

## NOTA TECNICA

*Se avete acquistato di recente una termocamera, vi starete probabilmente chiedendo fino a che distanza è possibile misurare. O forse siete interessati ad acquistarne una, ma non siete certi di quale modello sia adatto a misurare in modo accurato il vostro soggetto e rientri nel vostro budget. La risposta alla domanda "Fino a che distanza è possibile misurare?" dipende da fattori quali risoluzione, campo visivo istantaneo (IFOV), ottiche, dimensioni del soggetto e altre variabili.*

La questione è assimilabile all'esame della vista. Seduti a una data distanza dalla tavola optometrica è probabile che non riusciate a vedere chiaramente le lettere dell'ultima riga: ma a quale distanza riuscite a leggerle (analogamente a "misurarle")? Se avete un'acuità visiva di 10/10, potrete vedere le lettere più piccole anche a maggiore distanza. In questo caso, l'acuità visiva di 10/10 sarebbe equivalente a una termocamera ad alta risoluzione. Se la visione non è perfetta, è possibile migliorarla con gli occhiali (nel caso della termocamera aggiungendo una lente teleobiettivo) o avvicinandosi alla tavola optometrica (ossia riducendo la distanza dal soggetto).

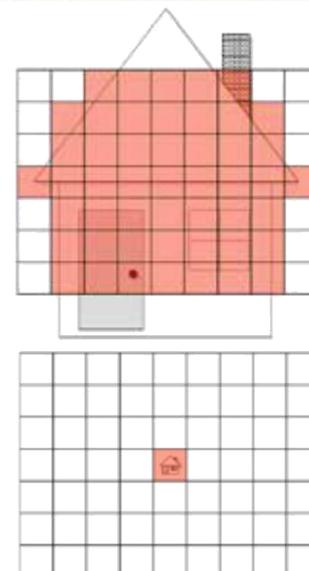
Comprendere appieno il rapporto spot/distanza è importante. Il rapporto spot/distanza indica la distanza a cui ci si può porre da un soggetto di una data dimensione per ottenere una misura di temperatura accurata.

Per ottenere una misura di temperatura più accurata possibile è importante che il soggetto occupi il maggior numero di pixel del sensore

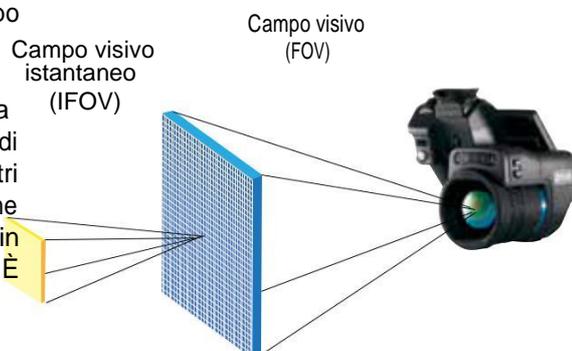
della termocamera. In questo modo si aumenta il dettaglio dell'immagine termica. Man mano che ci si allontana dal soggetto da misurare, l'accuratezza della misura di temperatura diminuisce. A risoluzioni maggiori della termocamera aumenta anche il numero di pixel dedicati al soggetto a distanza maggiore, a garanzia di risultati accurati. Dato che lo zoom digitale non migliora l'accuratezza in quanto ingrandisce solo i pixels è fondamentale una risoluzione più elevata o un campo visivo ristretto.

Ipotizziamo di voler eseguire una misurazione di temperatura accurata di un soggetto di 20 millimetri a 15 metri di distanza dalla termocamera. Come si fa a capire se la termocamera è in grado di misurare con accuratezza? È necessario controllare nelle specifiche della termocamera il campo visivo e la risoluzione. Per questo esempio,

ipotizziamo che la risoluzione della termocamera sia 320 x 240, e il campo visivo orizzontale dell'ottica di 24 gradi.



*Man mano che ci si allontana dal soggetto da misurare, l'accuratezza della misura di temperatura diminuisce.*



*IFOV è la proiezione angolare di un solo pixel del sensore nell'immagine IR. L'area che ogni pixel può vedere dipende dalla distanza dal soggetto per una data ottica.*

È necessario prima calcolare l'IFOV in milliradiani (mrad) con questa formula:

$$\text{IFOV} = (\text{FOV}/\text{numero di pixel}^*) \times [(3,14/180)(1000)]$$

\*Utilizzate il numero di pixel che corrisponde all'orientamento (orizzontale/verticale) del FOV

Poiché l'ottica ha un FOV orizzontale di 24 gradi, si divide 24 per la risoluzione pixel orizzontale della termocamera, in questo caso 320. Poi si moltiplica per 17,44, che è il risultato di  $(3,14/180)(1000)$  nell'equazione sopra.

$$(24/320) \times 17,44 = 1,308 \text{ mrad}$$

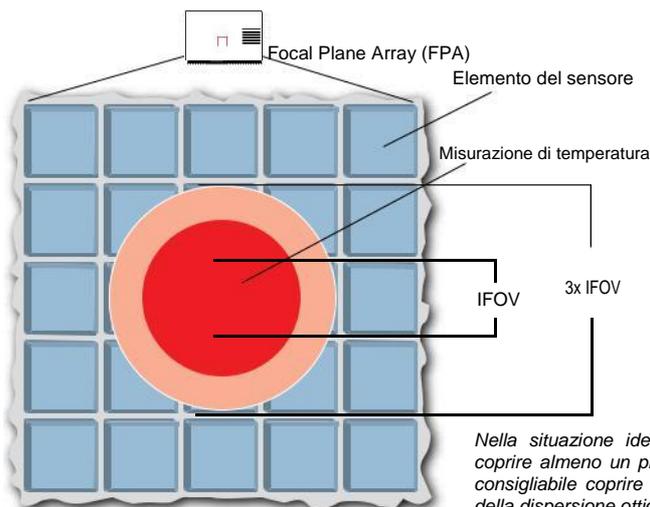
Sapendo che l'IFOV è 1,308 mrad, si deve trovare il proprio IFOV in millimetri con questa formula:

$$\text{IFOV (mm): } (1,308/1000) \times 15000^* \text{ mm} = 19,62 \text{ mm}$$

\*La distanza dal soggetto

Che cosa significa dunque questo numero? Il rapporto spot/distanza è 19,62:15000. Questo numero è la dimensione misurabile di un singolo pixel (1 x 1). Semplificando, questo calcolo indica che la termocamera è in grado di misurare un spot di 19,62 mm a una distanza di 15 metri.

Questa misura a singolo pixel è chiamata "rapporto spot/distanza teorico". Alcuni produttori elencano nelle loro specifiche di prodotto il rapporto spot/distanza teorico. Anche se può essere considerato il vero rapporto punto/distanza, è fuorviante perché non è necessariamente il più accurato. Questo dato fornisce infatti solo la temperatura di un'area molto piccola all'interno di un singolo pixel. Come accennato in precedenza, è preferibile avere il maggior numero possibile di pixel sul soggetto per ottenere massima accuratezza. Uno o due pixel possono essere sufficienti per determinare in modo qualitativo l'esistenza di una differenza di temperatura, ma possono non essere sufficienti per fornire una rappresentazione accurata della temperatura di un'area.



*Nella situazione ideale il soggetto proiettato dovrebbe coprire almeno un pixel. Per garantire letture accurate è consigliabile coprire un'area più ampia per tenere conto della dispersione ottica della proiezione.*

La misurazione di un singolo pixel può essere imprecisa per vari motivi:

- Il singolo pixel delle termocamere può avere piccole differenze rispetto al pixel più vicino
- Gli oggetti possono presentare riflessi o imperfezioni della superficie che possono causare un falso positivo
- Un oggetto caldo, ad esempio la testa di un bullone, potrebbe essere di dimensioni vicine al pixel in larghezza, ma i pixel sono quadrati, mentre la testa del bullone è esagonale
- Nessuna ottica è assolutamente perfetta, esistono sempre lievi distorsioni nei sistemi ottici che influenzano le misure

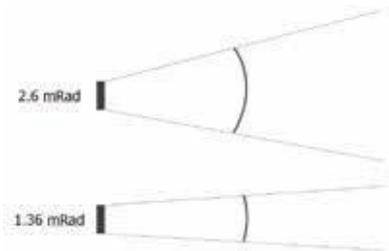
A causa del fenomeno della dispersione ottica, la radiazione proveniente da un'area molto piccola non fornisce a un elemento del sensore energia sufficiente per ottenere un valore corretto. Per questa ragione FLIR utilizza un puntatore delle dimensioni di 3 x 3 pixel così da garantire una misura accurata anche a distanza. È sufficiente moltiplicare per tre il rapporto punto/distanza teorico in millimetri, per ottenere un rapporto punto/distanza di 3 x 3 pixel invece di 1 x 1. Questo valore sarà più accurato.

**Quindi moltiplicando l'IFOV in mm (19,62) per 3, si ottiene: 58,86 mm**

Ciò significa che è possibile misurare un punto di 58,86 millimetri a 15 metri di distanza.

Ora ipotizziamo di voler misurare uno spot di 20 millimetri. Fino a che distanza è possibile misurare con accuratezza questa specifica dimensione dello spot? È necessario eseguire alcune moltiplicazioni incrociate:

$$\begin{aligned} \text{IFOV in mm: Distanza in mm} \\ (15 \text{ m} = 15000 \text{ mm}) \\ 5,886:15000 \\ 20 \text{ mm} : x \\ 15000^* 2 = 58,86^* x \\ 30000/58,86 = x \\ x = 5096,8 \text{ mm o circa } 5,1 \text{ m} \end{aligned}$$



*Un'illustrazione del campo visivo a 2,6 mrad rispetto a 1,36 mrad. Per gentile concessione di Infrared Training Center*

**Con una termocamera di risoluzione 320 x 240 è possibile misurare un spot di 20 mm a circa 5 m di distanza dal soggetto**

Altri produttori potrebbero non usare questo valore quando parlano di IFOV o SSR (Size to Spot Ratio – rapporto spot/distanza), ma in realtà, è questo il valore che consentirà una lettura più accurata della temperatura di un'area problematica.

In definitiva, il rapporto spot/distanza è importante perché vi aiuterà a capire se la vostra termocamera è in grado di misurare con accuratezza la temperatura alla distanza desiderata. Se è necessario misurare piccoli soggetti a grande distanza, è fondamentale conoscere il rapporto spot/distanza della termocamera e se ci si trova all'interno del range di misurazione accurata.

Se state pianificando un'ispezione termografica, considerate se potete avvicinarvi sufficientemente a un soggetto per ottenere una lettura accurata. L'accuratezza dovrebbe essere interpretata come "sufficientemente buona per un'interpretazione corretta". Ciò non significa necessariamente entro le specifiche di accuratezza della termocamera. È possibile incappare in un errore di diversi gradi, anche di centinaia, se non si considera il rapporto spot/distanza.

Per agevolare i calcoli, FLIR ha reso disponibile un calcolatore di FOV per ogni termocamera su <http://flir.custhelp.com>. Basta fare clic sulla serie FLIR che si sta utilizzando, per visualizzare l'elenco di tutte le termocamere che ne fanno parte. Facendo clic su "FOV Calc." accanto alla termocamera corretta, verrà visualizzato il rapporto spot/ distanza della termocamera.

Per ulteriori informazioni sulle termocamere o su questa applicazione, visitate:

[www.flir.com/instruments](http://www.flir.com/instruments)

Le immagini potrebbero non rappresentare la reale risoluzione della termocamera. Le immagini sono a solo scopo illustrativo. ©2018 FLIR Systems, Inc. Data creazione: Giugno 2018 17-1465\_INS\_EMEA