„Élő'' kiértékelés hőkamerákba integrált szoftverrel

KORSZERŰ HŐKAMERÁK SZAKMAI SZEMMEL (VII.)

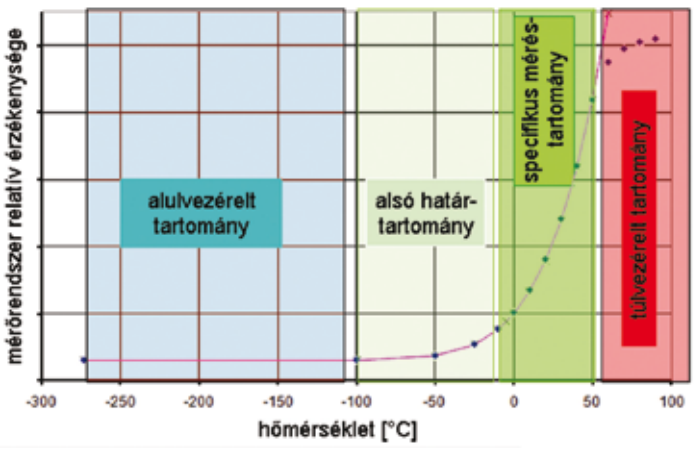
Ebben a fejezetben a hőkamerák kalibrálásával kapcsolatosan teszünk néhány pontosítást, majd a mobil hőkamerák helyszíni kiértékelési funkcióinak előnyeit részletezzük.

Nagyon gyakran felmerül az igény, hogy a hőkamera tudjon „magasabb" hőmérsékleteket is mérni. Mintha ez valamilyen nehéz feladat lenne! De nem az. A legtöbb (akár legolcsóbb) hőkamera is minimum 120 °C-ig mér, de akár 200, 250 vagy 350 °C-ig kiterjesztett méréstartományú low cost és standard hőkamerák is vannak szép számmal. Sokkal érdekesebb kérdés, hogy a mérési képességük hány Celsius-foktól kezdődik, milyen felbontásban (hány bites digitalizálással), illetve hány választható méréstartományra felbontva fedik át a teljes mérési képességét. Ugyanis csak az összes felsorolt adat ismeretében derül ki, hogy milyen képességű, illetve mérési pontosságú (minőségű) az adott hőkamera. A hőmérsékletértékek digitalizálása, illetve a hőkamera mérési tartományának alsó határa jelentette méréstechnikai nehézségekkel korábbi fejezetünkben foglalkoztunk, most a méréstartomány felső határával folytatjuk.

A FELSŐ ÉRTÉKKEL EGYSZERŰBB A DOLGUNK

A hőkamerák méréstartományának (legfelsőbb tartományának) felső határa méréstechnikailag sokkal egyszerűbb, mert az említett sugárzásfizikai törvényszerűségnek köszönhetően bőségesen van érzékelhető sugárzás magas hőmérsékletű tárgyak esetén. Legfeljebb a megfelelően lerövidített integrálási idők, majd (magasabb tartományokban) a megfelelő blendék alkalmazásával biztosítani kell, hogy az érzékelő lineáris detektálási tartományban maradjunk (és természetesen ne „süssük" meg). Low cost hőkamerák esetén a belső blende helyett megfelelő csillapítással (kellőképpen alacsony áteresztő képességgel) rendelkező – a lencse elé csavarozandó – szűrőket alkalmaznak a méréstartomány bővítése érdekében. Ez egy kifejezetten olcsó megoldás, de természetesen nem éppen hasznos a mérési pontosság szempontjából.

Azonban az igazán magas hőmérsékletű kalibrálásnak van még egy gyakorlati műszaki korlátja. Ugyanis jelenleg maximum 2000 °C, illetve 2500 °C hőmérsékletűek a legmelegebb, az ideális sugárzót (fekete testet) akár 99,9999%-osan megközelítő üreges referenciasugárzók. Még ennél is magasabb hőmérsékletekre történő kalibráció ezért már csak matematikai eszközökkel (extrapolációval) valósítható meg, amelynek sajnos igen komoly bizonytalanságai vannak.



» *Összefüggés a méréstartomány és az érzékelő-jelleggörbe között (forrás: InfraTec)*

TISZTA KÉP A KALIBRÁLÁSRÓL

A hőkamerák kalibrálásáról és a kalibrálási tartományokról a következőkben viszont még néhány kiegészítő információt is adunk, mert gyakran igen félrevezetően használnak egyes fogalmakat.

1) A hőkamerák mérési (illetve kalibrálási) tartományai mindig a fekete test sugárzására vonatkoznak: tehát a gyakorlatban előforduló testek 100 százalékosnál alacsonyabb emissziós képessége miatt a méréshatárnál magasabb hőmérsékletek is mérhetők pontosan és a hőkamera károsodási veszélye nélkül. Például egy 50 százalékos emissziós képességű sugárzó

150 °C-on csupán annyi hosszúhullámú sugárzást ad le, mint egy 100 °C-os ideális sugárzó. És egy 25 százalékos emissziós képességű sugárzó ugyanennyi sugárzást csak 250 °C-on ad le. (Megjegyzés: ezek természetesen csak közelítő adatok.)

2) A hőkamerák új objektívvel való utólagos, valamint időszakos újrakalibrálását (korrekcióval együtt) *csak* a hőkamera (saját) gyártója végezheti el. Ugyanis a hőkameragyártó a kalibrálás során egy pixelenként értelmezett kalibrációs adatfájlt készít, amelyet a hőkamerában eltárol, és amelyet a hőkamera a pixelenkénti hőmérséklet-számítás során felhasznál az érzékelő és az objektív együttes tulajdonságainak korrekciójához. Az ezzel kapcsolatos know-how-t viszont egyetlen hőkameragyártó sem adja ki harmadik személynek.

3) Ha csupán a mérési képesség dokumentálását kérnénk, akkor ezt a gyártókon kívül más kalibrálólaborok is elvégezhetnék, ha fel vannak szerelve megfelelő (a hőkamera mérési pontosságánál egy nagyságrenddel pontosabb) referenciasugárzókkal. A kalibrálólabornak azonban ilyenkor őrült nagy feladata lenne, mert dokumentálnia kellene *minden* egyedi pixelről annak mérési pontosságát a hőkamera minden egyes mérési tartományában kellő gyakoriságú hőmérsékletértékeken. Ez a gyártók által megvalósított (éppen ezt tartalmazó) automatizált kalibrálási folyamathoz képest egy elképesztően hosszú és terjedelmes munkafolyamat lenne, amely gazdaságilag kifizethetetlen. A kalibrálást ezért egy-két „referencia-hőmérsékletre" korlátozni, vagy csak a hőkép középső pixeléről meghatározni annak hőmérséklet-mérési pontosságát már legfeljebb egypontos hőmérséklet-mérési ellenőrzésnek nevezhető, de semmiképpen sem a hőkamera kalibrálásának.

4) Hőkamerák *hitelesítése* pedig egyáltalán nem létező dolog. Egyrészt a hőkamerák nem szerepelnek a hitelesítendő eszközökre vonatkozó törvény felsorolási mellékletében, másrészt a hőkamerák kalibrálására Magyarországon akkreditált intézmény sincs. Így akkreditált kalibrálás hiányában hitelesítésre sem képes senki. (Még ha a törvény így rendelkezne, akkor sem.)

1. TÁBLÁZAT. HŐKAMERA KEZELŐI SZOFTVERÉBE INTEGRÁLT KIÉRTÉKELÉSI/KEZELÉSI FUNKCIÓK

Funkció	Magyarázat
autofókusz	a hőkép fókuszálása a legmeredekebb hőmérséklet-gradiens alapján
automatikus méréshatár	mérés- (kalibrálási) tartomány beállítása az aktuális mérés szerint
automatikus hőképskálázás	megjelenítésskálázás az aktuálisan mért minimum/maximum értékek alapján
hőmérséklet-színskála	több választható szín- és/vagy szürkeségi skála értékfeltüntetéssel
képponthőmérséklet kijelzése	a hőkép középső képpontja hőmérsékletének élő kijelzése
kurzoros hőmérséklet-kijelzés	egy vagy több mozgatható kurzor hőmérsékletének élő kijelzése
minimum/maximum hőmérséklet-kijelzés	a leghidegebb/legmelegebb pixel helyének és értékének kijelzése
többfelületes hőmérséklet-kijelzés	definiálható felületek átlag-, csúcs- vagy minimumérték-kijelzése
izotermák kijelzése	definiált hőmérséklet-tartományú pixelek egyszínű kiemelése
különbségképző képmegjelenítés	hőmérséklet-eltérések ábrázolása referencia-hőképhez képest
hőképátlagolás	több hőkép átlagának képzése (zajelnyomás, érzékenységnövelés)
hőmérséklet-riasztás	vizuális/akusztikus riasztás minimum, illetve maximum túllépése esetén
automatikus tárolás	hőmérsékletértéktől függően triggerelt automatikus méréstárolás
kompozit képmegjelenítés	vizuális kép (fénykép) és hőkép folyamatos (élő) egymásra vetítése
hőképsorozat tárolása	hőképadat-sorozat tárolása a hőkamerában (PC csatlakozása nélkül)
digitális hangrögzítés	akusztikus kommentár hozzáfűzése a tárolt hőképadatokhoz
GPS-adatok kezelése	földi és légi járműves hőképfelvételek térképészeti hozzárendelése
távvezérelhetőség	hőkamera-funkciók távvezérelhetősége (kábellel vagy kábel nélkül)

2. TÁBLÁZAT. A LEGGYAKRABBAN ELŐFORDULÓ SZŰRŐK HŐKAMERÁKHOZ A KÖZÉPHULLÁMÚ INFRAVÖRÖS (MWIR) TARTOMÁNYBAN (2–5 µM)

Típus	Hullámhossz	Funkció
BP	3,6–4 µm	csökkenti az atmoszféra hatását
HP	3,6 µm	csökkenti a nap visszaverődését
NBP	2,3 µm	mérés üvegen át
NBP	5,0 µm	mérés üvegfelületen
BP	3,7–4 µm	mérés lángokon át
BO	3,9 µm	méréstartomány-növelés
NBP	4,25 µm	lánghőmérséklet érzékelése
NBP	4,25 µm	polietilén spektrális vonala

3. TÁBLÁZAT. A LEGGYAKRABBAN ELŐFORDULÓ SZŰRŐK HŐKAMERÁKHOZ A HOSSZÚHULLÁMÚ INFRAVÖRÖS (LWIR) TARTOMÁNYBAN (7,5–14 µM)

Típus	Hullámhossz	Funkció
NBP	8,3 µm	teflon spektrális vonala
HP	7,5 µm	rövidebb hullámhosszok kizárása
NBP	10,6 µm	CO_2-lézervédő szűrő

» *Kompozit megjelenítés (forrás: InfraTec)*

» *Termográfiai szűrők (forrás: InfraTec)*

A hitelesített hőkamerával való munkavégzés felkínálása vagy egy ilyen tulajdonság valótlan dokumentálása ennek értelmében akár a fogyasztók megtévesztésének is értelmezhető, amit a Ptk. büntet.

MOBIL HŐKAMERÁK HELYSZÍNI KIÉRTÉKELÉSI FUNKCIÓI

A termográfia – mint „képalkotó" érintésmentes hőmérséklet-mérési eljárás – során első lépésként a mérési adatok (a sugárzásintenzitás digitalizált értéke mindegyik pixelről) gyűjtésére kerül sor. Ezeket az értékeket akár rögtön a mérés során (a hőkamerában) vagy a későbbi kiértékelésnél megfelelően fel kell dolgozni, matematikailag korrigálni (hőmérsékletre átszámolni), és ezután megjeleníteni. A konkrét mérési feladattól függően igen különbözőek a hőképek kiértékelésére vonatkozó követelmények. Amíg egyes esetekben egy-egy képpont (mérőpont) konkrét hőmérsékletének számszerű meghatározása elegendő, úgy más esetekben az egész hőkép minden egyes pixele emisszióértékének korrekciója vagy akár teljes képsorozatok felvétele és kiértékelése szükséges a kívánt hőmérséklet-összefüggések, illetve -folyamatok (például hőmérséklet-idő diagram formájában való) kiértékeléséhez.

Gyakran már a mérés közben (akár valós időben) szükséges az adatok kiértékelése és hőmérsékletértékként „feldolgozott" megjelenítése. Az úgynevezett élő kiértékelés gyakorlatilag a hőkamerákban lévő kezelői szoftver részét, illetve beépített bővítését jelenti, így kezelése is integrálódik a hőkamera üzemeltetésének folyamatába. 1. táblázatunk felsorolja a modern (professzionális) hőkamerákba beépített/beépíthető „automatikus" segédfunkciókat és valós idejű kiértékelési lehetőségeket, a teljesség igénye nélkül.

Minél több ilyen funkciót találunk a hőkameránkban, annál sokoldalúbb annak alkalmazhatósága, és annál kényelmesebb és hatékonyabb a helyszíni munkavégzés. Az említett kiértékelési lehetőségekből kiemelnénk a mérések tárolásának hőmérséklet¬függő indítását, amely gyakran igen sokat segít az előre nem látható időpontú termikus események rögzítésénél. Gyors folyamatok esetében pedig a hőképsorozat-rögzítési funkció jelenti a megoldást, kihasználva a termográfia utolérhetetlen előnyét: még akár másodpercek töredéke alatt lezajló termikus folyamatok rögzítésére is mód van.

A hőkamerába épített kompozit (egyes cégeknél fúziónak is nevezett) képmegjelenítésnek köszönhetően pedig nem kell már a dokumentációhoz külön fényképeket készíteni és befűzni, ami számottevő időmegtakarítási lehetőség. Sőt, az így megvalósított hőkép és fénykép egymásra vetítésénél sehogyan sem lehet jobban (és könnyebben felismerhetően) grafikusan dokumentálni a tárgy hőmérséklet-összefüggéseit.

» Rahne Eric

www.pim-kft.hu
www.termokamera.hu

pim@pim-kft.hu

HATÉKONYSÁGMUTATÓ			
Anyagfelhasználás	■	Energiaigény	■
Üzemfenntartás	■	Kezelhetőség	■
Időráfordítás	■	Élettartam	■