

alta fotografia

di MAURIZIO MICCI

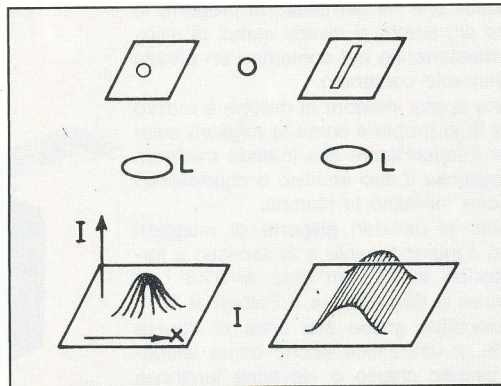


RIPRODUZIONE E QUALITÀ DELL'IMMAGINE

Molti fotografi sono convinti che la qualità di un'immagine può migliorare con la riproduzione. Ciò in molti casi risponde alla realtà, in quanto la riproduzione permette di correggere un contrasto generale troppo alto o troppo basso, di modificare nel senso desiderato la resa tonale, di eliminare eventuali dominanti cromatiche, di recuperare vecchie fotografie sbiadite dal tempo e, usando maschere selettive per le ombre e per le alte luci, di intervenire in modo differenziato per le varie parti dell'immagine. Da un punto di vista scientifico e matematico, cioè del contenuto di informazioni presenti in una fotografia, le cose stanno in modo del tutto diverso, perché in un'immagine riprodotta i dettagli saranno forse più contrastati e più facilmente distinguibili, ma il loro numero complessivo sarà sempre inferiore a quelli presenti nell'originale. In altre parole ogni procedimento di riproduzione comporta la perdita di un certo numero di informazioni e se l'originale va perduto tale perdita è irrimediabile.

La riproduzione può quindi essere considerata come una trasformazione irreversibile destinata a far aumentare lo stato di disordine delle informazioni contenute nell'originale e che modifica l'immagine in qualcosa di più confuso. Questo aumento di disordine è un concetto generale che riguarda tutti i sistemi isolati soggetti a trasformazioni irreversibili, concetto a cui i fisici hanno dato il nome di entropia.

Cominciamo col dire che il più alto stato di ordine, cioè il maggior numero di informazioni, è quello relativo ai soggetti reali. Effettuando



Qui schematicamente mostrata la funzione di dispersione provocata da un obiettivo su punti e linee infinitamente piccoli del soggetto. La funzione di dispersione si manifesta come una variazione dell'intensità I sul piano immagine nella direzione x .

una ripresa con obiettivo e pellicola si ottiene un'immagine che è già profondamente degradata rispetto al soggetto originale. Se questa immagine, che potremmo chiamare di prima generazione, viene stampata ad esempio su carta, si ottiene un'immagine di seconda generazione più degradata della prima. Se la stampa viene rifotografata, il negativo risultante costituisce un'immagine di terza generazione ancora più degradata e se poi si procede alla stampa di quest'ultima si ottiene un'immagine positiva di quarta generazione di qualità molto più scadente. Il fenomeno può essere verificato da chiunque con semplici esperimenti e risulta particolarmente evidente confrontando ad esempio le stampe di seconda e di quarta generazione.

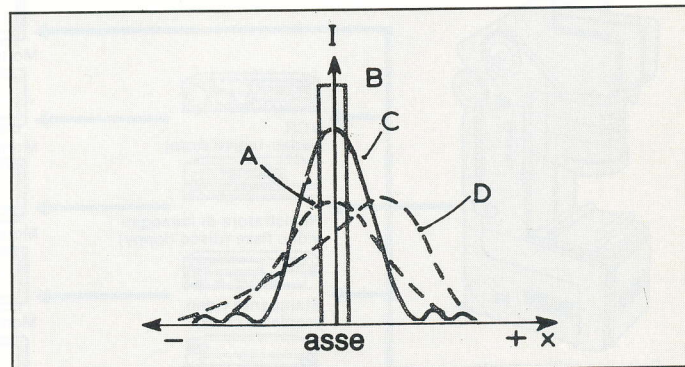
Ogni stadio di riproduzione, pur se condotto con la massima accuratezza, comporta la perdita di qualche dettaglio e proseguendo con le riproduzioni lo stato di disordine aumenterebbe sempre più fino ad arrivare al disordine completo vale a dire alla perdita totale dell'immagine. Ciò avviene anche nel caso di elaborazioni con sistemi fotografici o elettronici, che non possono in

alcun modo fornire in uscita qualcosa in più di quanto hanno ricevuto in entrata. Le elaborazioni possono produrre un'immagine visivamente più interessante o più gradevole, ma per quanto siano accurate o sofisticate, ad esse si accompagna sempre la perdita di una certa quantità di informazioni presenti sul fotogramma di prima generazione.

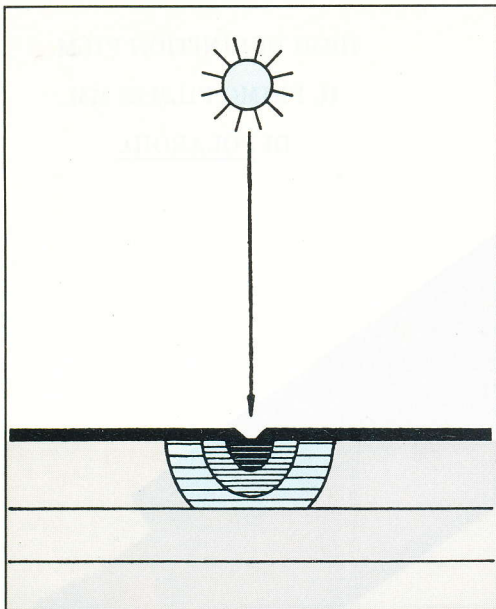
Usando un linguaggio analogo a quello usato nel campo delle telecomunicazioni possiamo dire che ogni stadio di riproduzione comporta una perdita nella risposta in frequenza. L'analogia è forse un po' forzata perché nel campo della fotografia la frequenza

che si perde non è funzione del tempo, ma funzione dello spazio, dipende cioè dal numero di informazioni utilizzabili sulla pellicola. Vediamo ora di spiegare concretamente da cosa dipende l'attenuazione dei segnali quando una fotografia viene ripresa e nelle successive riproduzioni.

Ogni oggetto è costituito da un numero infinito di punti, ciascuno dei quali è assimilabile a una sorgente di luce puntiforme, vale a dire infinitamente piccola. In una fotografia ideale ogni punto infinitamente piccolo dovrebbe produrre un punto immagine altrettanto piccolo e l'insieme dei punti dovrebbe costituire un numero infinito di informazioni. Se tali condizioni ideali fossero rispettate avremmo una riproduzione su un piano che avrebbe lo stesso numero di informazioni presenti nel soggetto osservato dallo stesso punto di vista da cui è stata fatta la ripresa. Ma sappiamo che così non è, in primo luogo a causa della natura ondulatoria della luce che subendo diffrazione determina un ingrossamento dei punti oggetto e in secon-



Varie forme della funzione di dispersione ottica. A: obiettivo di buona qualità. B: obiettivo ideale. C: obiettivo affetto solo da diffrazione. D: curva asimmetrica provocata da un obiettivo affetto da aberrazioni residue.



Quando un'emulsione fotografica è colpita da un fascetto di luce di sezione puntiforme, per effetto della diffrazione, rifrazione e riflessione sui cristalli fotosensibili, la luce si sparpaglia all'interno dell'emulsione. Ciò provoca l'esposizione anche delle zone circostanti al punto esposto.

riproduzione, formazione dell'immagine ottica, sparpagliamento di luce all'interno dell'emulsione e lo stesso trattamento di sviluppo genera disordine e provoca una distribuzione dell'informazione fotografica rappresentata da una forma a campana più o meno simmetrica, di tipo Gaussiano, detta funzione di dispersione del punto.

Le funzioni dovute al contributo di ogni fase del processo di riproduzione si sommano tra loro e sull'immagine finale si ottiene un circoletto che ha un diametro tutt'altro che infinitamente piccolo, ma discreto e che rappresenta una singola informazione utile del sistema.

I singoli circoletti sono parzialmente sovrapposti e l'immagine dell'intero soggetto sul piano focale è formata dall'insieme di tutti i circoletti presenti e dalla somma di tutte le relative funzioni di dispersione dei punti. È chiaro che questi circoletti interferiscono con i particolari dell'immagine ed impediscono la risoluzione

di quei dettagli di dimensioni più piccole del diametro dei circoletti. L'efficacia dei sistemi di riproduzione fotografica si basa sulle dimensioni di questi circoletti, tanto è vero che esprimendo il loro diametro in millimetri e facendone il reciproco, da essi è possibile determinare la risoluzione complessiva che può fornire un sistema di riproduzione.

Quando si procede alla stampa, l'originale da riprodurre non è costituito dai punti infinitamente piccoli del soggetto, ma dai circoletti dell'immagine di prima generazione che hanno già un loro diametro discreto. A causa della diffrazione della luce, della torbidità dell'emulsione esposta e di tutti gli altri fenomeni sopra descritti, il processo di riproduzione provoca un'ulteriore distribuzione delle informazioni su superfici più grandi, un allargamento delle funzioni di dispersione e un ingrossamento dei singoli circoletti costituenti le informazioni utili del sistema. Aumentando le dimensioni dei circoletti, il loro numero non può che diminuire e con essi diminuisce la risoluzione dell'immagine. In definitiva la copia di seconda generazione ci restituirà un minore numero di informazioni e sarà caratterizzata da un più alto stato di disordine. Procedendo nelle riproduzioni si otterranno copie di terza, quarta e successive generazioni via via sempre più degradate.

Per renderci conto del fenomeno possiamo fare un calcolo semplificato riferendoci a numeri abbastanza vicini alla realtà. Possiamo verificare, ad esempio, cosa succede nella riproduzione fotografica partendo da una buona stampa caratterizzata da una dispersione del punto di diametro pari a 50 micron, cioè 0,05 millimetri a cui corrisponde una risoluzione di 20 linee per millimetro. Tale originale appare ancora perfettamente nitido, in quanto ad occhio nudo e in buone condizioni di illuminazione si comincia ad apprezzare la mancanza di nitidezza solo quando la dispersione dei punti è pari o superiore a 100 micron.

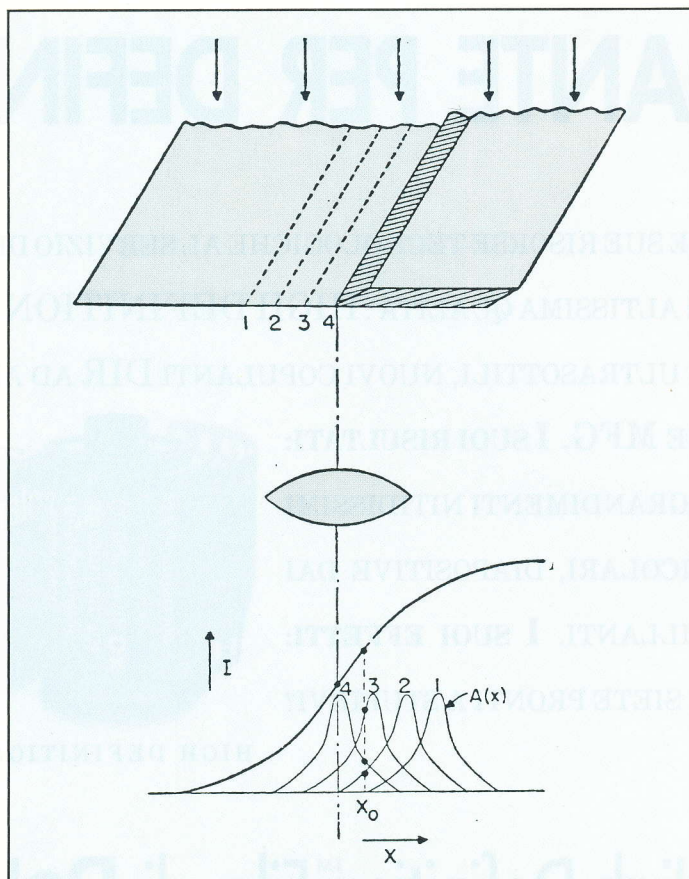
Riproduciamo la stampa usando un obiettivo che pro-

do luogo a causa delle aberrazioni residue del sistema ottico.

Effetti dannosi ai fini dell'ingrossamento dei micropunti sono poi dovuti all'emulsione fotografica che è costituita da uno strato continuo di gelatina in cui sono dispersi cristalli fotosensibili piccoli ma non troppo, avendo dimensioni intorno al micron. Tali cristalli assorbono circa il 10-15 per cento della luce totale incidente. Cosa succede della luce residua non assorbita? Dato che la gelatina ha indice di rifrazione di circa 1,5 e i cristalli hanno indice di rifrazione di circa 2, una parte di luce è riflessa sull'interfaccia gelatina-cristalli e si sparpaglia nell'emulsione andando a colpire e ad impressionare cristalli vicini, che per proprio conto non sarebbero interessati all'esposizione di un determinato punto. Una parte di luce penetra nei cristalli, ma non venendo utilizzata ai fini dell'esposizione, subisce una sorta di effetto prisma disperdendosi nelle zone circostanti. Una parte ancora subisce diffrazione sugli spigoli dei cristalli e si sparpaglia a caso nell'emulsione. Gli strati antialonici, di cui sono provvisti gli attuali materiali sensibili, servono solo ad attenuare ma non ad eliminare tali inconvenienti. L'informazione ottica viene quindi ulteriormente sparpagliata determinando un ingrossamento del punto immagine.

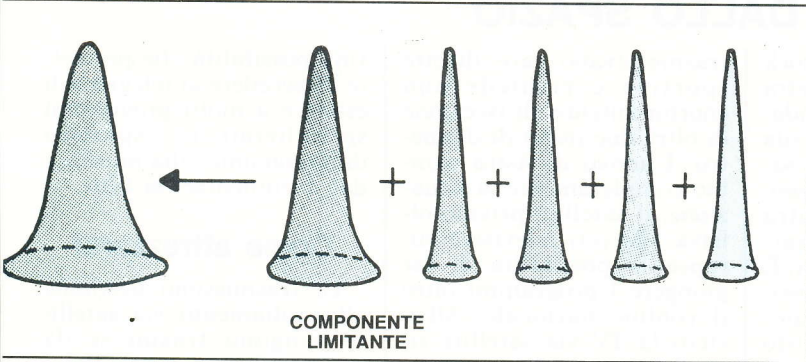
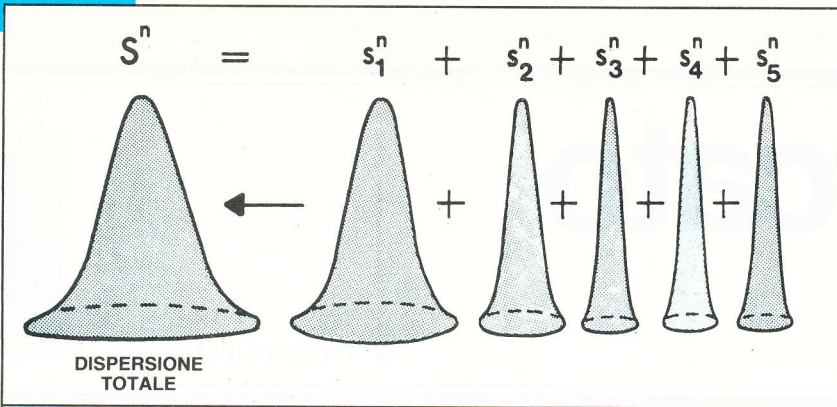
Lo sviluppo non migliora la situazione, anzi la peggiora, perché gli agglomerati d'argento o dei coloranti formati per azione del rivelatore hanno dimensioni maggiori dei cristalli da cui hanno avuto origine.

Ogni fase del processo di



Ogni soggetto può essere considerato come un insieme di punti. A seguito della riproduzione ogni punto provoca una curva di dispersione a forma di campana. L'immagine fotografica è formata dalla somma di tutte le relative funzioni di dispersione dei punti.

Obiettivo, emulsione, trattamento di sviluppo indicati in figura con s_1^n, s_2^n, s_3^n , ecc., sono caratterizzati da una propria curva di dispersione del punto. Nella riproduzione finale la dispersione complessiva del punto S^n si ottiene dalla somma delle dispersioni dovute ad ogni singolo componente.

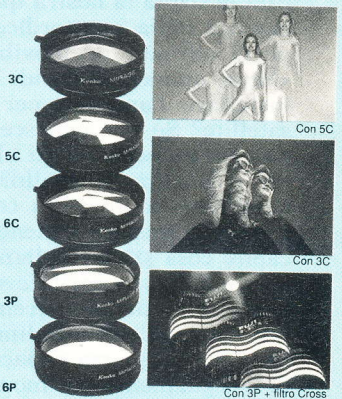


Se in un processo di riproduzione un singolo componente, ad esempio l'obiettivo, è di qualità scadente e provoca una larga dispersione del punto, è superfluo ai fini dei risultati finali ridurre la dispersione del punto degli altri componenti.

GIBI

GIBI di Gianni Baumberger & C. sas
Via Ciro Menotti, 11 - 20159 Milano
Tel. 02/7386151 - Telex 320665 GIBI I
Telefax 02/714495

I filtri Kenko sono realizzati con il migliore vetro ottico e secondo rigidi standard qualitativi. Il risultato sono elementi ottici da applicare tranquillamente alle migliori ottiche senza temere scadimenti qualitativi. La gamma disponibile permette la realizzazione di innumerevoli effetti speciali e l'ottimizzazione dell'immagine sia in foto a colori che bianconero.



Con i filtri Kenko è possibile trasformare la realtà secondo la sensibilità artistica del fotografo, in una quantità praticamente infinita di modi.

duca una dispersione del punto di 20 micron e una pellicola di media sensibilità che produca una dispersione del punto di 40 micron. Applicando una semplice formula si trova che la dispersione complessiva del punto derivante dal sistema di riproduzione è pari a

$$\sqrt{20^2 + 40^2} = 44,7 \text{ micron.}$$

Questo valore va sommato al diametro della dispersione del punto della stampa originale, ottenendo sulla pellicola usata per la riproduzione un'immagine caratterizzata da una dispersione dei punti di diametro $50 + 44,7 = 94,7$ micron, vale a dire quasi 0,1 millimetri. Se tale pellicola viene usata per ricavarne una nuova stampa usando un obiettivo e un materiale sensibile che provocano dispersione del punto rispettivamente di 50 e di 30 micron, applicando la stessa formula vista sopra, si ottiene un ulteriore ingrossamento dei circolotti pari a

$$\sqrt{50^2 + 30^2} = 58 \text{ micron.}$$

Sommando questo valore al precedente si raggiungono dispersioni del punto di oltre 150 micron. Quest'ultimo incremento di dispersione è dello stesso ordine del precedente, ma la degradazione dell'immagine apparirà evidenti-ssima essendo stato su-

perato il limite visivo per l'apprezzamento della nitidezza.

Facciamo notare che in questo esempio abbiamo tenuto conto solo delle limitazioni minime dovute alla riproduzione. In realtà eventuali piccoli errori nella foceggiatura, nell'esposizione e nel trattamento provocano ulteriori allargamenti nella dispersione dei punti e una più marcata diminuzione delle informazioni restituite dalle immagini riprodotte.

Da quanto abbiamo detto e dalla formula sopra esposta si possono ricavare utili informazioni sui modi per ridurre al minimo la degradazione delle immagini nel corso della riproduzione. Se un componente del processo riproduttivo provoca una forte dispersione del punto è praticamente superfluo il miglioramento degli altri componenti.

Se ad esempio si usa un obiettivo di qualità scadente che provoca una dispersione del punto di 100 micron e una pellicola di qualità altrettanto scadente che provoca una dispersione del punto di 50 micron, si ottiene una dispersione complessiva del punto di

$$\sqrt{100^2 + 50^2} = 111 \text{ micron,}$$

cioè circolotti di diametro superiore al decimo di milli-

metro ed una riproduzione di pessima qualità. Se per migliorare i risultati usassimo un'emulsione di ottima qualità che provoca una dispersione del punto di soli 10 micron, ma continuassimo ad usare lo stesso obiettivo, otterremmo risultati molto deludenti.

In questo secondo caso infatti avremmo una dispersione complessiva del punto di

$$\sqrt{100^2 + 10^2} = 100,5 \text{ micron,}$$

cioè solo leggermente minore della precedente e l'immagine resterebbe sempre di qualità scadente.

Sarebbe molto meglio usare un obiettivo e un materiale sensibile entrambi leggermente migliori, ad esempio con dispersione dei punti rispettivamente di 60 e 40 micron.

In quest'ultimo caso infatti si otterrebbe una dispersione complessiva dei punti di

$$\sqrt{60^2 + 40^2} = 72 \text{ micron}$$

e si avrebbe una riproduzione decisamente migliore.

In definitiva in ogni procedimento di riproduzione, pur dando per inevitabile lo scadimento dell'immagine, è preferibile migliorare di poco ogni singolo componente che prende parte al processo riproduttivo, piuttosto che migliorarne uno e lasciare inalterati gli altri. ■