

Egy univerzális mérési eljárás

Milyen hőkamerát válasszunk? (X.)

A hőkamerák forgalmazói és a hőképfelvételeket készítő szolgáltatók nem ritkán súlyos szakmai hibákat vétnek a hőképek készítésével, illetve a feladathoz alkalmazható hőkamerák kiválasztásával kapcsolatosan. Az alábbiakban bemutatjuk a legfontosabb tudnivalókat a hőkamera típusának feladatfüggő megválasztásához.

➤ **A HŐKÉPFELVÉTELEK KÉSZÍTÉSE**, azaz a termográfia rendkívül sokoldalú mérési eljárás. A modern hőkamerák kezelése hasonlít az elterjedt digitális videokamerákéhoz. Ez az egyszerűség viszont ne tévesszen meg senkit: a mérési szempontból helyes hőképfelvételek készítéséhez szakmai tudás, megfelelő mérés-előkészítés és a feladat igényeinek eleget tevő mérőeszköz (hőkamera) szükséges, ellenkező esetben mérési eredmények helyett csak kiértékelhetetlen „színes képek” keletkeznek. Ezenfelül tudomásul kell venni azt a tényt is, hogy univerzális – valamennyi szóba jöhető igényt kielégítő – hőkamera fizikai okoknál fogva nincs.

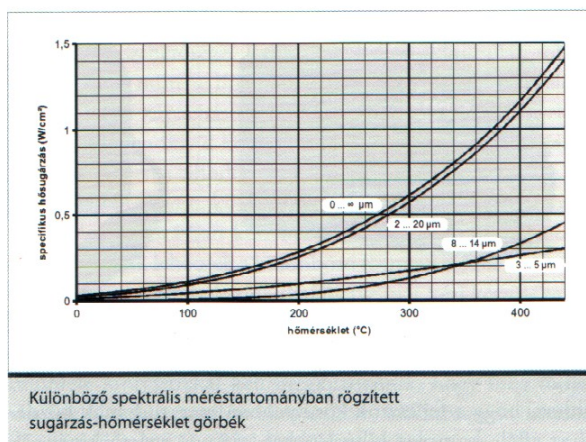
Szomorú tapasztalat, hogy a hőkamerák forgalmazói és a hőképfelvételeket készítő szolgáltatók is nem ritkán súlyos szakmai hibákat vétnek a hőképek készítésével, illetve a feladathoz alkalmazható hőkamerák kiválasztásával kapcsolatosan. Ezért itt bemutatjuk a legfontosabb tudnivalókat a hőkamera típusának feladatfüggő megválasztásához – a nem megfelelő paraméterek alapján kiszemelt készülék ugyanis többnyire nemcsak kidobott pénz, hanem akár a mérések ki-vitelezhetetlenségét is okozza.

A kiválasztás lépései

Hogyan kell tehát a mérési feladatainknak megfelelő hőkamerát kiválasztanunk? Először is legyünk tisztában azzal, hogy a hőkamerák műszaki paraméterei és tulajdonságai mit jelentenek, milyen kihatással vannak a mérési eredményre, milyen fizikai korlátokat jelentenek. A következő fázisban tisztázzuk,

Termográfiai eszközökkel történő mérés esetén, számos nehezen megállapítható technikai paramétert kell figyelembe venni.

hogy a mérési feladatunkból kifolyólag milyen minimális követelményeket kell a kiválasztandó eszköznek teljesítenie, milyen fizikai törvényszerűségeknek kell megfelelnie. Harmadik lépésként határozzuk meg, hogy milyen minőségben és milyen formában kell majd a mérési adatok kiértékelését (illetve az ezzel kapcsolatos beszámolókat) elkészítenünk. Legvégül keressük mindazokat a hőkamerákat és kiértékelőszoftvereket, amelyek az előzőleg felállított követelményeknek biztosan megfelelnek (fontos, hogy nem szabad a mérési paraméterek, illetve a fizikai korlátok esetén kompromisszumokat kötnünk, mivel ez könnyedén a mérés kiértékelhetetlenségéhez vezethet). Ha több – mindenben megfelelő – eszközre találunk, célszerű az anya-



Következtetések a hullámhossztartománnyal kapcsolatosan

Amíg a hosszuhullámú (8–14 μm-es) kamerákkal a leghidegebb és legmelegebb testek egyaránt mérhetők, a középhullámú (3–5 μm-es) hőkamerákkal hideg (például –80 °C-os) testek nem vizsgálhatók, ugyanis a hideg testek rövid- és középhullámú sugárzást nem bocsátanak ki. Ellenben nagy előnye a középhullámú hőkameráknak, hogy üvegen át történő mérésekre alkalmasak. Ennek alapja, hogy az üveg a rövid- és középhullámú hősugárzást átengedi (4 μm-ig), a hosszuhullámút viszont nem, a hosszuhullámú kamerák ezért nem „látnak át” az üvegen.

gilag legkedvezőbbet választani (vagy azt, amely nagyobb tudást vagy jobb minőséget nyújt ugyanazért az ártért). Természetesen előnyös, ha olyan szállítótól, illetve szolgáltatótól vásároljuk a kiválasztott eszközt, amely szakmailag felkészült, és alaposan átgondolt további tanácsokkal segíti a helyes eszközök kiválasztását (esetlegesen hiányos szakmai ismereteink és tapasztalataink miatt pont ez mentheti meg a mérésünket).

Sorozatunk következő részei a hőkamera-kiválasztás fizikai (elméleti) hátterét kívánják tisztázni, valamint tanácsokkal segítséget nyújtani tipikus alkalmazások esetén a helyes készülék kiválasztásához. A cikkben felsoroltak nem gyártóspecifikus adatok, hanem általánosan – valamennyi hőkamera esetén – ér-

vényesülő paraméterek. Ha tehát valamilyen mérés bizonyos kameratípusokkal nem végezhető el, akkor nincs olyan kameragyártó, amely mégis képes lenne a feladatra alkalmas kamerát gyártani. (Például az üvegen át történő mérés egyetlen hosszuhullámú kamerával sem lehetséges, teljesen mindegy, hogy ki gyártja.) Ha bizonyos mérési feladatokat termográfiai eszközökkel kívánunk megoldani, számos nehezen megállapítható és súlyozható technikai paramétert kell figyelembe venni. Ha a tervezett felhasználás nem egyértelműen nevezhető szokványosnak, akkor sok esetben csak próbamérések alapján dönthető el a helyes megoldáshoz vezető út. Van azonban néhány paraméter, amelyek átgondolásának mindenképpen meg kell előznie bármilyen próbát, hogy a mérőeszköz hatását a mérési eredményre előzetesen mérlegelni lehessen.

A hőkamera hullámhossz-tartománya

A technikailag releváns hőmérsékletek érintkezés nélküli mérésére felhasználható infravörös sugárzás hullámhossz-tartománya megközelítően 0,8 μm -nél kezdődik és 20 μm -ig terjed. Míg az infravörös termográfiahoz hasonló távhőmérés több spektrális tartományt használ, a termográfia számára szolgáló tartomány két, a 3 (esetleg 2) és 5 μm , illetve a 8 és 14 (illetve 12) μm közötti intervallumra korlátozódik, ami az úgynevezett közép-, illetve hosszuhullámú atmoszferikus ablak kihasználásából adódik. Mivel az atmoszféra többnyire tökéletesen átereszt a hosszuhullámú hősugárzást, így ez a tartomány igen alkalmas a szabadban, nagy távolságoknál történő mérésre.

Az atmoszféra elemei – vízpára, szén-dioxid, szénhidrogének stb. – a rövid- és középhullámú tartományt már néhány méteres távolságban is képesek erősen befolyásolni (csillapítani). Ami hátránynak látszik, annak van egy pozitív hatása is: például a lángok, égési gázok hőmérséklete a rövid-, illetve középhullámú termografiával határozható meg, míg a hosszuhullámú tartományban átlátszóak. Szükségesek lehetnek egyébként olyan mérések is, amelyeket infravörös sugárzást áteresztő ablakon keresztül kell elvégezni. Az ilyen ablakok készítéséhez felhasználható anyagok teljesen eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkezhetnek, így azok alapján döntendő el a hőkamera mérési hullámhosszának tartománya. Végül a tárgy spektrális emissziós tényezője is befolyásolhatja a választandó hullámhossz-tartományt.

A mérésekhez a levegő átviteli tulajdonságai miatt 8–14 μm hullámhossz-tartományra érzékeny – a hosszuhullámú atmoszferikus ablak kihasználásával működő –, valamint a 3–5 μm hullámhossz érzékelésére képes – a középhullámú atmoszferikus ablakban mérő – hőkamerák készülnek. Elnevezésük ennek függvényében hosszuhullámú vagy középhullámú hőkamera. Az ilyen mérőeszközök spektrális méréstartománya eszerint a tárgy által kibocsátott teljes sugárzásnak csak egy részét fedi le. Ennek a mérési eredményre gyakorolt hatását szemlélteti az 1. ábrán látható diagram néhány tipikus (az atmoszferikus ablakoknak megfelelően alkalmazott) méréstartományra vonatkozóan.

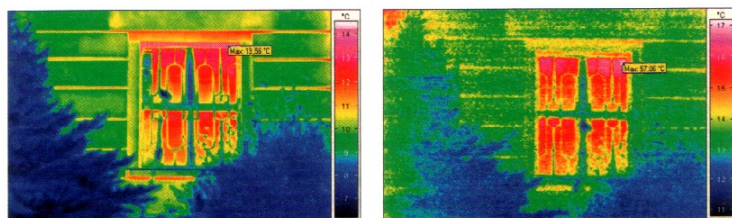
Könnyen felismerhető, hogy a középhullámú (3–5 μm) tartomány eléggé érzéketlen a viszonylag alacsony hőmérsékletre, viszont (fekete test esetén) 350 °C felett a sugárzás érzé-

kelhetősége a 3–5 μm tartományban jobb, mint a hosszuhullámú (8–14 μm) tartományban. Ennek oka, hogy a sugárzás maximuma eltolódott a középhullámú tartományba (Wien-féle eltolódási törvény).

Különböző hőkamera-technológiák

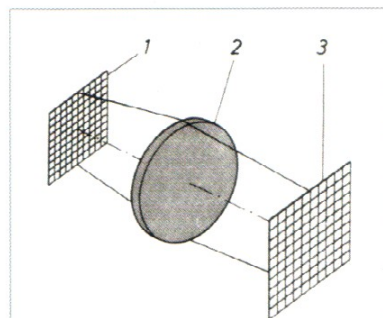
■ **Letapogató hőkamerák** A letapogató (szkennelő) kamerák egyelemű (pont-) detektort használnak az infravörös sugárzás átalakítására, és a mérendő tárgyat mechanikus rendszerrel tapogatják le. E képkalkoló módszer nagyon sebességgel de-

eleméhez, de mégis mérhetően különbözik attól. Az egyezés hiányának kompenzálása komoly mennyiségű valós idejű számításon alapuló jelfeldolgozást (korrekciót) igényel. Ezért a mátrixdetektorral készült első hőkamerákat hőmérséklet-mérési funkciók nélkül ajánlották. A kameragyártók csak később integrálták ezt a technológiát a készülékekbe, előbb csak egy – a kép közepén lévő – mérőponttal, később az összes képpontra kiterjesztve. A legtöbb mátrixdetektoros kamera a középhullámú tartományban dolgozik, és leginkább a különösen nagy teljesítményű InSb-, CdHgTe-,



2

Példa a hőkamerák hullámhossz-tartományának hatására. Balra hosszuhullámú kamerával készített hőkép, nagyon jó hőmérséklet-felbontás, kevés zaj, a legmeglebbebb hely az ablakkeret felső pereme (13,56 °C, mivel nem lát át az üvegen); jobbra középhullámú kamerával készített hőkép, rosszabb hőmérséklet-felbontás, zajosabb kép, a legmeglebbebb pont az égő lámpa a szobában (57,06 °C, mivel látja az égőt az üveg mögött).



Mátrixdetektoros (FPA) hőkamera elvi sugármenete (1 detektor, 2 objektív, 3 tárgy)

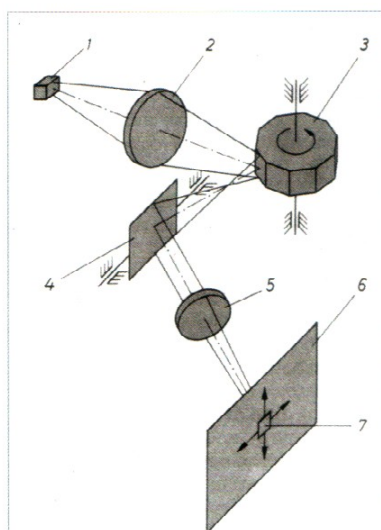
3

tektort és nagy pontosságú mechanikai komponenseket igényel. Nagy előnye az összes többi módszerrel szemben, hogy minden egyes képpont számára a jelet egyetlenegy – nagyon precízen beállított és korrigált érzékenységi görbéjű – pontdetektor alakítja át.

Mivel így a hőkép valamennyi pontjáról tökéletesen egyforma feltételekkel jönnek létre a később kiértékelendő világos adatok, igen jó képhomogenitás érhető el. (Az egyforma hőmérsékletű pontok között kijelzett eltérés minimális vagy nincs is.) A 3 ábrán bemutatott példában a letapogató hőkamerán belüli sugármenet vízszintes eltérítését forgótükör végzi, míg a függőleges eltérítést egy billegő (rezgő) tükör szolgáltatja. Ugyanez mással – például forgó priz-mákkal – hasonlóképpen megoldható.

■ **Mátrixdetektoros (focal plane array, FPA) hőkamerák** Az utóbbi néhány évben egyre gyakrabban használják a mátrixdetektoros hőkamerákat az infravörös termográfiában. Ekkor nincs szükség mechanikai kitérítőegységre, ezáltal a kamera mechanikailag egyszerűbb, kisebb méretű és könnyebb.

Bár a mátrixdetektoros hőkamera optikai sugármenete meglepően egyszerű, a részleteket tekintve azonban több gond is adódik: az egyik fő probléma az, hogy a hőkép minden egyes képpontját egy-egy egyedi érzékelő alakítja át, ezek karakterisztikája nagyon hasonlíthat a szomszédos



Letapogató hőkamera elvi sugármenete (1 detektor, 2+5 objektív, 3 vízszintes eltérítő tükör, 4 függőleges eltérítő tükör, 6 tárgy, 7 mérőfelület)

4

valamint az igen olcsó PtSi-alapú detektorokat alkalmazzák. A hosszuhullámú méréstartománnyal jellemezhető mátrixdetektorok csak a nagyon drága CdHgTe alapon gyárthatók, és még nem készülnek nagy képpontszámmal. Alternatíva a viszonylag új, úgynevezett hőellenállásos vagy bolométeres érzékelőtechnológia, amely a hosszuhullámú tartományon belül nagy hő- és geometriai felbontású érzékelők készítését teszi lehetővé. Egyes esetekben a mátrixos érzékelők egyedi elemeinek reakcióidejével szemben támasztott nem túl szigorú követelmény megengedi a hűtés nélküli detektorok alkalmazását is. Sugárzásfizikai okok miatt azonban az alacsony hőmérsékleten elvárt nagy hőfelbontás elérése a hűtés nélküli berendezésekkel csak a hosszuhullámú tartományban képzelhető el.

Rabne Eric

HATÉKONYSÁGMUTATÓ

Anyagfelhasználás	● Energiaigény	●
Üzemfenntartás	● Kezelhetőség	●
Időráfordítás	● Élettartam	●

pim@pim-kft.hu

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