



## TECHNICKÁ POZNÁMKA

### Na jakou vzdálenost můžete měřit?

Klíčem k odpovědi je optický poměr velikosti bodu

*Pokud jste si nedávno koupili termografickou kameru (termokameru), mohlo by vás zajímat, na jakou vzdálenost s ní můžete měřit. Nebo možná o koupi uvažujete, ale nejste si jisti, který model zvládne přesně měřit vaše objekty a současně vyhoví vašemu rozpočtu. Odpověď na otázku „na jakou vzdálenost můžete měřit“ závisí na faktorech jako rozlišení, okamžité zorné pole (IFOV), objektiv, velikost objektu a dalších.*

Nabízí se srovnání s kontrolou zraku u očního lékaře. Když se podíváte na tabulku s písmeny a číslicemi z předepsané vzdálenosti, pravděpodobně zpozorujete písmena na nejmenším řádku – ale na jakou vzdálenost je dokážete přečíst (tj. „změřit“ je)? Pokud máte zrakovou ostrost 20/20, dokážete rozpoznat nejmenší písmena na větší vzdálenosti. V takovém případě by zraková ostrost 20/20 byla ekvivalentem termokamery s vysokým rozlišením. Pokud nevidíte úplně perfektně, můžete zrak zlepšit pomocí brýlí (tj. přidáním zvětšovacího skla ke kameře) nebo přiblížením se k tabulce se znaky (tj. zkrácením vzdálenosti k cíli).

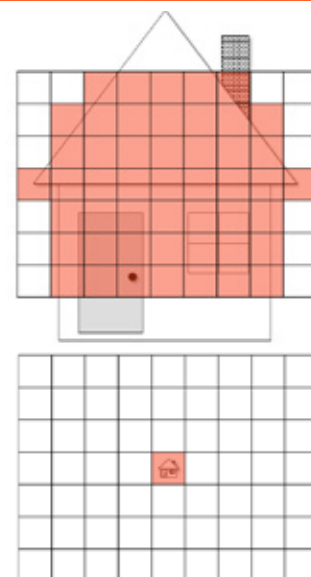
Pochopení optického poměru velikosti bodu je důležité. Optický poměr velikosti bodu je číslo, které vám řekne, jak daleko můžete být od objektu dané velikosti, a přitom stále provádět přesná měření teploty.

Nejpřesnější měření teploty vyžaduje, aby byl měřený objekt zobrazen pomocí co největšího počtu pixelů ze snímače termokamery. Získáte tak mnohem detailnější termogram. Když se

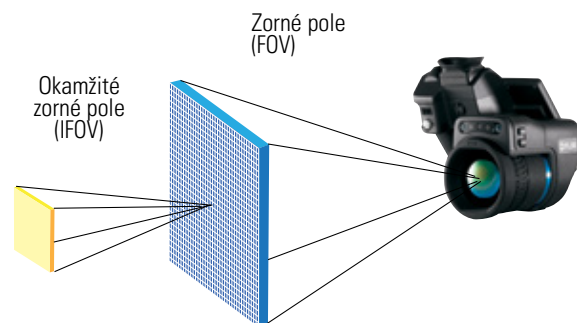
od měřeného objektu postupně vzdalujete, ztrácíte schopnost přesného měření teploty. Čím vyšší rozlišení vaše termokamera má, tím pravděpodobněji získáte termogram měřeného objektu s více pixely na větší vzdálenost, a tím i přesnější výsledky. Digitální zoom nezvyšuje přesnost, takže klíčem je vyšší rozlišení nebo úzké zorné pole.

Řekněme, že byste chtěli přesně měřit pomocí termokamery teplotu 20milimetrového objektu, a to ze vzdálenosti 15 metrů. Jak zjistíte, jestli vaše termokamera něco takového dokáže? Budete muset zkontrolovat technickou specifikaci vaší termokamery a zjistit její zorné pole a rozlišení. V tomto příkladu budeme předpokládat, že rozlišení snímače kamery je 320 x 240 pixelů a objektiv má vodorovné zorné pole 24°.

Nejprve musíte vypočítat okamžité zorné pole (IFOV) v miliradiánech (mrad) pomocí tohoto vzorce:



Když se od měřeného objektu postupně vzdalujete, ztrácíte schopnost přesného měření teploty.



IFOV je úhlová projekce jednoho pixelu detektoru na IR snímku. Oblast, kterou každý pixel dokáže zobrazit, závisí na vzdálenosti objektu u daného objektivu.

$$\text{IFOV} = (\text{FOV}/\text{počet pixelů}^*) \times [(3,14/180)(1\ 000)]$$

\* **Použijte počet pixelů, který odpovídá směru (vodorovnému/svislému) vašeho zorného pole (FOV)**

Protože náš objektiv má vodorovné zorné pole 24°, číslo 24 vydělíte vodorovným rozlišením pixelů kamery – tedy 320. Potom číslo vynásobíte 17,44, což je výsledek rovnice ze vzorce výše  $(3,14/180)(1\ 000)$ .

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

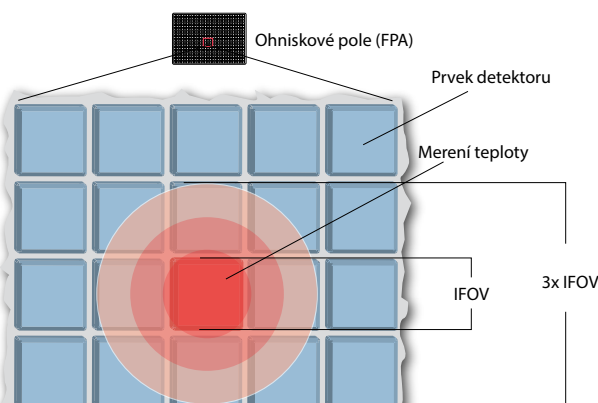
Když víte, že IFOV je 1,308 mrad, potom vypočítáte IFOV v milimetrech pomocí tohoto vzorce:

$$\text{IFOV (mm): } (1,308/1\ 000) \times 15\ 000^* \text{ mm} = 19,62 \text{ mm}$$

\* **Vzdálenost od cíle**

Co tedy toto číslo znamená? Optický poměr velikosti bodu je 19,62 : 15 000. Toto číslo vyjadřuje měřitelnou velikost jednoho pixelu (1 x 1). Jinými slovy, tento výpočet vám sdělí, že vaše kamera dokáže změřit bod o velikosti 19,62 mm na vzdálenost 15 metrů.

Toto jednopixelové měření se nazývá „teoretický optický poměr velikosti bodu“. Někteří výrobci v technických specifikacích svých produktů uvádějí teoretický optický poměr velikosti bodu. To je ale zavádějící a může dojít k záměně za skutečný optický poměr velikosti bodu, což je obvykle přesnější hodnota. Důvodem je skutečnost, že tato veličina označuje pouze teplotu velmi malé oblasti na ploše jednoho pixelu. Jak bylo zmíněno výše, vy chcete zobrazit svůj cíl pomocí co největšího počtu pixelů, abyste získali co nej přesnější hodnotu teploty. Jeden nebo dva pixely mohou stačit ke kvalitativnímu určení, že existují rozdíly teploty, ale nemusí stačit k přesnému stanovení průměrné teploty oblasti. Jednopixelové měření může být nepřesné z řady důvodů:



*V ideálním případě by měl promítaný cíl zabírat plochu alespoň jednoho pixelu. K dosažení přesných měření se doporučuje snímat širší oblast vzhledem k optickému zkreslení promítání.*

- Termokamery mohou zobrazit chybné pixely
- Odrazy objektu – vrpy nebo odrazy slunce mohou způsobit falešné pozitivní a falešné vysoké hodnoty
- Objekt je příliš teplý – například hlava šroubu – může mít téměř stejnou šířku jako pixel, avšak pixely jsou čtvercové, zatímco hlava šroubu je kulatá
- Žádná optika není absolutně bezchybná – v optických systémech vždy dochází k určitým zkreslením, která ovlivňují měření

Vzhledem k jevu nazývanému optická disperze, záření z velmi malé plochy neposkytne jednomu prvku snímače dostatek energie k určení správné hodnoty. Doporučujeme zajistit, aby teplá oblast, kde se nachází požadovaný bod měření, měla velikost alespoň 3 x 3 pixelů. Jednoduše vynásobíte teoretický optický poměr velikosti bodu v milimetrech třemi a získáte optický poměr o velikosti 3 x 3 pixelů, namísto 1 x 1. Tato hodnota bude přesnější.

### Po vynásobení hodnoty IFOV v mm (19,62) třemi tedy získáte: 58,86 mm

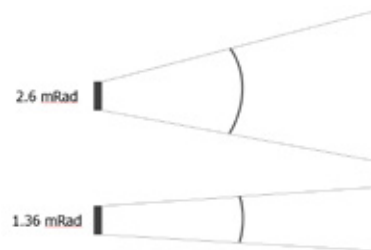
To znamená, že můžete měřit bod o velikosti 58,86 milimetrů ze vzdálenosti 15 metrů.

A nyní řekněme, že chcete měřit bod o velikosti 20 mm. Z jaké vzdálenosti můžete přesně měřit bod s touto velikostí? Teď budeme trochu násobit:

$$\begin{aligned} \text{IFOV v mm: vzdálenost v mm} \\ (15 \text{ m} = 15\ 000 \text{ mm}) \\ 58,86 : 15\ 000 \\ 20 \text{ mm} : x \\ 15\ 000 * 20 = 58,86 * x \\ 300\ 000 / 58,86 = x \\ x = 5\ 096,8 \text{ mm nebo cca } 5,1 \text{ m} \end{aligned}$$

**Můžete měřit bod o velikosti 20 mm ze vzdálenosti cca 5 metrů od cíle pomocí kamery s rozlišením 320 x 240 pixelů.**

Jiní výrobci nemusejí používat tuto hodnotu, když hovoří o IFOV nebo SSR; ale popravdě, toto číslo



*Znárodnění zorného pole při 2,6 mrad versus 1,36 mrad. Obrázek použit se svolením Školického střediska pro termografické zobrazování (ITC).*

vám umožní přesnější měření teploty při výskytu anomálie.

Optický poměr velikosti bodu je tedy důležitý proto, že vám pomůže zjistit, zda vaše termokamera dokáže přesně měřit teplotu na vzdálenost, kterou potřebujete. Když potřebujete měřit menší objekty z dlouhých vzdáleností, je nezbytné znát optický poměr kamery a zda můžete stát v přesném dosahu měření.

Jestliže plánujete termografické měření, zvažte, zda se můžete dostat dostatečně blízko k objektu, abyste mohli provést přesné měření. Přesné bychom měli chápat jako „dostatečně dobré pro správnou interpretaci“. Nemusí to nezbytně souviset s parametry přesnosti vaší termokamery. Když nevezmete v potaz optický poměr velikosti bodu, měření může být chybné o několik – dokonce desítek nebo stovek – stupňů.

Pro usnadnění výpočtu společnost FLIR nabízí kalkulačku FOV pro každou z jejích termokamer na stránce <http://flir.custhelp.com>. Klikněte na řadu termokamer, kterou používáte, a otevře se seznam všech termokamer této řady. Klikněte na „FOV Calc.“ vedle příslušné termokamery a zobrazí se optický poměr velikosti bodu pro danou termokameru.

Více informací o termografických kamerách nebo o jejich možnostech použití naleznete na stránce:

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

Zobrazené snímky nemusejí odpovídat skutečnému rozlišení kamery na obrázku.

Snímky slouží pouze k ilustračním účelům.

©2018 FLIR Systems, Inc.

Update 10-2018

17-1465\_INS\_EMEA