

CAPITOLO 3

Esame e Confronto delle Impressioni di tipo meccanico ed elettronico

16

L'esame dei documenti realizzati al computer

WILLIAM J. FLYNN

Indice

16.1 Documenti realizzati con il computer ed esaminatori forensi

- 16.1.1 Valutazione preventiva
- 16.1.2 Procedure d'esame
 - 16.1.2.1 Originale o copia?
 - 16.1.2.2 E' possibile identificare la tecnologia di stampa?
 - 16.1.2.3 E' stata utilizzata più di una tecnologia per redigere il documento?
 - 16.1.2.4 Vi sono prove che una o più pagine siano state elaborate in modo

diverso dalle altre o che il testo sia stato alterato?

- 16.1.2.5 Ci sono prove che il testo sia stato modificato o siano state fatte delle aggiunte?
- 16.1.2.6 Sono presenti difetti evidenti (grossolani) nella stampa che possano consentire di identificare la macchina?

16.2 Descrizione e storia delle tecnologie

- 16.2.1 Stampanti mainframe: testine a tamburo e a catena
- 16.2.2 Stampanti per macchine da scrivere: a sfera e a margherita
- 16.2.3 Stampanti ad aghi
- 16.2.4 Tecnologia delle stampanti a getto d'inchiostro
- 16.2.5 Stampanti monocromatiche laser/LED
- 16.2.6 Stampanti laser a colori
- 16.2.7 Magnetografia
- 16.2.8 Stampanti a cera termica/a pigmenti
- 16.2.9 Stampanti a sublimazione di colore
- 16.2.10 Stampanti a carta termica
- 16.2.11 Stampanti ad inchiostro solido/a getto d'inchiostro
- 16.2.12 Stampanti ibride (Digital Offset)

16.3 Caratteristiche identificative dei processi di stampa

- 16.3.1 Stampanti mainframe
- 16.3.2 Stampanti per macchine da scrivere
- 16.3.3 Stampanti ad aghi
- 16.3.4 Stampanti a getto d'inchiostro
- 16.3.5 Stampanti monocromatiche e a colori laser/LED
- 16.3.6 Stampanti a cera termica

- 16.3.7 Stampanti a sublimazione di colore
- 16.3.8 Carta termica
- 16.3.9 Stampanti ad inchiostro solido/a getto d'inchiostro (Tektronix/Xerox)

16.4 Standards per un confronto

16.5 Conclusioni

Appendice: Principali difetti di stampa delle stampanti laser e loro cause

CAP. 16: L'esame dei documenti realizzati al computer

Una delle capacità più straordinarie che possediamo come esseri umani è la comunicazione scritta. A differenza della parola, il testo scritto ci permette di trasmettere le nostre idee a distanza, sia fisica che temporale. Pare che la propensione a registrare gli eventi importanti sia vecchia quanto l'uomo. Ancor prima che vi fosse la scrittura, infatti, i disegni ad ocre e carbone dei nostri avi registravano eventi quotidiani importanti, come una caccia al bisonte particolarmente fortunata. Il progresso dalla pittografia alla moderna tecnologia grafica ha avuto luogo in un periodo relativamente breve. In nessuna epoca, però, i documenti si sono evoluti come negli ultimi 30 anni. L'effimero mondo del pensiero è stato trasformato in qualcosa di tangibile, usando le cariche elettriche ugualmente effimere conservate in una memoria di silicio.

I nostri antenati avrebbero capito *perché* ci preme raccontare una storia, ma non avrebbero mai potuto immaginare *come* l'avremmo fatto. Per citare il famoso scrittore di fantascienza Arthur C. Clarke, "Ogni tecnologia sufficientemente avanzata non è distinguibile dalla magia"¹.

La storia della registrazione dei nostri pensieri in forma stampata è anche la storia della tecnologia che si evolve. La maggior parte dei progressi tecnologici è stata accompagnata da un corrispondente cambiamento del modo in cui registriamo ed immagazziniamo le nostre idee. I caratteri in metallo caldo, mobili e rifondibili del tardo 16° secolo, contribuirono a diffondere l'alfabetizzazione in tutta l'Europa. Nel corso del 17° e 18° secolo, la metallurgia apprese come accrescere la forza di ferro e acciaio, e i disegnatori di caratteri trassero beneficio dai metalli più duri creando nuovi tipi di caratteri. In virtù della migliore leggibilità dei nuovi alfabeti, fu possibile comporre un numero maggiore di lettere per ogni pagina, consentendo a tipografi ed

¹ Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic. S.E., p. 192.

editori di risparmiare su carta e inchiostri. Questa riduzione dei costi consentì un incremento della distribuzione di opuscoli, volantini e naturalmente libri, che cominciarono a diffondersi fra la popolazione.

Durante la Rivoluzione Industriale, iniziata nel 18° secolo, vennero fatti i primi sforzi per creare dispositivi di stampa meccanici utilizzabili da chiunque. I primi brevetti inglesi per macchine da scrivere furono emessi da Henry Mill nel 1713, ma sembra che un modello di sua concezione non sia mai stato realizzato. A Mill si riconosce, tuttavia, di aver tentato nel 1713 di scrivere la frase più lunga mai vista nell'Ufficio Inglese dei Brevetti²: "Una macchina artificiale o metodo per stampare o trascrivere lettere separatamente o progressivamente l'una dopo l'altra, come nella grafia, e per mezzo del quale ogni scrittura può essere messa su carta o pergamena così nitidamente ed accuratamente da non poter essere distinto dalla stampa"³. Quasi un secolo più tardi, nel 1808, Pellegrino Turri realizzò la prima macchina funzionante. La prima significativa produzione di macchine da scrivere, tuttavia, si ebbe solo con la *Sholes and Glidden* del 1874. La configurazione della tastiera QWERTY (che usiamo oggi) venne disegnata per queste macchine. Ci sono come minimo due ragioni storiche per l'insolita configurazione della tastiera. La prima si dice provenga dalla volontà di rallentare una dattilografa in modo tale che i collegamenti meccanici della macchina possano tenere il passo. La seconda (probabilmente apocrifa) sarebbe la convenienza dei primi venditori: la configurazione facilitava la dimostrazione delle macchine, consistente nel digitare la parola *typewriter*⁴ – tutte le lettere di questa parola si trovano infatti nella riga di lettere superiore.

Complessivamente, la storia della stampa ha attraversato 4 fasi tecnologiche distinte:

1. Invenzione e adattamento del carattere mobile, di metallo rifondibile (dal 1450 ca. al 1500).
2. Rivoluzione Industriale: uso di torchi meccanici alimentati a vapore, invenzione del

² In inglese *English Patent Office*.

³ *An artificial machine or method for the impressing or transcribing of letters singly or progressively one after another, as in writing, whereby all writing whatever may be engrossed in paper or parchment so neat and exact as not to be distinguished from print.* S.E., p. 193.

⁴ In italiano *macchina da scrivere*.

linotype di Mergenthaler e macchina da scrivere per ufficio (dal 1870 ca. al 1975).

3. Adattamento dello sviluppo fotografico da parte dell'industria della stampa – flessografia, fotoincisione, offset ed elettrofotografia (xerografia) (dal tardo 1800 ca. ad oggi).
4. Era digitale: tipocomposizione al computer, caratteri elettronici e interfaccia grafica (dal 1973 ca. ad oggi).

Questo capitolo tratta l'ultimo punto: il modo in cui i moderni computer digitali e i dispositivi di stampa generano dati sulla carta. Specificamente, vengono analizzati i modi in cui le stampanti inseriscono immagini e testo all'interno dei documenti e quali informazioni possano essere acquisite attraverso un esame forense dei documenti stessi.

16.1 Documenti realizzati con il computer ed esaminatori forensi

Alla fine degli anni '60, nel settore dei documenti contestati era obbligatorio leggere i trattati di Ordway Hilton, del dr Phillip Bouffard e del dr David Crown sull'esame dei documenti dattiloscritti. Era l'epoca del passaggio dalle macchine da scrivere manuali ed elettriche ad unico set di caratteri alle nuove IBM Selectric con caratteri intercambiabili. Per la prima volta, l'identificazione di un testo dattiloscritto richiedeva l'identificazione di un sistema di battitura piuttosto che di una macchina da scrivere. Poichè potevano verificarsi difetti sia sui caratteri che sulla macchina da scrivere, bisognava fare i conti con il fatto che un carattere poteva essere spostato da macchina a macchina o che una macchina poteva usare diversi caratteri. Era, dunque, la combinazione di macchina da scrivere e caratteri intercambiabili che costituiva ora il sistema.

Nell'arco di soli 40 anni siamo passati dalla Selectric all'era del computer. Un sistema di creazione del documento che constava di due parti nel 1961 (macchina da scrivere e caratteri) può avere ora diverse componenti – alcune fondate sul software ed altre sull'hardware. Il

moderno FDE deve conoscere cose come il sistema operativo, il programma di videoscrittura, la versione del programma di videoscrittura, i caratteri digitali e la versione dell'archivio dei caratteri (caratteri), il driver della stampante e la sua data di uscita così come la connessione alla stampante (in rete o meno). Tutto ciò può influire sull'aspetto del testo stampato, così come possono influire le molte variabili associate con la stampante stessa.

Questa è un'area complessa che richiede nozioni di tipografia, caratteri digitali, sistemi di computer e software. Ognuno di questi argomenti potrebbe da solo riempire un testo. Questo capitolo fornisce semplicemente le informazioni più importanti per coloro che sono impegnati nell'esame forense di documenti elettronici.

Viviamo nell'era dell'informazione, un'epoca in cui l'informazione viene generata, pubblicata ed immagazzinata ad un ritmo sempre crescente, e i computers giocano un ruolo fondamentale in tutte 3 le attività. Forse la citazione che meglio illustra quanto rapidamente siano cambiate le cose negli ultimi 500 anni viene da Martha Beck nell'edizione dell'aprile 2002 di *O Magazine*: *"L'informazione è il re. L'edizione domenicale del New York Times contiene in media più informazione di quanta ne sia stata stampata in tutto il 15° secolo"⁵.*

16.1.1 Valutazione preventiva

L'esame di documenti non manoscritti dovrebbe iniziare con le precauzioni che sono consigliabili per ogni tipo di esame. Ovviamente, se i documenti devono essere trattati per individuarvi eventuali impronte digitali, gli esaminatori devono preservare l'integrità delle prove. Se un laboratorio è attrezzato per effettuare analisi distruttive di inchiostro, toner, carta, colla o altre parti del documento, prima vanno comunque ultimati i tests non distruttivi. A questo riguardo, la valutazione pre-esame dei documenti tipografici non è diversa dagli esami di documenti di qualsiasi tipo.

⁵ *Information is King. The Sunday edition of the New York Times on average contains more information than was printed in the whole of the 15th century. S.E., p. 194.*

16.1.2 Procedure d'esame

L'esame forense ha lo scopo di contribuire a rispondere a una serie di domande. Domande possibili sono:

1. Il documento è un originale o una copia?
2. E' possibile identificare la tecnologia di stampa? E datarla?
3. E' stata utilizzata più di una tecnologia per redigere il documento?
4. Per i documenti di più pagine: c'è prova che una o più pagine siano state elaborate in modo diverso dalle altre?
5. Ci sono prove che il testo sia stato modificato o siano state fatte delle aggiunte?
6. Ci sono difetti evidenti (grossolani) nella stampa che possano consentire di risalire alla macchina?

In generale, il principio che i documenti vanno attentamente esaminati su entrambi i lati, da parte a parte, è valido per i documenti moderni così come lo è sempre stato per ogni tipo di documento precedente.

16.1.2.1 Originale o copia?

Ad un FDE alle prime armi questa domanda può sembrare senza senso, mentre ad uno esperto essa appare scoraggiante per la sua difficoltà. Gli esempi seguenti mostrano perchè può essere difficile o impossibile determinare se il documento in questione sia un originale o una copia:

Esempio 1: La tecnologia moderna può rendere difficile distinguere sia la definizione che l'aspetto di un originale e di una copia. Ad es., è possibile stampare diversi originali dello stesso documento elettronico su diverse stampanti. Questo si verifica

quotidianamente quando gli allegati delle e-mail vengono stampati da diversi destinatari. Ognuno di essi, infatti, può avanzare la pretesa di avere un originale, a prescindere dal fatto che la stampa sia stata realizzata con una stampante a getto d'inchiostro da alcuni e con una stampante laser da altri.

Esempio 2: Molti uffici, soprattutto nelle piccole realtà commerciali, utilizzano macchine multifunzione. Esse sono molto popolari perchè una sola macchina può rimpiazzare stampante, fotocopiatrice, scanner e fax. Da un punto di vista forense, il problema è rappresentato dal fatto che la stessa macchina utilizzata per stampare un documento in originale può essere utilizzata successivamente per farne una copia. Molte di queste macchine multifunzione utilizzano la tecnologia a getto d'inchiostro, quindi le fotocopie non sono le fotocopie tradizionali, xerografiche. Può essere facile, perciò, prendere una fotocopia realizzata con la tecnica a getto d'inchiostro per un documento in originale.

Esempio 3: Un documento originariamente stampato con stampante laser, poi fotocopiato con una macchina multifunzione a getto d'inchiostro, e infine fotocopiato ancora una volta con una fotocopiatrice tradizionale xerografica, potrebbe sembrare la fotocopia xerografica di un originale a getto d'inchiostro.

Esempio 4: I documenti originali *possono* contenere firme fatte dalla macchina. Molte società prendono le firme originali e le convertono in caratteri TrueType. Firme di questo tipo sono costituite da caratteri scalabili, quindi possono essere facilmente ridimensionate o trasformate in grassetto e/o corsivo per conferire loro un aspetto diverso. Una firma a toner o getto d'inchiostro che appaia su un documento, quindi, non è necessariamente prova del fatto che il documento sia una riproduzione.

Poichè le prove che un documento sia un originale o una copia possono essere ambigue, è preferibile esprimersi semplicemente in termini di tecnologia utilizzata. Ad es., "L'articolo 1 è un contratto di sei pagine prodotto con una macchina da ufficio che utilizza la tecnologia (1) a

toner secco, (2) a getto d'inchiostro ecc.⁶” Inoltre è preferibile evitare espressioni come *stampato con stampante laser* o *stampato con stampante a getto d'inchiostro bubble-jet*, visto che essi fanno riferimento a specifiche sottoclassi di tecnologia toner e getto d'inchiostro.

16.1.2.2 E' possibile identificare la tecnologia di stampa?

Le conclusioni che si ricavano da un esame documentale procedono solitamente dal generale al particolare. E' pratica comune presso gli esaminatori forensi partire dalle caratteristiche condivise, per poi arrivare a definire caratteristiche più individuali e identificative. Secondo questa formula, il punto di partenza di un esame di documenti elettronici comporta normalmente un esame al microscopio del testo stampato per determinare il più generico tipo di prova – quale tecnologia sia stata utilizzata per stampare il documento.

Gli sforzi atti ad identificare la tecnologia di stampa possono essere concepiti come tentativi di *classificare* il processo di stampa. Le classificazioni che possono essere fatte sulla base di esami visivi (microscopio) vertono inizialmente intorno a tre determinazioni: il documento è stato stampato 1) in bianco e nero o a colori, 2) utilizzando un procedimento a impatto o meno, o 3) con toner, inchiostro umido, o altro mezzo? Quando utilizzate queste semplici classificazioni durante la fase iniziale di un esame, tenete a mente che non si tratta di categorie che *si escludono a vicenda*. Ciò significa che un testo può essere stato stampato a colori, utilizzando inchiostro secco (toner) e stampante non a impatto. Mentre vi fate largo fra le descrizioni tecnologiche e gli esempi sottostanti, ricordate che non tutti i processi di stampa rientrano perfettamente nelle scelte limitate di cui sopra. Il processo a sublimazione di colore, ad es., utilizza un inchiostro di tipo gassoso. Noterete anche che alcune stampanti sono combinazioni ibride che utilizzano più di una tecnologia.

La tabella 16.1 rappresenta una sintesi delle principali tecnologie di stampa.

Inoltre, l'appendice di questo capitolo riepiloga le cause più comuni di difetti di stampa

⁶ *Item 1 is a six-page contract produced on an office machine that utilizes (1) dry toner, (2) inkjet technology, etc..* S.E., p. 195.

realizzata con stampante laser. Ovviamente, nessuna spiegazione può sostituirsi ai casi concreti. E' buona norma procurarsi sempre saggi di originali certi della tecnologia della stampante che si intende identificare.

16.1.2.3 E' stata utilizzata più di una tecnologia per redigere il documento?

In alcuni casi, non è possibile (senza un'analisi chimica o strumentale) determinare molto oltre alla tecnologia utilizzata per redigere un documento. Tuttavia, talvolta questo è sufficiente per risolvere la questione. I due casi in cui quest'informazione può essere decisiva sono il reinserimento e la sostituzione di una pagina. Nel primo caso, un documento viene rimesso in una stampante dopo che le parti hanno firmato. Se un passaggio contestato viene stampato con un tipo di stampante diverso dal resto, ciò può considerarsi prova del fatto che il documento è stato modificato tramite un reinserimento. Un esempio di ciò si è verificato in un caso di brevetto, in cui tutto il testo era stato stampato con stampante ad aghi mentre l'assegnazione del brevetto, corrispondente alla porzione di testo contestata, era stata inserita con una stampante a getto d'inchiostro. Nel secondo caso (sostituzione di pagina), una o più pagine del documento originale vengono rimosse e pagine nuove inserite. Questa situazione si verifica spesso in questioni che vertono sull'autenticità di un testamento: la pagina contenente la firma viene lasciata inalterata, mentre le pagine precedenti vengono sostituite. A seconda delle versioni fornite dalle parti sulla creazione del documento contestato, l'essere semplicemente in grado di determinare che più di una tecnologia di stampanti è stata utilizzata può essere sufficiente a risolvere la questione.

16.1.2.4 Vi sono prove che una o più pagine siano state elaborate in modo diverso dalle altre o che il testo sia stato alterato?

Nella sezione precedente abbiamo discusso la possibilità che più stampanti vengano utilizzate per lo stesso documento. Qui ci occuperemo dei casi in cui intere pagine sono state sostituite. La differenza fra questi casi e quelli precedenti è che il testo delle pagine sostituite può effettivamente essere stampato dalla *stessa* stampante del testo originale. Se c'è la possibilità che sia stata sostituita una pagina, è necessario considerare aspetti come i caratteri, la formattazione, il tipo di carta ecc.. In generale, l'esame forense di un documento che viene condotto per determinare se pagine o righe siano state aggiunte o rimosse è, per dirla con un parola, un'analisi di *coerenza*. Sebbene molti aspetti possano essere verificati (ortografia, punteggiatura, fori delle graffette, formattazione ecc.), queste analisi si riducono a 3 tipi di esame: tecnologico, cronologico e "la storia concorda"?

Tabella 16.1 Principali tipi di tecnologie utilizzate dalle stampanti

Tecnologia	Inchiostro liquido	Toner secco	Termica	Altro	A impatto
mainframe	attraverso un nastro				Sì
a margherita	attraverso un nastro				Sì
ad aghi	attraverso un nastro				Sì
a getto d'inchiostro	sì, "balistico" (può essere di più di 4 colori)				No
laser/LED monocrom.		sì			No
laser/LED a colori		sì, a 4 colori			No
magnetografia (simile all'elettrofotografia, ma con un tamburo magnetico)		sì, ferroso (magnetico)			No
a cera termica/ a pigmenti			cera secca/pigmenti fusi sulla pagina		No
a sublimazione di colore			inchiostri resinosi riscaldati fino a raggiungere uno stato gassoso (sublimati)		No
carta termica			aghi riscaldati nella testina in ceramica producono caratteri molto simili alla stampa ad aghi		No
ad inchiostro solido/a getto d'inchiostro termico			bacchette d'inchiostro secco fuso e gocce spruzzate su un tamburo	bacchette d'inchiostro solido, a 4	No

Xerox/Tektronix				colori	
digital offset ibrida HP Indigo e Heidelberg	sì, toner liquido fino a 7 colori			stampa mediante blanket ⁷	No

Normalmente, è bene che uno scienziato forense analizzi il documento senza troppe informazioni sul caso; tuttavia ci sono delle eccezioni - e i documenti modificati rappresentano una di esse. Questo settore d'indagine è effettivamente uno dei pochi in cui conoscere la genesi del documento prima di effettuare l'esame può essere di grande aiuto. Di seguito ne esponiamo le ragioni.

Il fatto che alcune pagine di un documento siano state realizzate in modo diverso dalle altre è prova di falsificazione solo in alcuni casi. Infatti, ci possono essere delle ragioni assolutamente logiche per cui alcune pagine risultano formattate in modo diverso, su carta diversa, o persino stampate con una stampante diversa da quella del resto del documento. Alcuni documenti vengono regolarmente modificati o provvisti di aggiunte. Essi comprendono leggi suppletive, contratti (in particolare i contratti immobiliari, nei quali cambiano spesso le commissioni, i regolamenti governativi, e le tasse), moduli delle tasse, manuali di procedura e, in generale, tutti i documenti che necessitano di revisione solo in alcuni punti (e non di revisione completa). Un'altra considerazione riguarda i testi standardizzati. Se frasi lunghe (come rinunce a un diritto) vengono usate nella creazione di nuovi contratti, è possibile che questi passaggi vengano tagliati e incollati elettronicamente da un documento precedente ad uno nuovo. Non è insolito che la formattazione e i caratteri originali usati nel testo standardizzato rimangano inalterati dopo che sono stati incollati nel nuovo documento – quindi un cambiamento improvviso di spazi o caratteri non prova automaticamente che sia stata apportata alcuna modifica o aggiunta. Ancora una volta, ecco un motivo per cui un resoconto dettagliato di come il documento è stato creato costituisce un'informazione importante da procurarsi prima di esprimere un giudizio. Se vi sono testimonianze che il documento sia stato battuto nella sua

⁷ Viene così definito uno dei tre cilindri utilizzati per la stampa offset, precisamente quello che riceve l'immagine dalla lastra e la riporta sul foglio di carta.

incoerenza in un'unica volta, ad es., il provare che una porzione non è coerente con il resto può essere altamente significativo.

Rilevare incoerenze temporali può essere uno strumento potente per screditare il documento nella sua totalità o in parte. Gli esami di tipo "cronologico" sono spesso complessi e possono richiedere lunghe ricerche per stabilire le date di introduzione di una tecnologia di stampa, produzione della carta (filigrane), date di stampa di moduli professionali o carta intestata ecc.. D'altro canto, screditare un documento potrebbe essere semplice come dimostrare che un determinato ufficio o soggetto non aveva accesso ad un particolare tipo di stampante alla data in cui il documento è stato presumibilmente prodotto. Ad es., un esame forense potrebbe determinare che per un documento è stata usata una tecnologia di stampa toner a 4 colori, mentre un'indagine prova che l'ufficio in questione non aveva ancora acquistato una stampante di quel tipo all'epoca in cui il documento è presumibilmente stato realizzato. Non è certo compito dell'FDE provare l'accesso a una determinata stampante, bensì identificare per quanto possibile quale stampante e processo di stampa siano stati utilizzati per realizzare il documento contestato; spetta poi agli investigatori gestire il lavoro sul campo.

Virtualmente, ogni elemento di un documento può contenere delle anomalie. Gli FDE sono ben consapevoli dell'importanza di verificare la configurazione dei fori delle graffette, i tipi di carta, le filigrane, i solchi, i numeri stampigliati sui moduli ecc.: tutto ciò rappresenta parte del loro normale lavoro. Ognuno di questi esami può evidenziare prove di aggiunta o alterazione. Nel caso della tecnologia delle stampanti per computer, ci sono diversi approcci che possono aiutare a determinare se del testo (o intere pagine) è stato aggiunto, rimosso o alterato. Il primo passo dovrebbe essere quello di determinare se la stessa tecnologia di stampa è stata utilizzata in tutto il documento. Tutto va esaminato, inclusa l'intestazione. Va ricordato che l'eventuale identificazione di un'unica tecnologia di stampa non significa necessariamente che sia stata utilizzata un'unica stampante. In alcuni casi, è possibile arrivare a questa conclusione in modo non distruttivo; in altri casi, solo test distruttivi come l'analisi degli inchiostri e dei toner possono dare risposte definitive. Poniamo il caso che l'esame a infrarossi di un documento

stampato a getto d'inchiostro evidenzi che un passaggio è stato stampato con un inchiostro che reagisce in modo diverso da tutti gli altri inchiostri del documento. In questo caso è necessaria molta cautela. Infatti, ogni qualvolta porzioni di un documento reagiscono in modo diverso a certi esami, bisogna assicurarsi che esse siano state stampate tutte con inchiostro solo nero piuttosto che con inchiostro nero composito, risultante da combinazioni di inchiostri ciano, magenta e giallo mescolati al nero. L'esame al microscopio deve dunque garantire che il confronto sia fra inchiostro nero e inchiostro nero.

Ad un livello più sottile, la configurazione dell'eccesso d'inchiostro, riscontrabile nella maggior parte delle stampe a getto d'inchiostro, può fornire prova utile di un cambiamento di stampante (Fig. 16.1).



Fig. 16.1: Immagine ravvicinata della configurazione dell'inchiostro in una stampante a getto d'inchiostro. La fotomicrografia illustra come l'eccesso si sia depositato in direzioni diverse nelle due righe di numeri.

La maggior parte delle stampanti moderne a getto d'inchiostro è in grado di stampare le dimensioni dei caratteri di documenti tipici (circa 10-14 punti) come linee multiple in un unico passaggio.

La regola è che, ad ogni passaggio della testina, la stampante non può stampare più linee di quelle verticali della matrice dell'ugello, posizionato sulla testina. Ad es., se la matrice dell'ugello di una stampa ad inchiostro nero ha un'altezza di 48 punti, potranno essere eseguite solo combinazioni di testo e spazi pari a 48 punti o meno. Poichè il numero di ugelli sulle testine delle getto d'inchiostro è cresciuto nel tempo, la spaziatura verticale delle linee di testo stampate consecutivamente può valere come fenomeno di datazione (Fig. 16.2). La micrografia di Fig. 16.3 mostra la testina nera di una Hewlett-Packard 960C. Gli ugelli sono in gruppi di 3 e 4, da sinistra a destra.



Fig. 16.2: La dimensione verticale della matrice dell'ugello determina quante righe possono essere stampate ad ogni passaggio. Nell'illustrazione, i due nastri adesivi gialli indicano rispettivamente l'ugello più alto e quello più basso sulla cartuccia ad inchiostro nero di una stampante a getto d'inchiostro HP. Le righe dei numeri in carattere Times New Roman 10 punti vengono stampate 3 a sinistra, poi 3 a destra, secondo un modello che si ripete.

I tipi di caratteri e le interlinee vanno esaminati attentamente. Molti caratteri sono estremamente simili tra loro – Times New Roman e CG Times sono un esempio. Inoltre, l'interlinea predefinita dei testi a computer è diminuita nel tempo man mano che la risoluzione è aumentata. Ad es., se un tempo l'interlinea predefinita per il Times New Roman 12

corrispondeva a 14.4 punti, ora siamo sui 13,5 – 13,8 punti⁸. La differenza di spaziatura di pochi 720^{mi} di pollice richiede misurazioni attente, ma è certamente possibile (e probabilmente obbligatoria) in un moderno laboratorio forense.

Naturalmente, i mezzi con cui il documento è stato approntato possono fornire informazioni riguardo alla possibilità che alcune pagine siano state aggiunte o sostituite. Gli esami classici delle filigrane della carta e di altre caratteristiche identificative dei mezzi usati (numeri dei moduli, dati dell'intestazione, caratteristiche ultraviolette ecc.) vanno eseguiti ogni qualvolta vi sia la possibilità che il documento sia stato modificato.

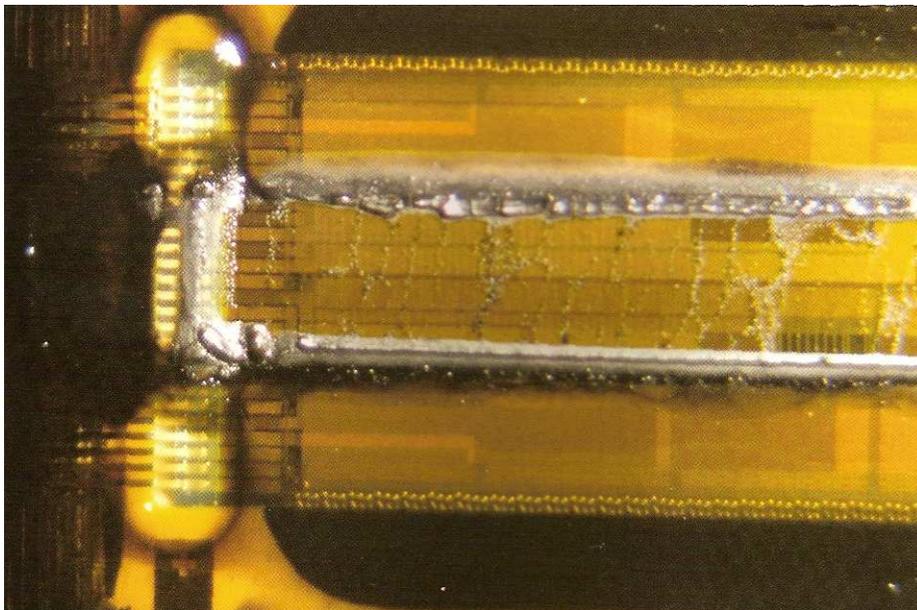


Fig. 16.3: Fotomicrografia di una moderna matrice di testina a getto d'inchiostro.

Riassumendo, le anomalie di stampa riscontrabili in un documento non provano necessariamente che esso sia stato alterato o che siano state fatte delle aggiunte. Alcuni esami, invece, possono dimostrare l'eventuale falsificazione con assoluta certezza. Trovare una pagina stampata con stampante laser e carattere Courier New in mezzo a pagine stampate con macchina da scrivere Selectric e carattere Courier (se l'intero documento risale al 1969), proverebbe certamente che alcune porzioni sono state retrodatate. Se il computer e la

⁸ Ricordiamo che il punto (*point* in inglese, abbreviato *pt.*) è un'unità tipografica utilizzata per misurare caratteri e interlinee. Nel Nord America, corrisponde a 1/72,27 di pollice inglese, ma è spesso approssimato a 1/72. 12 points = 1 pica.

stampante che presumibilmente hanno prodotto il documento esistono ancora, è bene procurarsi dei saggi e confrontarli con il materiale contestato. Sebbene talvolta sia preferibile che un FDE non abbia troppe informazioni sul documento, in questi casi è auspicabile che egli ottenga tutti i ragguagli possibili sulle condizioni e l'attrezzatura relative alla sua genesi.

16.1.2.5 Ci sono prove che il testo sia stato modificato o siano state fatte delle aggiunte?

Nel caso di documenti realizzati al computer, è spesso possibile scoprire modifiche ed aggiunte attraverso un esame che determina se il documento è stato reinserito nella stampante. Un esame di questo tipo è simile a un test per una sostituzione di pagina, visto che in entrambi i casi si tratta di un'analisi di coerenza. Ogni discrepanza nella spaziatura delle righe, tecnologia della stampante, caratteri o disposizione del testo potrebbe essere prova di un reinserimento del foglio.

16.1.2.6 Sono presenti difetti evidenti (grossolani) nella stampa che possano consentire di identificare la macchina?

L'eventualità che una stampante presenti dei difetti grossolani è piuttosto remota. Quando ciò accade, si tratta per lo più di difetti legati a una particolare cartuccia d'inchiostro o di toner, di un tamburo fotosensibile o di altri componenti sostituibili. Essi possono verificarsi dunque per un certo periodo e poi sparire, quando il componente viene sostituito. Per questo, è sempre meglio procurarsi campioni di stampa risalenti allo stesso periodo del documento contestato piuttosto che fidarsi degli standard della stessa macchina presi in un periodo successivo.

Alcuni produttori, come la Hewlett-Packard, vendono manuali di riparazione ricchi di informazioni, inclusi i difetti di stampa comuni e ciò che è necessario fare per correggerli.

Se il manuale di una determinata stampante non è disponibile, un'altra potenziale fonte di

informazione sono i negozi che effettuano riparazioni. I tecnici che lavorano regolarmente su queste stampanti dispongono spesso di un'esperienza diretta, pratica, delle caratteristiche di stampa e dei tipi di difetti associati con le varie macchine.

Infine, i produttori stessi dispongono indubbiamente delle migliori informazioni sui loro prodotti, anche se spesso sono riluttanti ad essere coinvolti in vertenze o a parlare liberamente dei difetti delle loro stampanti.

16.2 Descrizione e storia delle tecnologie

16.2.1 Stampanti mainframe: testine a tamburo e a catena

Questo tipo di stampanti venne sviluppato per la prima volta all'inizio degli anni '50 per l'utilizzo con gli enormi computer mainframe⁹, che iniziavano allora ad essere messi in rete. Esistevano due tipi principali di stampanti: a tamburo e a catena.

L'IBM 716, in commercio dal maggio 1952 fino al luglio 1969, fu il modello di stampanti a tamburo più venduto. In queste macchine, il meccanismo di stampa consisteva in 120 ruote di caratteri (dischi) disposti assieme come un cilindro (tamburo) dietro al nastro. Le ruote giravano, assumendo la posizione necessaria, poi stampavano una riga per volta. A piena velocità, queste stampanti producevano circa 150 righe al minuto. Le ruote del modello 716 avevano 26 lettere (tutte maiuscole), le cifre da 0 a 9, e 9 caratteri speciali, come il simbolo del dollaro, del punto e la barra. La stampante più venduta fu l'IBM modello 1403, la cui produzione venne iniziata nell'ottobre 1959 e sospesa nel 1971.

Questa stampante utilizzava una catena rotante su cui erano affissi 240 caratteri, solitamente disposti in 5 gruppi di 48. Il meccanismo d'impatto consisteva in 132 martelletti disposti in modo molto simile ai martelletti delle corde di un piano. Essi venivano utilizzati per percuotere il dorso della carta contemporaneamente contro un nastro inchiostro e la catena ruotante, così

⁹ In italiano *Elaboratori centrali*.

da imprimere i caratteri sulla pagina. Un esame del testo dovrebbe evidenziare la tipica impressione prodotta da un carattere di metallo che colpisce un nastro di stoffa. La 1403 era alimentata con carta 11x14 pollici¹⁰ a modulo continuo, e poteva stampare fino a 1400 linee al minuto, corrispondenti a 132 colonne. Tutte le catene utilizzate per la 1403 contenevano caratteri monospaziati. Negli anni '60, iniziò la produzione di speciali catene che utilizzavano caratteri Courier in un set completo di lettere maiuscole e minuscole, numeri e simboli. Queste catene potevano essere ordinate con 120 caratteri tipografici diversi, sistemati sulla catena in due gruppi. Nel 2004, la divisione Lexmark della IBM vendeva ancora nastri in nylon per stampanti 1403.

16.2.2 Stampanti per macchine da scrivere: a sfera e a margherita

Riguardo alla data in cui la prima macchina da scrivere IBM venne modificata per funzionare come una stampante per computer, le notizie di cui disponiamo sono poco chiare. E' certo, tuttavia, che nel 1964 l'IBM mise in commercio una macchina chiamata Magnetic Tape Selectric, un sistema di elaborazione testi che utilizzava una tecnologia che l'IBM aveva acquistato nel 1955 da An Wang (fondatore dei laboratori Wang). In questo sistema, la macchina da scrivere Selectric funzionava sia da dispositivo di immissione dati (le battute venivano registrate su un nastro magnetico) che da stampante, se il nastro veniva riavvolto.

Nel 1969, David S. Lee e un piccolo gruppo di ingegneri della Diablo Systems svilupparono la prima stampante a margherita efficiente. Nel 1972, la Diablo venne venduta alla Xerox e Lee formò una società che avrebbe prodotto una delle stampanti più conosciute e migliori dell'epoca – la Qume. Nel 1985, l'IBM mise in commercio la sua versione della stampante a margherita, la ProPrinter I. L'IBM proseguì con la produzione di molte versioni successive della ProPrinter, ma la tecnologia divenne presto obsoleta per il crescente uso delle stampanti laser e a getto d'inchiostro.

¹⁰ Precisiamo che un pollice corrisponde a cm 2,54.

16.2.3 Stampanti ad aghi

Le stampanti ad aghi vengono tecnicamente descritte come stampanti ad impatto. Questo le distingue dalle stampanti non a impatto come la getto d'inchiostro, la testina termica e la laser – le quali creano testo e immagini come una serie di punti ravvicinati. I primi sforzi per sviluppare stampanti di rete furono probabilmente quelli di Reynold B. Johnson all'IBM nel 1949. Nella prima metà degli anni '50, sia la Borroughs che l'IBM svilupparono stampanti di rete ad alta velocità per l'utilizzo con computer mainframe. Queste macchine si rivelarono estremamente inaffidabili e non furono certo un successo. Nel 1968, la Seiko Electronics produsse una piccola testina ad aghi. Essa venne utilizzata per stampare copie cartacee degli eventi atletici cronometrati dalla Seiko ai Giochi Olimpici di Tokio del 1972. Questa piccola stampante era conosciuta come EP-101. Nel 1978, la EPSON (SON¹¹ della Electronic Printer) sfruttò la tecnologia della EP-101 per mettere in commercio la prima stampante (meno di \$ 2.000) ad aghi destinata ad utenti – l'EPSON TX-80. La TX-80, però, non vendette molto, e il primo successo commerciale per quanto concerne la tecnologia ad aghi venne due anni dopo, nel 1980, con l'EPSON MX-80 (l'80 faceva riferimento al numero di colonne che poteva stampare). A causa dell'elevato numero di MX-80 vendute dalla Epson, il suo linguaggio di controllo, ovvero i codici ESC Epson, imposero lo standard per la lingua delle stampanti ad aghi. I codici ESC della Epson rappresentarono *de facto* il linguaggio per inviare i caratteri ASCII e i codici di formattazione alle stampanti ad aghi fino a che interfaccia grafici e font graduabili entrarono nell'uso.

Le stampanti ad aghi originali Epson utilizzavano una matrice verticale a 9 aghi.

Molti modelli di breve vita ebbero invece configurazioni a 18 aghi, che venivano utilizzate in modalità "near-letter-quality"¹² (NLQ). Gli aghi, disposti su due colonne, erano molto vicini l'uno all'altro, e ciò conferiva ai caratteri un aspetto di compattezza. Nel 1982, l'Epson mise in

¹¹ In italiano *figlio*.

¹² Modalità di stampa ad aghi che produce lettere più chiare, meno seghettate e puntiformi.

commercio una stampante a 24 aghi che utilizzava una testina con due colonne di 12 aghi ciascuna. Sia la stampante a 9 aghi che quella a 24 continuano ad essere vendute oggi e rappresentano circa il 6-8% del mercato totale delle stampanti negli USA. Le stampanti ad aghi sono utilizzate principalmente in installazioni dove viene richiesto un procedimento a impatto, o dove i costi molto bassi rappresentano un elemento importante.

Una seconda categoria di stampanti ad aghi, sviluppata nel 1974 dalla Printronix per l'uso con grandi computer, è conosciuta come *line dot matrix printers*¹³. Quelle più veloci attualmente disponibili (la Tally T6218 e la Printronix P5220) vantano una capacità di 1800 – 2400 linee al minuto. Questo tipo di stampante utilizza un'intera riga di aghi (o, in alcuni casi, molte testine indipendenti che fanno la spola da parte a parte). I caratteri della tiratura si formano mentre la carta avanza verticalmente, ma gli aghi si caricano orizzontalmente.

Le stampanti ad aghi sono spesso usate per stampe e moduli prestampati. Il costo per pagina è il più basso per una stampante – circa un decimo di quello di una stampante laser.

16.2.4 Tecnologia delle stampanti a getto d'inchiostro

Esistono due tipi di tecnologia a getto d'inchiostro: "drop-on demand" e "continuous drop"¹⁴.

Le prime sono attualmente le più diffuse. All'interno di ciascuna categoria, modi diversi vengono impiegati per creare ed espellere le gocce d'inchiostro liquido. Le stampanti a getto d'inchiostro possono essere molto piccole, portatili, alimentate a batteria oppure grandi come una stanza (IncaTM, ScitexTM e HeidelbergTM). Quelle molto grandi vengono usate per stampare tabelloni pubblicitari, grafiche per camion e tessuti, e vengono classificate non in caratteri al secondo, bensì in centinaia di metri quadrati all'ora, ovvero secondo la loro copertura.

¹³ Le stampanti ad aghi si dividono in due grandi gruppi: *serial dot matrix printers* e *line dot matrix printers* (o semplicemente *line printers*). Entrambe utilizzano aghi per colpire un nastro inchiostro, formando i puntini che costituiscono i caratteri. Nelle *serial dot matrix printers*, i caratteri vengono impressi dalla testina, costituita da aghi disposti verticalmente. Nelle *line (dot matrix) printers*, una serie di martelletti, posizionati su una sorta di spoletta, viene utilizzata in luogo di una testina di stampa; i martelletti sono disposti orizzontalmente. Queste stampanti rappresentano la soluzione ottimale per la stampa ad impatto di grosse quantità perchè sono migliori per velocità, affidabilità e qualità. Anche i costi sono inferiori.

¹⁴ La tecnologia *continuous drop* venne sviluppata dall'**IBM** negli anni 1970. Alla base, vi è il fatto che il flusso d'inchiostro è continuo. La direzione del flusso viene deviata e controllata, applicando un campo elettrico alle gocce d'inchiostro precedentemente caricate. La tecnologia *drop-on-demand* venne introdotta nel mercato nel 1977, quando la Siemens lanciò la stampante PT-80. Questa tecnologia espelle le gocce d'inchiostro solo nei punti in cui esse sono richieste dalla stampa.

C'è poi un altro tipo di tecnologia continuous-drop, le stampanti "valve-jet". Esse si sentono nominare poco al di fuori delle aziende che le utilizzano. Come suggerisce il nome, non sono niente di più di una serie di ugelli allineati controllati da valvole a tempo molto precise. Queste stampanti si usano per applicare rivestimenti di precisione piuttosto che per stampare nel modo tradizionale.

Le grandi stampanti continuous-drop sono usate prevalentemente in ambienti ad alta velocità, caratterizzati da elevati volumi di lavoro. Un FDE potrebbe incontrare qualcosa di stampato con queste stampanti su casse o containers (incluso il codice a barre sulle casse), etichette per stampe e biglietti per la lotteria istantanea.

All'altro capo dello spettro, la tecnologia delle stampanti a getto d'inchiostro è divenuta così precisa che le minuscole testine vengono usate nella produzione di microcircuiti per stampare i componenti su un circuito stampato. Attualmente si sta lavorando per utilizzare gli ugelli delle getto d'inchiostro per la consegna di medicinali, applicazioni "fuel cell" e aerosol privi di propellente.

La tecnologia fondamentale delle stampanti a getto d'inchiostro continue venne brevettata nel 1948 da R. Elmqvist della Siemens Elema, in Svezia. Per quest'invenzione, Elmqvist ricevette nel 1951 il brevetto U.S. 2566443. La Siemens continuò a produrre i primi dispositivi per usare la stampa a getto d'inchiostro continua. Il lavoro che diede luogo al primo utilizzo di una tecnologia continuous-drop per produrre testo viene attribuito al dr R.G. Sweet della Stanford University, e risale all'inizio degli anni '60. Gli esperimenti del dr Sweet dimostrarono come un'onda di pressione diretta su un orifizio è in grado di rompere una corrente continua d'inchiostro in goccioline. Le scoperte di Sweet portarono alle prime stampanti commerciali continuous-drop, A.B. Dick, Videojet e Mead DIJIT, che vennero messe in commercio nei tardi anni '60. Nel 1976, l'IBM concesse una licenza per la tecnologia in questione e introdusse la prima periferica per l'elaborazione di testi a stampa, l'IBM 4640. Eccettuate le grandi applicazioni commerciali, il successo delle continuous-drop rimase limitato.

La Hewlett-Packard (HP) sostiene di aver inventato la tecnologia termica (drop-on demand) nel 1979. La Canon, dal canto suo, ne rivendica la paternità, e afferma di aver prodotto la prima stampante a getto d'inchiostro termica nel 1981 (La Canon chiama la sua tecnologia "bubble jet").

Nel 1984, l'HP mise in commercio il suo primo modello a getto d'inchiostro battezzato Think Jet. Pochi mesi dopo (nel 1985), la Canon iniziò la commercializzazione della sua prima stampante a getto d'inchiostro, la Bubble Jet 80 o più semplicemente BJ-80.

A prescindere da chi abbia realmente scoperto il principio termico della drop-on demand, è indubbio che, a metà degli anni '80, l'HP e la Canon formarono una partnership per condividere la loro tecnologia, il che avrebbe comportato in seguito la concessione dei diritti sia della tecnologia getto d'inchiostro che della laser.

Poichè l'HP e la Canon acquisirono rapidamente i brevetti per la generazione ed espulsione delle goccioline d'inchiostro utilizzando un elemento riscaldante, l'Epson si vedette costretta a scegliere fra il pagare dei diritti esorbitanti per fabbricare le proprie getto d'inchiostro, e l'utilizzare un metodo completamente diverso per generare ed espellere le gocce stesse. La soluzione data dalla Epson fu quella della tecnologia piezoelettrica.

Nei sistemi a getto d'inchiostro piezoelettrici, una corrente elettrica viene applicata a dei cristalli piezoelettrici. Dando l'impulso alla corrente, i cristalli possono essere flessi molto rapidamente all'interno di una camera, spingendo così le gocce d'inchiostro attraverso l'orifizio.

16.2.5 Stampanti monocromatiche laser/LED

Tutte le stampanti laser moderne risalgono al 1939, quando il giovane inventore Chester Carlson ricevette un brevetto per il processo di stampa elettrostatico a secco conosciuto come elettrofotografia (più comunemente, oggi, xerografia).

A partire dal 1969, l'ingegnere della Xerox Gary Starkweather adattò la tecnologia della fotocopiatrice xerografica della sua società ad un sistema ad impulsi laser, dando vita all'idea

della stampante laser. Non è dato di sapere chi abbia messo per primo sul mercato una stampante laser pienamente funzionale. La Siemens sostiene di averlo fatto nel 1975, ma l'IBM ritiene che la sua 3800-1, che vendette nel 1976, fu la prima vera stampante laser. Non ci sono assolutamente dubbi, tuttavia, in merito al fatto che la Xerox 9700 laser del 1977 fu non solo una stampante pienamente funzionale, ma la stampante laser più veloce mai costruita (120 pagine al minuto). Inoltre, la Xerox 9700 fu probabilmente la prima stampante laser a lavorare con carta a fogli anziché con carta a modulo continuo.

Sebbene tutte le stampanti laser utilizzino una tecnologia elettrostatica per trasferire il toner sulla pagina, esistono diverse variazioni sul tema. Il metodo sicuramente più utilizzato per mettere immagini e testo su una pagina è noto come "paint-black": la laser "dipinge" le immagini e il testo sul rullo fotosensibile rotante, e una carica elettrostatica trattiene il toner con sufficiente forza per trasferire i dati sulla pagina (Fig. 16.6).

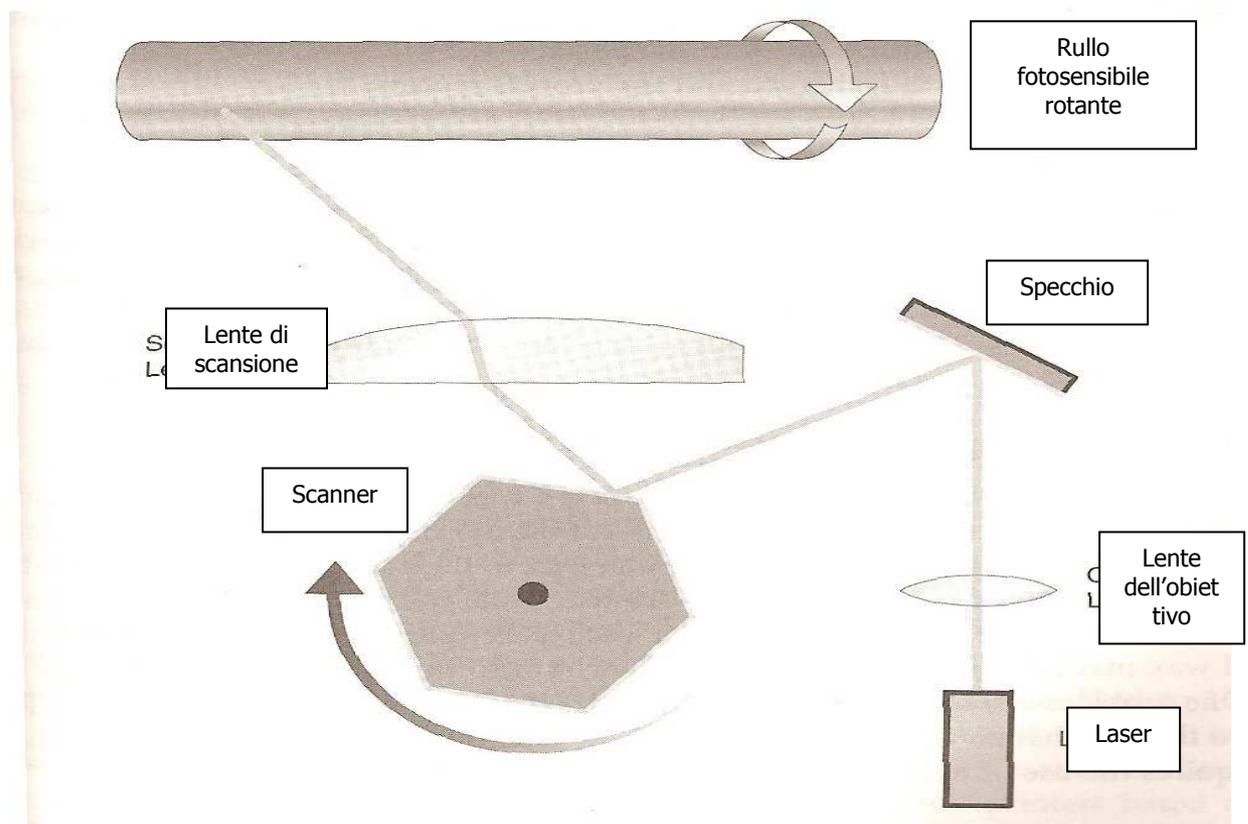


Fig. 16.6: Schema di una stampante laser tipica. Lo scanner è costituito da uno specchietto o prisma rotante che proietta il raggio laser sulla superficie del tamburo elettrostatico.

Esistono anche stampanti laser "paint-white", il cui rullo viene caricato completamente e poi ricoperto di toner nei punti in cui non è scaricato da un laser. Quest'ultimo tipo di stampante viene utilizzato per lo più in applicazioni di grafica e pubblicità, contesti in cui le aree nere sono più ricorrenti. Non tutte le stampanti laser utilizzano un laser per formare le immagini: alcune stampanti elettrostatiche utilizzano LED e display a cristalli liquidi (LCD).

Infine, la Olympus inventò un processo elettrostatico detto "ion deposition"¹⁵ nel 1994.

16.2.6 Stampanti laser a colori

La prima stampante laser a colori sotto i 50.000 dollari, la Coloscript Laser 1000, venne messa sul mercato nel giugno 1993 dalla QMS. Circa un anno dopo, la Xerox lanciò il suo modello, la Color Laser 4900 che, come la stampante QMS, utilizzava un motore fatto dalla Hitachi. L'anno seguente, fecero il loro ingresso sul mercato le versioni della Apple e della Lexmark, che utilizzavano motori prodotti dalla Canon.

La tecnologia d'immagine utilizzata nelle stampanti laser a colori è identica a quella delle stampanti monocromatiche, eccetto che per l'aggiunta di toner ciano, giallo e magenta. La maggior parte delle stampanti laser utilizza la tecnologia print-black, nella quale il laser "dipinge" testo ed immagini sul rullo. Alcune laser particolari, invece, sfruttando il processo cosiddetto print-white (sopra descritto), trasferiscono il toner in tutti i punti tranne quelli colpiti dal raggio laser. La sequenza tipo di un processo di stampa elettrofotografico è la seguente:

1. Un tamburo o cinghia (che ha la proprietà di trattenere una carica elettrostatica e poi di farla variare tramite l'esposizione alla luce) viene caricato da un rullo.
2. Un raggio laser (o la luce di un LED) viene concentrato sul tamburo, creando testo e immagini sulla sua superficie. Il raggio di luce scarica il tamburo oppure riduce la carica elettrostatica sulla sua superficie.

¹⁵ In italiano a *sedimentazione di ioni*.

3. Il toner si carica elettrostaticamente e si riversa sulla superficie del tamburo. Le aree del tamburo che sono ancora pienamente cariche respingono il toner, mentre le aree che sono state scaricate lo attraggono.
4. Mentre viene alimentata dall'apposito vassoio, la carta riceve una carica elettrostatica sufficiente per attirare il toner dal tamburo, e l'immagine dipinta dal raggio laser si trasferisce sul foglio.
5. Una combinazione di calore e pressione viene utilizzata dalla stampante per fissare l'immagine in modo permanente sulla carta.
6. Il tamburo viene ricaricato e il processo si ripete.

16.2.7 Magnetografia

La stampa magnetografica venne messa sul mercato nel 1984. Questo il funzionamento: un dispositivo magnetico trasferisce un'immagine magnetica latente su un tamburo metallico; un toner ricco di ferro (magnetico) viene poi distribuito sul tamburo, formando la vera immagine; l'immagine viene trasferita sulla carta. Queste stampanti si trovano solo in applicazioni commerciali, come la codifica a barre ad alta velocità, le stampe e le etichette.

16.2.8 Stampanti a cera termica/a pigmenti

Le stampanti a cera termica funzionano fondendo un inchiostro resinoso a base di cera sulla carta.

Mentre la carta e il nastro rivestito di cera si muovono sotto la testina termica, le resistenze riscaldate fondono la cera sulla carta. Raffreddandosi, la cera si fissa. Le stampanti monocromatiche hanno pannelli solo neri, mentre quelle a colori hanno pannelli di tre (CMY) o

quattro (CMYK¹⁶) colori per pagina. Come in tutte le stampanti, la produzione di colori dipende da uno speciale algoritmo¹⁷. Un problema spinoso è rappresentato dall'elevato costo delle stampe a colori. Ciò è dovuto al fatto che per ogni pagina viene usato l'intero set di pannelli colorati anche quando l'immagine richiede un unico colore.

In virtù dell'esiguità di parti mobili, le stampanti a cera termica sono generalmente molto affidabili. Per questa ragione e per il fatto che gli inchiostri cerosi sono impermeabili, esse vengono spesso impiegate per stampare etichette, codici a barre e buste per stampe. I prodotti di queste stampanti

sono però sensibili all'abrasione perchè l'inchiostro ceroso può essere raschiato, abraso o macchiato. Le stampanti termiche industriali più comuni utilizzano una testina 203-dpi (dots per inch¹⁸), ma le testine sono disponibili anche in 152 - 400 dpi. Le stampanti a cera termica e a pigmenti termici sono spesso usate per stampare le "fotografie" destinate a documenti di sicurezza come passaporti e patenti.

Il primo dispositivo per il trasferimento della cera termica non fu una stampante, bensì una macchina da scrivere – l'IBM Quietwriter 7, che l'IBM mise in commercio nel 1984. L'anno seguente l'IBM mise in vendita la stampante Quietwriter Printer, destinata a lavorare con il PC IBM. Il modello originale aveva una testina a 40 elettrodi in grado di stampare con una risoluzione di 240x360 dpi.

16.2.9 Stampanti a sublimazione di colore

Le stampanti a sublimazione di colore sono stampanti computerizzate che utilizzano una testina a riscaldamento termico per trasferire il colore a un mezzo. A differenza del processo della cera termica, i colori dei pannelli di plastica migrano sulla carta sotto forma di gas. Il termine

¹⁶ CMYK è l'acronimo inglese di *cyan, magenta, yellow e black*, ovvero *ciano, magenta, giallo e nero*, i 4 colori utilizzati nelle tecnologie di stampa quadricromatiche. L'acronimo CMY è lo stesso, senza il nero.

¹⁷ In inglese *dithering algorithm*, algoritmo di retinatura. E' il corrispettivo digitale dell'*half-toning*: utilizzando 4 colori, si ottiene un'immagine che appare costituita da più colori.

¹⁸ In italiano *punti per pollice*.

sublimazione fa riferimento al processo per mezzo del quale un solido riscaldato assume direttamente lo stato gassoso senza passare attraverso la fase liquida.

La maggior parte delle stampanti a sublimazione di colore utilizza colori CMYK. Molte stampanti di questo tipo, professionali e non, vengono utilizzate per realizzare stampe fotografiche. Poiché la quantità di materiale colorante trasferito sulla carta può essere controllata in misura maggiore che nel processo a cera termica, l'intensità dei colori può essere regolata. Inoltre i colori possono essere fusi invece che ricondotti alle tinte base della retinatura¹⁹, il che consente di creare immagini qualitativamente migliori delle immagini della stampa a cera termica. In alcune applicazioni commerciali, si utilizza un processo conosciuto come trasferimento a sublimazione di colore secondario²⁰. In questo tipo di stampa, i colori vengono riscaldati una prima volta per trasferire l'immagine ad un supporto, poi una seconda volta per spostare l'immagine dal supporto alla carta. In alcune applicazioni ad alta risoluzione, ad es. nel settore medico, per sublimare i colori resinosi vengono utilizzati i laser invece delle testine termiche.

Siccome i colori usati in queste stampanti possono aderire anche alla plastica, il processo di sublimazione del colore viene spesso utilizzato per i documenti d'identità che richiedono una fotografia. Un FDE dovrebbe tenere a mente che i pannelli CMYK utilizzati in queste stampanti e in quelle a cera termica conservano le immagini del materiale stampato. Quindi, se si sospetta che una di queste stampanti abbia giocato un ruolo fondamentale in un reato, i pannelli colorati vanno esaminati attentamente.

La scoperta del processo a sublimazione di colore è normalmente attribuita a Noël de Plasse, all'epoca in cui lavorava per la società Lainière de Roubaix, in Francia, nel 1957.

Fu solo alla fine degli anni '80 e all'inizio degli anni '90, però, che società come la Mitsubishi, Seiko e Tektronix iniziarono a vendere stampanti a sublimazione di colore commerciali basate sul linguaggio PostScript.

¹⁹ In inglese *dithering*. E' un procedimento utilizzato per visualizzare un'immagine con colori diversi da quelli originali. Il processo consiste nel giustapporre i pixel di due colori per creare l'illusione di un terzo colore. Un esempio può venire dalle immagini costituite da pixel in bianco e nero, che possono creare l'illusione ottica che si tratti di grigi. La rimozione della retinatura (*Dithering removal* opp. *Descreeening*) si rende necessaria ogni qualvolta sia necessario scannerizzare un testo. Al contrario, non va assolutamente utilizzata quando si scannerizzano foto.

²⁰ In inglese *secondary dye sublimation transfer*.

16.2.10 Stampanti a carta termica

L'utilizzo delle stampanti a carta termica è cresciuto enormemente negli ultimi anni grazie al proliferare dei terminali "point-of-sale" (POS), che sfruttano questo tipo di stampa. Un tempo usata principalmente per i fax, la carta termica si è fatta strada fra outlet, grandi catene commerciali, banche, assistenza sanitaria, distributori e videogiochi. Uno sviluppo recente della stampa a carta termica è la carta a due colori, che può stampare immagini sia rosse che nere. I terminali POS come l'Epson TM-6000II sono fatti per trarre vantaggio da queste carte bicromatiche. Alcune carte termiche, come quella della Appleton, possono avere una targhetta di sicurezza UV incorporata. Queste targhette sono invisibili alla luce normale, ma possono essere viste chiaramente con i raggi ultravioletti. Le carte delle targhette di sicurezza incominciano ad essere utilizzate come misure anticontraffazione per gli imballi, e possono essere visibili sui biglietti aerei stampati al banco.

Tutte le stampanti dirette a carta termica utilizzano una serie di aghi riscaldati, che entrano a contatto con la carta. Il calore causa una reazione chimica nella carta, dando luogo all'immagine. Nel 2000, le stampanti termiche dominavano il mercato dei POS, codici a barre, etichette e biglietti per il loro basso costo, eccellente qualità di stampa, silenziosità e facilità d'integrazione con i terminali POS esistenti.

16.2.11 Stampanti ad inchiostro solido/a getto d'inchiostro

La Tektronix, di recente acquistata dalla Xerox, introdusse la prima stampante a inchiostro solido, la Phaser, nel 1991. Nel 2004 le stampanti Xerox 8400 furono messe in vendita per meno di \$ 1.000 negli USA. L'attuale gruppo di stampanti a colori a inchiostro solido utilizza quattro bacchette di inchiostro resinoso, che mescolate e spruzzate su un tamburo formano la pagina. La disposizione delle gocce è controllata da una serie di ugelli a getto d'inchiostro posizionati sulla testina.

Nelle stampanti Xerox, il processo di trasferimento dei quattro colori sul tamburo viene completato prima che la carta inizi a scorrere sulla stampante. Questo consente ai punti di essere posizionati con grande precisione e alla carta di effettuare un percorso molto breve a confronto con la maggioranza delle stampanti laser quadricromatiche. Tutte le stampanti Xerox 8400 possono essere impostate per stampare pagine doppie (a due lati).

16.2.12 Stampanti ibride (Digital Offset)

Molte tecnologie moderne combinano tecniche vecchie e nuove di stampa. Ad es., invece di esporre alla luce un negativo litografico, si preferisce imprimere le lastre di stampa della litografia offset con un dispositivo di scansione laser. In questo modo, testo e immagini (comprese le immagini tipiche in quadricromia necessarie per un'elaborazione full-color) possono essere inviati direttamente da un computer al "bruciatore" di una piastra laser senza bisogno di degalvanizzare il colore con tecnica fotografica.

Un altro ingresso recente nell'arena digitale è la stampa offset digitale (DOP). Le stampanti DOP utilizzano un tamburo elettrostatico e inchiostri liquidi digitali speciali, sensibili elettrostaticamente. Due dei maggiori produttori di stampe nuove digitali offset sono la Hewlett-Packard, con le sue Indigo, e la Heidelberg. In questi tipi di stampanti, le immagini si formano su un tamburo elettrostatico e gli inchiostri si depositano sulla superficie del tamburo, più o meno nello stesso modo in cui il toner viene depositato nella stampa laser standard. L'inchiostro viene poi trasferito ad un cilindro offset (detto "blanket"²¹), che riceve l'immagine dalla lastra e la trasferisce sulla carta.

Nella più recente versione delle HP Indigo, possono essere stesi al massimo sette colori, ad una risoluzione effettiva di 812x812 dpi con massimo 230 linee per pollice. Da un punto di vista forense, può essere molto difficile distinguere la stampa tradizionale offset da quella digitale senza condurre qualche analisi distruttiva.

²¹ In italiano *cilindro porta-caucciù*.

16.3 Caratteristiche identificative dei processi di stampa

16.3.1 Stampanti mainframe

Prodotti realizzati con queste stampanti si trovano più facilmente in documenti storici che nei moderni documenti. Se la stampa avviene su carta green-bar²² alimentata a trattore, ci sono buone probabilità che sia stata generata da una stampante ad impatto come quelle ad aghi o ad alta velocità. La tipica "line printer"²³ dà un prodotto monospaziato, con 10 caratteri per pollice; i primi modelli disponevano solo di lettere maiuscole, quelli più recenti anche di minuscole.

Le lettere sono compatte come i caratteri della macchina da scrivere e, come questi, vengono spinte attraverso un nastro inchiostroato per comporre il testo sulla carta.

Sebbene i caratteri possano sembrare fatti di minuscoli punti o linee, si tratta di un'illusione causata dalla trama del nastro di stoffa. Un classico esempio di prodotto con stampante di questo tipo da computer mainframe è alla Fig. 16.14.



Fig. 16.14: Saggio di stampa realizzato con "line printer" poco ingrandita a sinistra, molto ingrandita a destra.

16.3.2 Stampanti per macchine da scrivere

²² Viene detta così la carta a righe alternate bianche e verdi delle stampanti ad aghi.

²³ Vedi nota 13.

Talvolta è impossibile distinguere un documento realizzato con una macchina da scrivere a margherita o a sfera da uno prodotto con una stampante per computer. Infatti, alcune macchine da scrivere dotate di memoria sono in realtà degli ibridi che possono essere usati per inserire dati attraverso una tastiera, registrare le battute e poi recuperarle utilizzando la macchina da scrivere come una stampante.

16.3.3 Stampanti ad aghi

Poichè le stampanti ad aghi utilizzano un processo di stampa ad impatto, esse vengono spesso usate in ambienti dove vengono stampati moduli a carbone o senza carbone (NCR). Registrosioni di ospedali, ricevute di registrosioni di cassa e moduli per le tasse sono tipiche forme di documento create con stampanti ad aghi. Le più comuni matrici di punti che si trovano nelle stampanti ad aghi sono la 9 verticale, la 18 verticale (2 colonne di 9) e la 24 aghi (2 colonne di 12).

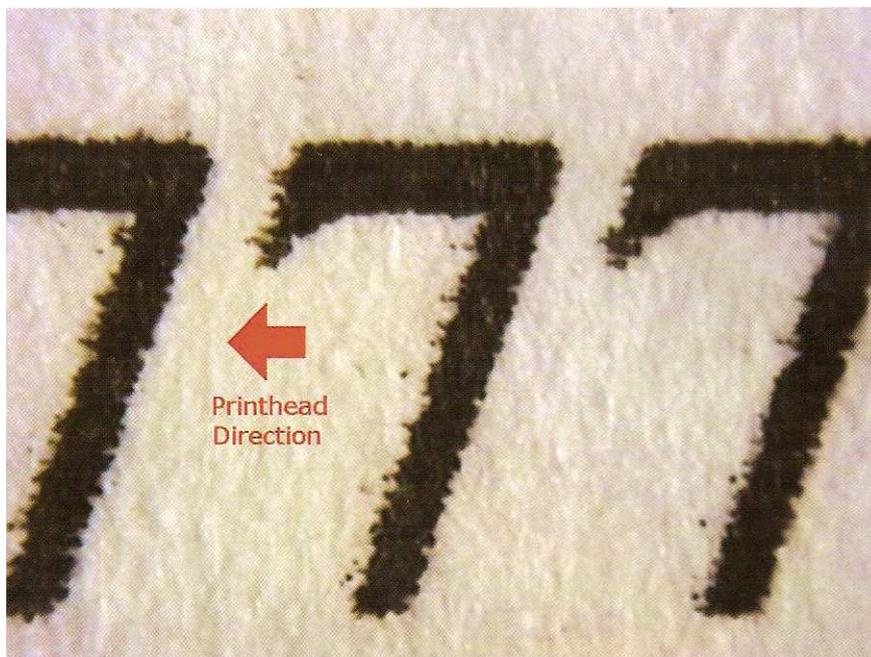
16.3.4 Stampanti a getto d'inchioostro

Le stampanti a getto d'inchioostro sono di due tipi, continuous drop e drop-on-demand²⁴. Tutti i modelli moderni appartengono al secondo tipo. Nelle applicazioni commerciali ad alta velocità, tuttavia, le stampanti continuous-drop sono più diffuse. Le applicazioni più comuni di queste stampanti sono il confezionamento, i codici a barre, le stampe e i biglietti della lotteria. La Fig. 16.17 mostra il prodotto di un stampante drop-on-demand in modalità monocromatica (a) e in quadricromia (b).

16.3.5 Stampanti monocromatiche e a colori laser/LED

²⁴ Vedi nota 14.

Sia le stampanti in bianco e nero che quelle a colori laser/LED utilizzano il toner secco come inchiostro. Non va dimenticato, inoltre, che anche le fotocopiatrici utilizzano il toner. Alcune macchine xerografiche di vecchia generazione utilizzavano dei rulli per pressare il toner sulla carta, mentre le macchine moderne usano dei rulli riscaldati per fondere un agglomerante termoplastico con il toner. Come risultato, alcune stampanti xerografiche producono immagini e testi dall'aspetto "vitreo". Questo problema non esiste con la maggior parte dei toner più recenti, che hanno un aspetto più uniforme.



(a)



(b)

Fig. 16.17: Saggio di stampa realizzata con stampante a getto d'inchiostro e testina che procede verso sinistra. a) Le gocce d'inchiostro che appaiono su un lato dei caratteri sono spie tipiche della stampa a getto d'inchiostro e possono essere utilizzate per determinare la direzione della testina. (b) Quest'immagine mostra la configurazione di una retinatura in quadricromia (ciano, magenta, giallo e nero) associata con grafica a colori.

16.3.6 Stampanti a cera termica

Le stampanti a cera termica danno un prodotto a risoluzione relativamente bassa, ma hanno colori molto saturi. Uno spillo o uno scalpello possono essere utilizzati per raschiare l'inchiostro ceroso dalla superficie della carta. Alcuni fax utilizzano questa tecnologia.

16.3.7 Stampanti a sublimazione di colore

La stampa a sublimazione di colore viene spesso utilizzata per produrre immagini fotografiche da dispositivi digitali. Sebbene la risoluzione sia piuttosto bassa, l'occhio ha l'impressione di cogliere un maggior numero di dettagli grazie alle sfumature di colore che questo processo rende possibile.

A differenza degli altri dispositivi CMYK, queste stampanti possono veramente produrre tonalità diverse, semplicemente variando la quantità di calore utilizzato per sublimare i colori. Le

stampanti a sublimazione di colore sono spesso utilizzate per realizzare documenti di identità (sia autentici che falsi). E' bene ricordare che i rulli di pellicola che rimangono sulla stampante conservano le immagini realizzate.

16.3.8 Carta termica

La carta termica è disponibile in due modelli. Il primo tipo assomiglia alle vecchie copie termiche dei fax con carta speciale rivestita, liscia sul rovescio e "gessosa" sul lato dell'immagine. Il secondo assomiglia maggiormente alle partite di carta comuni e pesanti, che hanno un rivestimento termicamente sensibile. Alcune carte più nuove hanno rivestimenti a doppia temperatura che possono stampare sia in nero che in rosso. Con un ingrandimento medio, la densità irregolare degli elementi di stampa diviene visibile.

16.3.9 Stampanti ad inchiostro solido/a getto d'inchiostro (Tektronix/Xerox)

Le minuscole gocce di inchiostro fuso vengono spruzzate su un tamburo di trasferimento e poi fuse a freddo (pressate) sulla superficie della carta. Nei primi modelli, questo metodo di fusione dava luogo ad un allungamento delle gocce d'inchiostro solido (che si trovavano intorno al tamburo) lungo la direzione del percorso della carta. Attualmente, queste gocce tendono a rimanere più raccolte che nei primi modelli Tektronix/Phaser.

16.4 Standards per un confronto

A prescindere dalla familiarità con l'aspetto di toner e inchiostri, non c'è nessun sostituto per standard di confronto effettuati sul campo. Una sosta dal rivenditore locale può essere utile per procurarsi campioni realizzati con stampanti di vari produttori e con diversi modelli dello stesso produttore. Non va dimenticato, tuttavia, che i campioni così ottenuti sono realizzati con

macchine impostate in modalità demo. Per l'FDE, ciò significa che i campioni hanno una qualità di stampa eccellente, non necessariamente coerente con gli oggetti d'esame.

16.5 Conclusioni

Questo è stato un capitolo lungo e complesso, che ha tentato di toccare diversi aspetti dell'esame forense dei documenti generati al computer. Anche sforzandoci di selezionare solo le informazioni più importanti, abbiamo dovuto discutere diversi argomenti come l'aspetto dei caratteri, la storia delle stampanti, la tipografia e, naturalmente, i modi in cui questi argomenti influiscono sull'esame forense dei documenti elettronici.

E' ovvio che, così come la tecnologia utilizzata per creare documenti al computer continua ad evolversi, parallelamente continuerà ad evolversi l'esame forense di tali documenti. Ad es., molti laboratori in tutto il mondo stanno conducendo delle ricerche per determinare se un'analisi di toner, inchiostri e altri mezzi possa essere personalizzata per un particolare produttore. I dispositivi utilizzati dall'industria elettronica della stampa stessa per determinare la qualità del prodotto e l'identificazione per immagini stanno iniziando a farsi strada nell'arena forense come strumenti identificativi. I moderni FDE si stanno adattando ai documenti elettronici proprio come quelli di 80 anni fa furono costretti ad abituarsi ai documenti emergenti di tipo meccanico. La generazione successiva crescerà in un mondo che ha sempre avuto computer e documenti elettronici.

Appendice: Principali difetti di output delle stampanti laser e loro cause

Nella sua guida alle stampanti laser, la Hewlett-Packard elenca 23 diversi tipi di difetti comuni che influiscono sulla qualità della stampa di una stampante laser. Sebbene alcune cause siano specifiche di particolari modelli, molte sono applicabili a tutte le stampanti laser. La tabella seguente riepiloga questi difetti e le loro cause più comuni:

Difetto	Cause possibili
pagine bianche	la cartuccia del toner è vuota o difettosa; il nastro d'imbballaggio non è stato rimosso dalla cartuccia del toner; l'alimentazione è scarsa; il rullo di trasferimento è difettoso.
pagine nere	La cartuccia del toner non è installata correttamente o è difettosa; i contatti sono sporchi o l'alimentazione è difettosa; la luce filtra nella stampante; il cavo del laser/scanner o l'unità laser/scanner sono difettosi.
linee verticali sottili e scure	la cartuccia del toner è difettosa; il rullo di caricamento primario è sporco o difettoso; i dentini per l'eliminazione dell'energia elettrostatica sono sporchi o difettosi; il cuscinetto di pulizia del fusore o l'unità del fusore sono difettosi.
immagine obliqua	la carta non è caricata correttamente; i rulli o i cuscinetti di separazione sono usurati; i rulli di sollevamento e separazione sono usurati; gli ingranaggi sono difettosi; l'unità di registrazione è sporca o difettosa; l'unità laser/scanner non è allineata correttamente.
registrazione difettosa	la carta non è conforme alle specifiche; il margine di entrata della carta è increspato: la carta non è caricata correttamente; il vassoio della carta è troppo carico; i rulli di alimentazione sono usurati; il solenoide è inceppato; i motori dell'ingranaggio sono usurati o rotti.
stampa scolorita	la carta non è conforme alle specifiche; la cartuccia del toner è scarica; la densità della stampa è male impostata; è impostata la modalità economica; il rullo di trasferimento è difettoso; la corona di trasferimento è difettosa.
linee orizzontali/difetti che si ripetono	la cartuccia del toner non è posizionata correttamente o è difettosa; l'unità laser/scanner è difettosa; si è verificato un difetto su uno dei tamburi o rulli che vengono a contatto con la carta; i dentini per l'eliminazione dell'energia elettrostatica sono sporchi; gli ingranaggi sono difettosi.
vuoti di caratteri	la carta non è conforme alle specifiche; la stampa ha luogo sul rovescio della carta: il fusore è difettoso; il rullo di trasferimento è difettoso; l'alimentazione o l'alimentatore sono difettosi; la densità di stampa non è impostata correttamente.
effetto "puntinatura"	la densità di stampa non è impostata correttamente; la cartuccia del toner è difettosa; la carta non è conforme alle specifiche; la carta è troppo umida o troppo secca (optimum: 40-60% umidità relativa); il rullo o la corona di trasferimento sono sporchi o difettosi; se si stampa una busta: la stampa avviene sulle linee di giunzione; accumulo di toner nella guida d'ingresso al fusore.
retro della pagina sporco	il toner è fuoriuscito dalla cartuccia; l'interno della stampante è sporco; il rullo di trasferimento è sporco; i rulli di alimentazione sono sporchi; il fusore è sporco; il cavo della corona è rimasto attaccato; il rullo di alimentazione è sporco; c'è accumulo di toner nell'unità del fusore.
strisce verticali, sottili e bianche	la cartuccia del toner è difettosa o quasi vuota; ostacoli esterni sono presenti sul percorso del raggio laser; le lenti per la messa a fuoco dello scanner possono essere sporche; lo specchietto raggio-tamburo è sporco; il cuscinetto di pulizia del fusore è sporco.
banda macchiata per	l'ingranaggio del motore principale non è innestato sugli ingranaggi del tamburo della cartuccia del toner;

eccesso di stampa	l'unità del fusore è sporca o difettosa; i dentini per l'eliminazione dell'energia elettrostatica sono sporchi; la cartuccia del toner è difettosa.
il toner macchia un lato della pagina	la cinghia di separazione è sporca; il rullo di separazione è sporco; il "pinch roller" è sporco; la cartuccia del toner è difettosa; il cavo di corona primario della cartuccia del toner è sporco.
strisce verticali offuscate	la superficie conduttiva della guida è usurata, e questo provoca carica elettrostatica; la guida di alimentazione è difettosa; il cavo di corona primario è sporco; la cartuccia del toner è difettosa; l'interno della stampante è sporco.
testo destro o sinistro mancante/distorto	un oggetto estraneo si trova sul percorso del raggio laser; la cartuccia del toner è vuota; l'etichetta di istruzioni sull'otturatore dello specchietto del laser è lasca; lo specchietto raggio-tamburo è piegato o non allineato; le staffe del rivestimento superiore sono curve.
deformazione	la cartuccia del toner è difettosa; gli ingranaggi sono difettosi; c'è un problema con il trasporto della carta; il motore principale è difettoso; l'alimentazione o l'alimentatore sono difettosi.
stampa a bolle	il tamburo fotosensibile dentro alla cartuccia del toner non è fissato; il fusore è difettoso; la cartuccia del toner perde; la carta non è conforme alle specifiche; l'alimentazione è difettosa.
"puntinatura" del margine di entrata	la carta non è conforme alle specifiche; la guida d'ingresso al fusore non è impostata correttamente; l'alimentazione o il rullo/cavo di trasferimento sono difettosi; la densità di stampa necessita di regolazione; i rulli e i punti di contatto dell'alimentazione devono essere puliti.
stampa compressa	la cartuccia del toner è difettosa; gli ingranaggi del tamburo sono rotti o usurati; gli ingranaggi del tamburo sono difettosi.
porzioni della pagina bianche	la memoria è stata oltrepassata – la pagina è troppo complessa; la stampa è su un tipo di carta più grande di quello per cui è impostato il software.
linea bianca orizzontale	la cartuccia del toner è difettosa.
strisce orizzontali offuscate	il cavo dello scanner è difettoso; la cartuccia del toner è difettosa; l'alimentatore è difettoso; il contatto di massa della cartuccia del toner è difettoso.
stampa a onde	l'unità scanner è difettosa; il cavo dello scanner è difettoso; l'alimentatore è difettoso.

19

Manipolazioni di fotocopie, fax e documenti al computer

BRIAN S. LINDBLOM – ROBERT GERVAIS

Indice

- 19.1 Firme originali contro riproduzioni a colori
- 19.2 Identificazione e confronto del processo di stampa o di riproduzione
- 19.3 Considerazioni tipografiche
- 19.4 Come valutare allineamento, spaziatura e distorsione da copia
- 19.5 Considerazioni speciali per fax manipolati
- 19.6 Conclusioni

CAP. 19: Manipolazioni di fotocopie, fax e documenti al computer

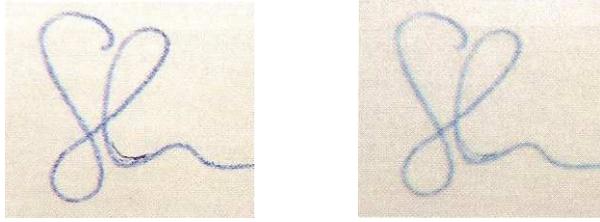
I documenti fotocopiati, faxati e realizzati al computer sono particolarmente soggetti a inserimento e sostituzione di pagine, manipolazione taglia-incolla, e uso di documenti autentici per realizzare documenti falsi. Questo si deve in parte alla facilità con cui tali alterazioni possono essere messe in atto utilizzando le diverse tecnologie, in parte al fatto che le riproduzioni fraudolente possono nascondere molti dei comuni indizi di alterazione. Non è insolito ricevere documenti nei quali gli effetti della distorsione e della perdita del dettaglio dovuti al processo di copia risultano amplificati dalle molteplici riproduzioni (copia di una copia di una copia...). E' dunque necessario un esame approfondito per individuare i veri indizi di alterazione.

19.1 Firme originali contro riproduzioni a colori

Uno dei primi esami da svolgere consiste nella valutazione di ogni informazione scritta sul documento per stabilire se gli scritti siano originali o copie. Molti esaminatori di documenti si trovano ad aver a che fare con documenti che passano per originali, ma che ad un'ispezione attenta rivelano caratteristiche coerenti con fotocopiatura a colori o stampa a getto d'inchiostro per imitare, ad es., l'inchiostro blu. Nella maggior parte dei casi i punti ciano, magenta, giallo e nero che costituiscono il processo di colore sono visibili ad ingrandimento (Fig. 19.1). Va ricordato che il mero provare che la firma e la manoscrittura sono fotocopie o stampe a colori piuttosto che originali è talvolta sufficiente per risolvere il caso.

Firma originale

Firma a getto d'inchiostro



Puntini di colore ciano, magenta, giallo e nero sono evidenti nella versione a getto d'inchiostro

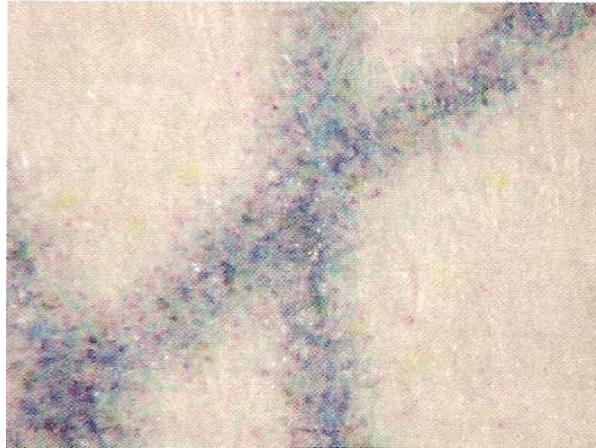


Fig. 19.1: Quando un documento viene presentato come originale, dovrebbe essere esaminato al microscopio per verificare se risultino effettivamente delle linee d'inchiostro oppure ci sia evidenza di una riproduzione.

19.2 Identificazione e confronto del processo di stampa o di riproduzione

Col tempo è divenuto sempre più difficile distinguere fra documenti fotocopiati e documenti realizzati al computer. Infatti, tutte le tecnologie di stampa e di elaborazione dell'immagine sono presenti in entrambi i processi (in molti casi anche nella stessa macchina multi-funzione), il che spesso rende impossibile distinguere l'uno dall'altro. Di conseguenza, molti aspetti della discussione che segue sono ugualmente applicabili a documenti fotocopiati e realizzati al computer.

Qualsiasi esame di materiali faxati, fotocopiati e realizzati al computer dovrebbe includere una valutazione generale della tecnologia di stampa impiegata. Poiché molti metodi di stampa evidenziano caratteristiche distintive, spesso un microscopio e varie fonti di luce possono

agevolare l'identificazione. Alcune delle più comuni tecnologie di stampa attualmente in uso sono quella elettrostatica, la bubble-jet e quelle a cera termica, a pigmenti, a sublimazione di colore e ad aghi. L'identificazione della tecnologia di stampa può servire a far luce sulla plausibilità delle testimonianze rese, così come su possibili inserimenti di testo o sostituzioni di pagina.

Nel caso in cui venga individuato un solo metodo di stampa, è possibile tentare un'ulteriore classificazione distinguendo le varie impostazioni della stampante, o persino distinguere le stampanti attraverso l'uso di tecniche di esame più sofisticate. Nell'esempio in Fig. 19.2, due righe di testo sono state generate con una getto d'inchiostro normalmente impostata, mentre l'ultima frase è stata stampata con una risoluzione maggiore. Le differenze nella dispersione dell'inchiostro, unitamente all'ubicazione delle gocce d'inchiostro intorno alle lettere, servono da caratteristica discriminante fra i due prodotti.

charge of \$20 per day for any amount that is more than five (5) days late. Rent will be prorated if the term does not start on the first day of the month or for any other partial month of the term. As a signing bonus, the first 6 months of residency shall be at the reduced rate of \$500.00.

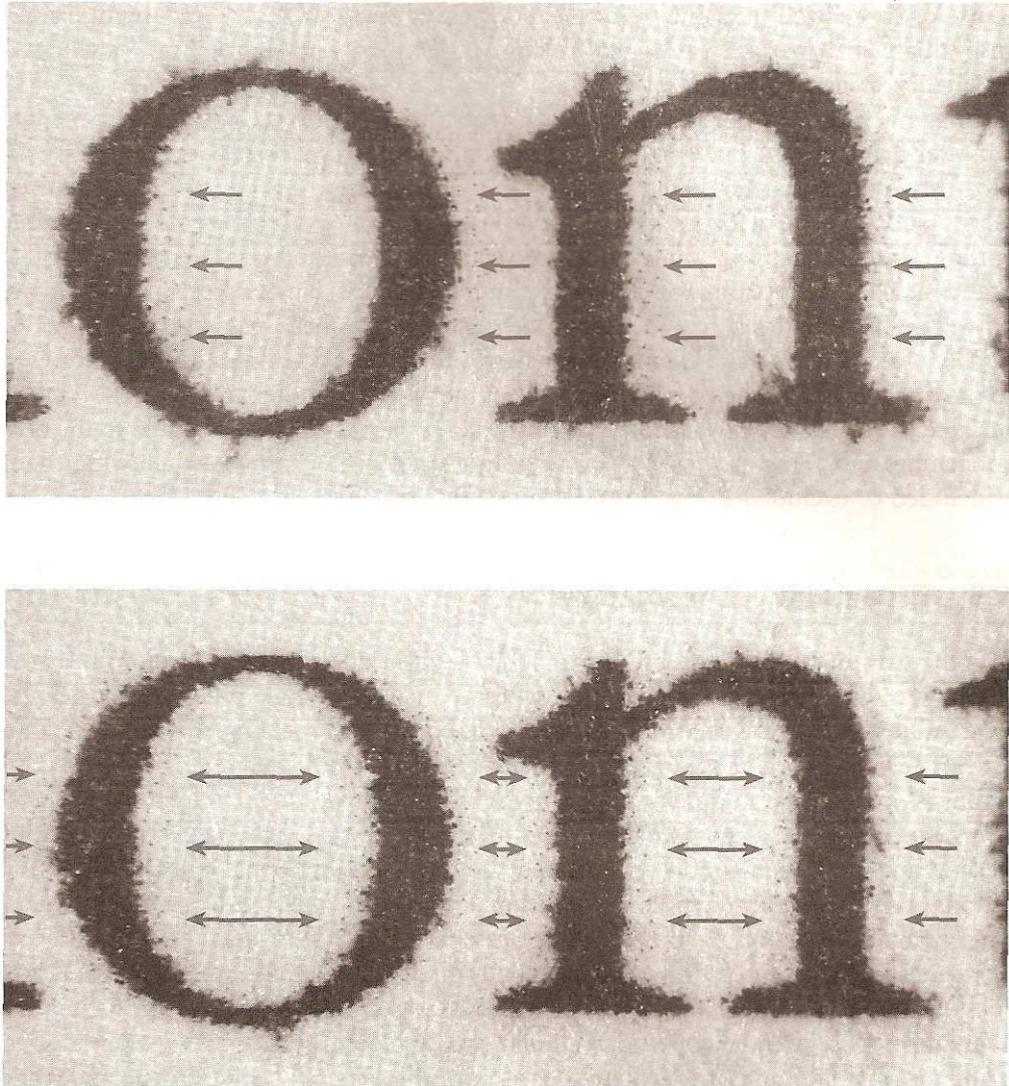


Fig. 19.2: L'illustrazione mostra un esempio di testo stampato utilizzando una stampante a getto d'inchiostro con impostazione normale e superiore. Va notato che l'eccessiva vaporizzazione appare su entrambi i lati dei caratteri nell'immagine inferiore (impostazione superiore), mentre appare principalmente a destra nell'immagine superiore (impostazione normale).

Sui documenti prodotti con stampanti laser o fotocopie, le caratteristiche e la configurazione della dispersione delle particelle di toner possono essere esaminate e confrontate utilizzando la spettroscopia in trasformata di Fourier (FTIR), il microscopio a scansione elettronica (SEM), il microscopio confocale o la spettroscopia EDX²⁵. Alcuni mezzi di scrittura, come l'inchiostro

²⁵ In inglese rispettivamente *Fourier transform infrared spectroscopy, scanning electron microscopy, confocal microscopy, energy dispersive x-ray.*

bubble jet e i colori a sublimazione, possono essere distinti l'uno dall'altro attraverso l'uso dell'esame a infrarossi o con gli ultravioletti.

Riguardo al processo di fotocopiatura elettrostatico, un'ulteriore classificazione può essere fatta fra le macchine che impiegano la tecnologia analogica e i più recenti sistemi digitali. Sebbene identificare la configurazione pixel delle fotocopiatrici digitali da un lato e le immagini non digitalizzate create da macchine analogiche dall'altro sembri cosa semplice, bisogna essere cauti nel tirare le conclusioni perché l'eventuale presenza di pixel potrebbe essere semplicemente una riproduzione di caratteristiche rinvenute nell'originale o in una copia intermedia. Con le risoluzioni delle moderne stampanti laser nel range 1200-2400 dpi, l'FDE dev'essere prudente nell'identificare un documento come fotocopia analogica. Con queste risoluzioni, la larghezza del pixel è così ridotta che le dimensioni delle particelle di toner, l'accumulo di toner e le fibre della carta potrebbero causare problemi di interferenza significativi per valutare la digitalizzazione, anche con un buon ingrandimento.

Determinare se più di una macchina sia stata usata per produrre un documento costituito da molte pagine oppure una porzione di testo di un unico foglio è talvolta di importanza cruciale. Mentre le differenze grossolane possono risultare evidenti ad un'analisi al microscopio, altre differenze possono essere scoperte solamente usando strumenti di analisi più sofisticati. La ricerca *leading-edge*²⁶ viene condotta per misurare la qualità di stampa con l'uso di strumenti di visione specializzati. Utilizzando questi strumenti, l'FDE può valutare parametri come la configurazione e la posizione dei punti, il frastagliamento dei margini, le gocce d'inchiostro e la qualità del testo, per nominarne solo alcuni.

I difetti su documenti generati da fax, fotocopiatori e computer sono stati discussi nei capitoli precedenti. Tali difetti possono servire per identificare il materiale prodotto con più di una macchina, e possono quindi essere usati per identificare la sostituzione di pagine o persino le aggiunte all'interno di un singolo foglio. Ad es., in un testamento realizzato a computer, può apparire un vuoto di stampa su tutte le pagine ad eccezione di una. Questa discrepanza,

²⁶ Letteralmente *marginale di entrata*. Termine con cui si definisce il margine di una pagina che viene letto per prima dallo scanner.

unitamente ad altre differenze (nella carta, nei fori delle graffette e/o nei solchi), può servire a dimostrare che una pagina è stata sostituita.

Il vero valore di questi esami sta nel loro uso come tecniche di comparazione, volte a stabilire se ogni porzione del documento sia coerente con le altre. E' possibile altresì fare il percorso inverso, cioè confrontare i risultati con il prodotto delle macchine presumibilmente responsabili della creazione del documento.

19.3 Considerazioni tipografiche

Dopo aver accertato la tecnologia di stampa utilizzata per realizzare un determinato documento, il testo va esaminato per stabilire se ovunque sia stato utilizzato lo stesso carattere. Date le somiglianze fra molti tipi di caratteri, questo tipo di esame richiede un'analisi molto attenta dei dettagli tipografici più fini. La sovrapposizione di lettere ripetute o di combinazioni di parole rappresenta un metodo utile per confrontare rapidamente singoli caratteri all'interno di un documento. L'FDE deve tenere a mente che pagine originate da generazioni di copie diverse possono essere leggermente diverse quanto a dimensioni, e questo impatta sul confronto. Ovviamente, va verificata anche l'eventualità che la stampa di diverse sezioni sia stata prodotta con dimensioni diverse per ragioni di formattazione. Allo stesso modo, una distorsione non lineare da riproduzione potrebbe essere giustificata in una singola pagina. Più remota è la copia in questione rispetto all'originale, più difficile è determinare se tutto il testo ha lo stesso tipo di caratteri e dimensioni.

Questa difficoltà è dovuta in parte all'effetto *filling-in*, in parte alla perdita dei dettagli più fini che si verifica allorchè diverse generazioni di copie si succedono. L'FDE si confronta con un problema simile quando confronta il testo di una copia fax, dove la risoluzione è generalmente compresa fra 100 e 200 dpi.

In ogni caso, ogni differenza di font o stili dev'essere rilevata, e la giustificazione di ogni variazione indagata.

19.4 Come valutare allineamento, spaziatura e distorsione da copia

Il passo seguente è quello di valutare l'interlinea in tutto il documento. Varie tecniche di misurazione possono essere utilizzate, dalle dime di vetro o plastica all'uso di software appropriati. Qualunque sia la tecnica, l'FDE deve assicurarsi di rilevare qualsiasi alterazione presente.

Questo vale particolarmente per le copie multi-generazione e i fax, nelle quali non è infrequente vedere la linea di base del testo ondulare sulla pagina. Per valutare con precisione ogni distorsione presente, è consigliabile effettuare misurazioni di più linee. Sarebbe infatti un errore concentrarsi solamente sulla riga in questione, collegandola al massimo con le linee immediatamente sopra e sotto. Com'è facilmente intuibile, le differenze di spaziatura fra righe e quelle dei margini sono rilevanti solo se il testo circostante è coerentemente spaziato.

Due elementi tipografici che entrano in gioco quando si fanno tali misurazioni sono la correzione ottica e i caratteri speciali. Il termine *correzione ottica* fa riferimento alla pratica tipografica nella quale i caratteri con le basi arrotondate sono posizionati in modo tale da poggiare leggermente al di sotto dell'effettivo rigo di base. Per questa ragione, la misura delle linee di base non dovrebbe basarsi su caratteri come *O*, *e* o *C*. Allo stesso modo, caratteri speciali possono discendere o non discendere al di sotto del rigo di base, a seconda dello stile del carattere. Un ulteriore motivo di cautela risiede nel fatto che la presenza di un solo carattere di diversa dimensione o diverso occhio può alterare la linea di base dell'intera riga, e conseguentemente di tutte quelle che seguono.

Che si valuti un fax, una fotocopia o un testo realizzato al computer, Adobe Photoshop® e altri software simili possono rappresentare uno strumento valido per valutare l'orientamento delle linee. Prima si scannerizza il documento in Photoshop (Fig. 19.6a), poi si utilizza uno strumento di misurazione unitamente alla funzione Rotate Arbitrary per portare il documento in posizione

ortogonale rispetto ad una linea di testo selezionata (Fig. 19.6b). Una volta che questo è fatto, gli stessi strumenti vengono usati per ottenere informazioni sull'orientamento della linea (Fig. 19.6c). Carney raccomanda di misurare ogni linea più volte per maggiore sicurezza.

Anche i software di grafica possono essere efficaci nella valutazione delle spaziature delle linee. Photoshop, ad es., permette di sovrapporre al testo una griglia, che consente una verifica dei pixel all'interno dei suoi spazi. Con altri programmi, come Macromedia's Freehand[®], è possibile importare l'immagine scannerizzata e creare una griglia uniformemente spaziata, contrassegnando la due porzioni di linee contigue e verificando poi cosa avviene in corrispondenza di eventuali incrementi di linea (Fig. 19.7).

3. RENT.

Tenant agrees to pay, without demand, to Landlord as rent for the House the sum of \$1280.00 per month in advance on the first day of each calendar month, at 543 Valleyview Lane, Orleans, Ontario, or at such other place as Landlord may designate. Landlord may impose a late payment charge of \$20 per day for any amount that is more than five (5) days late. Rent will be prorated if the term does not start on the first day of the month or for any other partial month of the term. As a signing bonus, the first 6 months of residency shall be at the reduced rate of \$500.00.

a) ↑

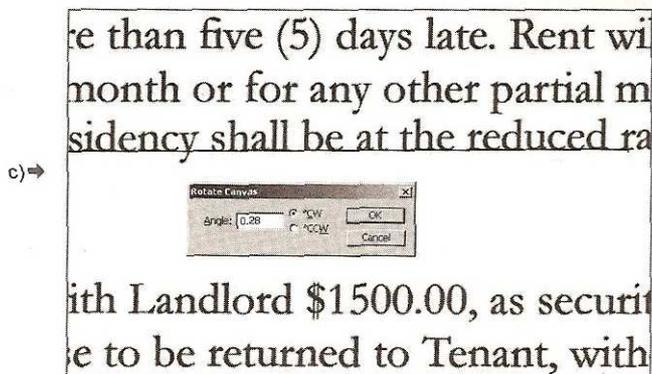
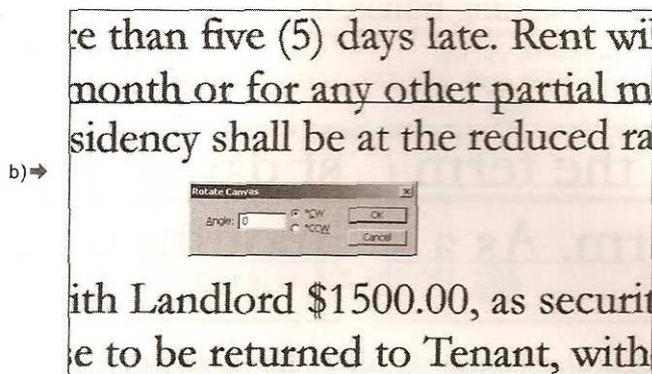


Fig. 19.6: C'è il sospetto che una riga di dattiloscrittura sia stata aggiunta alla fine di un paragrafo. Utilizzando la funzione Rotate Arbitrary congiuntamente allo strumento di misurazione di un software, è possibile calcolare l'angolo che ogni riga forma rispetto a quelle vicine, identificando in questo modo eventuali disallineamenti che possano essere indice di aggiunte di righe.

Questo metodo non solo aiuta a identificare ogni linea non spaziata regolarmente, ma fornisce anche un'idea immediata delle anomalie che possono presentarsi a seguito di impostazioni derivanti dalla formattazione, cambiamenti di font o stile, alterazioni. Questa tecnica, insieme con la procedura analitica precedentemente citata, rappresenta dunque un elemento chiave dell'attrezzatura di un FDE.

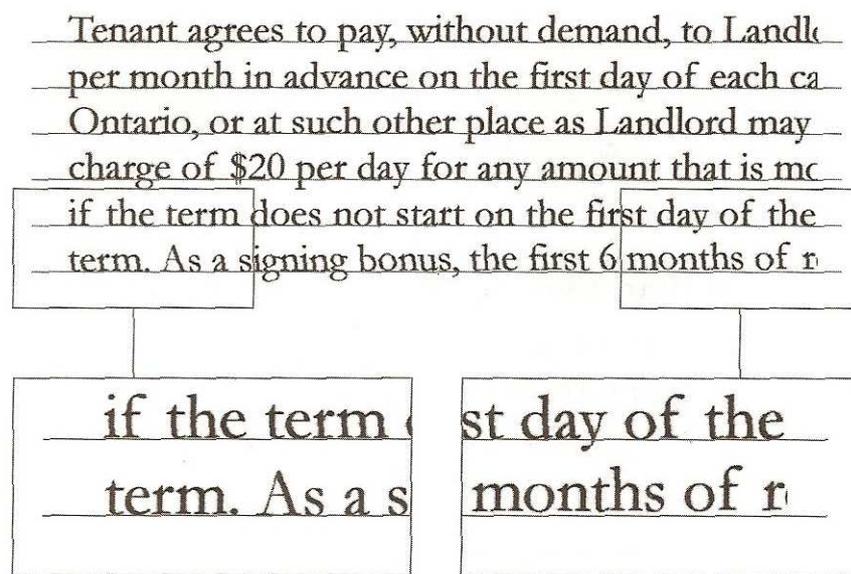


Fig. 19.7: Le griglie di spaziatura possono essere utilizzate per valutare spaziature e distorsioni di righe in un documento dattiloscritto o scritto al computer. Le versioni software delle dime di misurazione sono oggi usate più frequentemente delle versioni in vetro o plastica poichè consentono all'utilizzatore una maggiore flessibilità.

19.5 Considerazioni speciali per fax manipolati

Le alterazioni più ricorrenti nei fax sono rappresentate dal taglia e incolla di firme, paragrafi e porzioni dell'intestazione del Transmit Terminal Identifier (TTI)²⁷. La bassa risoluzione delle trasmissioni fax serve, almeno in parte, a nascondere alcune di queste falsificazioni.

E' necessario ispezionare il fax nella sua interezza per verificare se in tutto il documento vi sia coerenza. Ad es., il grado di pixel della firma è coerente con il fatto che essa è stata faxata? Sono presenti differenze misurabili nei margini, tipi di caratteri, spaziature e TTI? Tutti i dettagli

²⁷ Testo identificativo del mittente che appare come intestazione di un fax ricevuto. A seconda di come viene programmato, contiene il numero di fax e il nome del mittente, la data e l'ora di trasmissione, il numero di telefono del destinatario, il numero di pagina.

del TTI sono scritti con lo stesso carattere? Tutti i caratteri del TTI mostrano un allineamento di base coerente? Il TTI è costituito da un'immagine nitida o c'è evidenza di riproduzione? Tutte queste sono domande preliminari alle quali è necessario dare una risposta.

In un documento fax la risoluzione dell'immagine è bassa, e questa caratteristica in se stessa può assumere valore identificativo da un punto di vista forense. Ad es., è possibile valutare la coerenza nell'orientamento dei pixel in tutto il documento (Fig. 19.10). Due firme vicine, sebbene parallele, potrebbero essere costituite da pixel girati gli uni verso gli altri, il che dimostrerebbe che le firme sono il prodotto di due trasmissioni diverse. Valutare la risoluzione con cui la trasmissione ha avuto luogo può essere utile anche per distinguere una pagina sostituita da quella originale faxata. Ad es., la normale impostazione dei pixel, 100x200 dpi, apparirà in modo più evidente delle impostazioni 200x200 dpi fine o 200x390 dpi ultrafine.

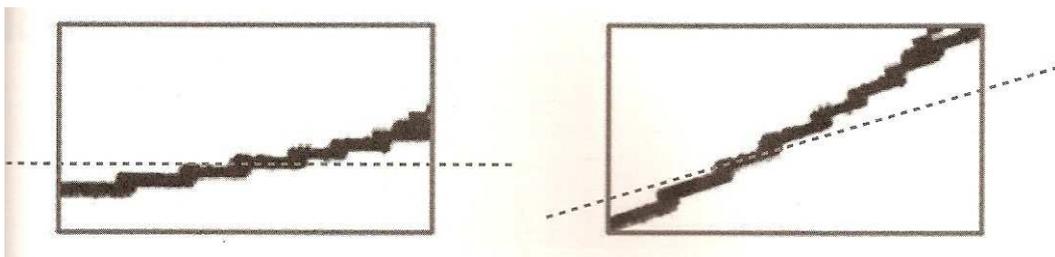


Fig. 19.10: La prova che un documento sia stato realizzato utilizzando porzioni di due fax diversi è evidente nel diverso orientamento dei pixel delle due firme poste l'una di fianco all'altra. Se esse fossero state digitalizzate contemporaneamente e inviate con un'unica trasmissione, non ci sarebbe questa discrepanza.

19.6 Conclusioni

Per garantire che falsificazioni e manipolazioni di documenti non manoscritti vengano scoperte, è necessario un approccio attento e metodico. Le informazioni relative ad ogni porzione di testo devono essere confrontate con quelle del resto del documento e, dove possibile, con campioni diversi provenienti dalle stesse macchine. Gli elementi cui è indispensabile dare la dovuta considerazione sono le tecnologie di stampa, le caratteristiche di allineamento, spaziatura,

tipografia e formattazione, eventuali difetti riscontrabili in testo e immagini, qualità di stampa e risoluzione.