jerusalem <http://www.optimet.com/>
- Modulo s/w per le elaborazioni delle nuvole di punti [www.digitalsurf.fr](http://www.digitalsurf.fr)
- Sistema di scansione 3D [http://www.forinst.it/SM\\_01\\_3D.pdf](http://www.forinst.it/SM_01_3D.pdf)