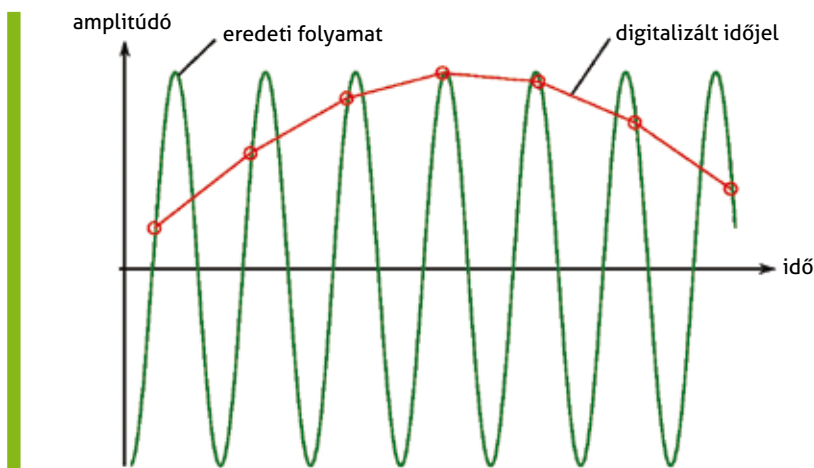


A képismétlési gyakoriság kritikus lehet

KORSZERŰ HŐKAMERÁK SZAKMAI SZEMMEL (II.)

Miután sorozatunk kezdő fejezetében áttekintettük a hőkamerák fejlődésének főbb mérföldköveit a kezdeti letapogató eszközöktől a mai mátrixos hőkamerákig, a folytatásban a hőkamerák képfrissítési frekvenciájával, majd a detektorkiolvasási eljárásokkal foglalkozunk.

A mérendő tárgy hőmérséklet-változásának időállandója (változási sebessége) – vagy tudományosan kifejezve hőmérsékletfolyamat-frekvenciája – a hőkamerák működési elvéből adódóan komoly követelményt jelent: a hőkamerának ugyanis (mint minden digitális jelfeldolgozó mérőrendszernek) a mintavételezési alapszabálynak, a Shannon-törvénynek is eleget kell tenniük. A Shannon-törvény pedig megköveteli, hogy a mérendő folyamat legnagyobb frekvenciájú komponenséhez viszonyítva legalább kétszeres frekvenciával történjen a jeldigitalizáláshoz szükséges minták vétele. Ha ezt a törvényt nem tartjuk be, akkor úgynevezett alul-mintavételezés következik be, amely például periodikus hőmérséklet-ingadozás esetén oda vezet, hogy a rögzített hőmérséklet-folyamat időbeni változása látszólag csak lényegesen



» A Shannon-törvény megsértése esetén bekövetkező alul-mintavételezési hiba (forrás: PIM)

lassabban (kisebb frekvencián) megvégbé, mint a valóságos folyamat (lásd az 1. ábrát). Ez bizony sok esetben teljesen téves következtetésekre ad alkalmat.

MIKOR KRITIKUS PARAMÉTER?

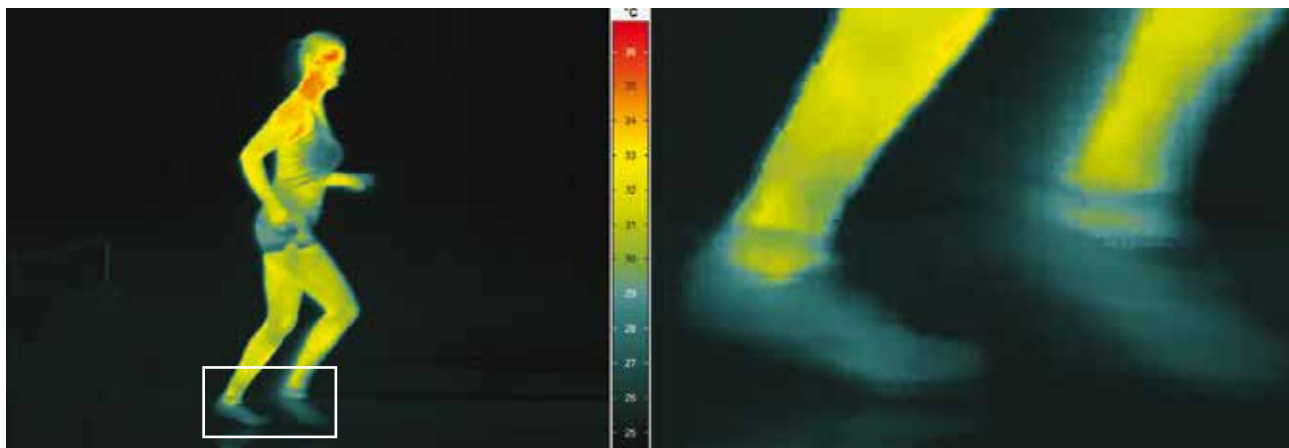
A fentiek alapján tehát minden olyan feladat esetében kritikus a hőkamera képfrissítési frekvenciája, amelynél hőmérséklet-változásokat szeretnénk bevizsgálni. Ha a rögzítendő változás 1/10 másodperces periódusidejű, akkor minimum 20 Hz-es (inkább 25 Hz-es) képfrissítés szükséges. Egy teljesítményelektronikai eszköz esetén nemritkán akár 300 Hz-es frekvenciájú melegekedések lépnek fel, amelyek rögzítéséhez 600 Hz fölötti képfrissítési frekvencia az elvárt (ez pedig már csak foton-detektoros hőkamerákkal oldható meg). További példák a kivételesen gyors foton-detektoros hőkamerák szükségességére:

SZÁMPÉLDA: MAXIMÁLIS MOZGÁSEBESSÉG

Ha egy 15 mm széles tárgyat szeretnénk érzékelni egy 30 Hz-es képfrissítésű (tehát tipikusan megközelítően 25 ms integrálási idejű), 2 mrad geometriai felbontású hőkamerával 1 m távolságból, akkor a maximális sebesség a hőkamera és a tárgy között (a tárgyfelülettel párhuzamosan) a következőképpen számolható ki:

$2 \text{ mm} + 25 \text{ ms} \times x \text{ m/s} < 15 \text{ mm}$, ahol x a maximális mozgássebesség.

A maximális mozgássebesség tehát a fenti egyenlet alapján 0,52 m/s, vagyis csupán 1,87 km/h.



» A hőkép elmosódása gyors tárgymozgás miatt – kinagyítva a futó lábait (lassan mozgó test+bal láb a földön: éles, kezek és jobb láb gyors mozgásban: elmosódva)

a forgácsolótechnológiák esetén fellépő szerszám- és munkadarab-melegedés érzékelése, a gépkocsilégzsák felülete hőmérsékleteinek megfigyelése, a pirotechnikai folyamatok hőmérsékleteinek kutatása vagy az ütésszerű mechanikai behatások vizsgálata.

A felsorolás még sokáig folytatható, de ne vezessen arra a téves következtetésre, hogy lassú (vagy akár állandósult) termikus folyamatok esetén nem fordulhat elő, hogy a hőkamera képfrissítési frekvenciája a mérés kivitelezhetőség szempontjából kritikus paraméter lenne. Mozgó mérési tárgyak vagy mozgó hőkamera esetén ugyanis éppúgy fontos, hogy elég gyors legyen a hőkamera.

Mikrobolométeres hőkameráknál az azok képfrissítési gyakoriságát megha-

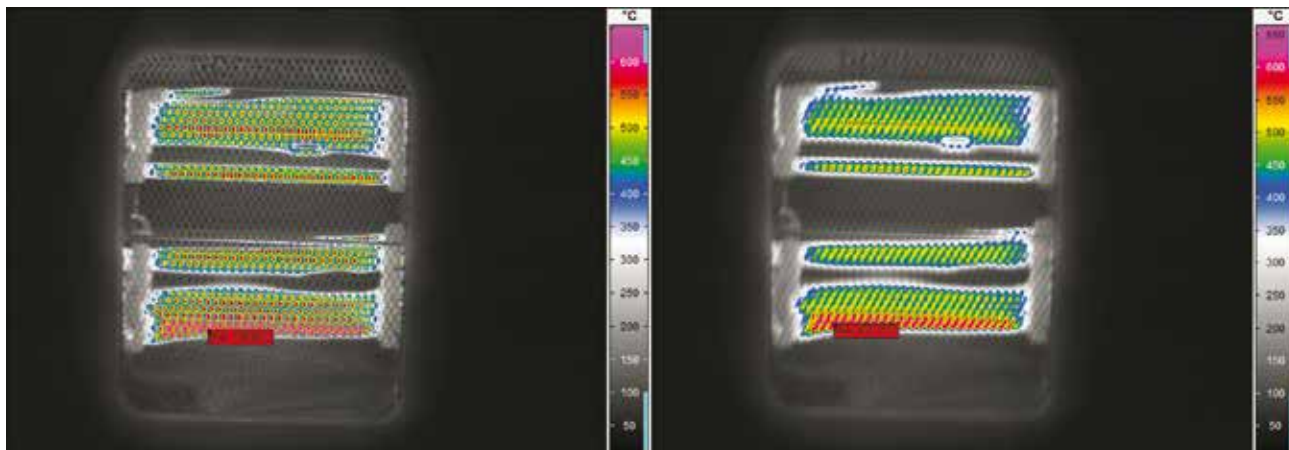
tározó integrálási idő korlátozza, hogy legfeljebb milyen gyorsan mozgó tárgyakat lehet még korrekt módon érzékelni. A maximális mozgássebesség az az érték,

Akkor is vannak komoly problémák, ha kézben tartott hőkamerával kívánunk kelőképpen részletes hőképeket vagy akár nagyobb távolságú méréseket készíteni.

» HA HŐMÉRSÉKLET-VÁLTOZÁSOKAT SZERETNÉNK BEVIZSGÁLNI, AKKOR KRITIKUS JELLEMEZŐ A HŐKAMERA KÉPFRISSÍTÉSI FREKVENCIÁJA. «

amelynél az integrálási idő alatt az egyedi detektor által érzékelt tárgyfelület már annyira elnyúlik a mozgás irányában, hogy ez az érzékelési felület az integrálási idő alatt a tárgyfelületről éppen „lefut”.

A fényképezéssel kapcsolatosan ismert tény, hogy egy gyakorlott – nyugodt kezű – fényképész még 1/60-as zársebesség mellett is bemozdulás nélküli fényképek készítésére képes (állvány nélkül), egy amatőr „reszkető”



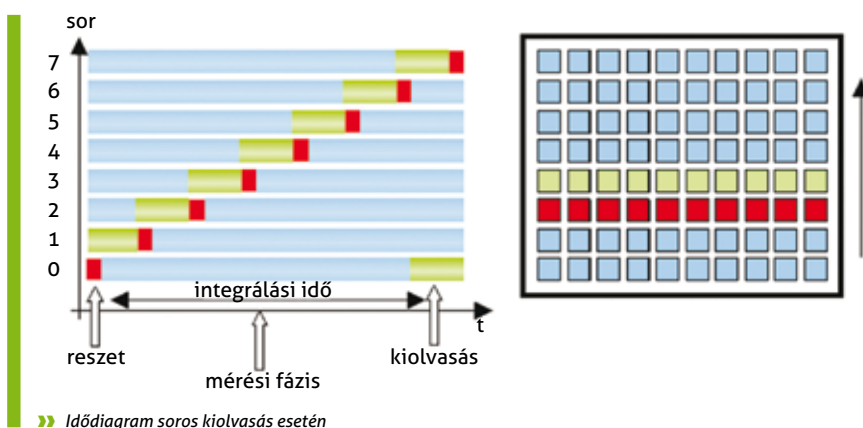
» A hőkép elmosódása a hőkamera bemozdulása (például a kéz remegése) miatt; hőszugárzó hőképe a) elmosódás nélkül, b) bemozdult felvétel

keze pedig 1/125-ös zársebesség mellett is időnként bemozdult képeket eredményezhet. Ezek a zársebességek 17 ms, illetve 8 ms érzékelési időt jelentenek. Mi ügyesség kell akkor ahhoz, hogy egy 30 Hz-es, vagy akár csak 15, illetve 9 Hz-es hőkamerát kézben tartva bemozdulatlan hőképeket rögzítsünk? Ehhez akár 30-40 ms-on keresztül mozdulatlanul kellene tartanunk az eszközt, ami kész képtelenség. Más szóval: kézben tartva csak olyan hőkamerákkal lehet biztonságosan bemozdulás nélküli hőképeket készíteni, amelyek integrálási ideje 15 ms-nál rövidebb. Ezt általában csak az 50 Hz-es és még annál is gyorsabb hőkamerák biztosítják, az ennél lassabb hőkamerák állvány nélküli felvételekre alkalmatlanok.

DETEKTORKIOLVASÁSI ELJÁRÁSOK

Mozgó vagy forgó tárgyak, illetve a tárgyhoz képest mozgásban lévő hőkamera esetén a hőkamerák mérés technikai alkalmazhatósága nemcsak az előbb tárgyalt hőképfriessítési frekvencián, hanem a pixeladatok kiolvasási módján is múlik. Ebből kétféle szokás megvalósítani: a soronkénti kiolvasást (termikus és fotondetektorok esetén is alkalmazható), valamint az úgynevezett snap-shot kiolvasást. Az utóbbi kizárólag egyes fotondetektorok speciális tulajdonsága, ugyanis a termikus detektorok, például a mikrobolométerek lassúsága (akár 6-20 ms-os integrálási idő) e technológia alkalmazását teljesen értelmetlenné teszi.

Soros kiolvasás Ha alapul veszünk egy átlagosnak mondható 320×240 pixeles matrikos érzékelőt, akkor ez 78 600 egyedi érzé-



kelőt jelent. Kézenfekvő, hogy a pixelenkénti analóg villamos kimeneti jelek digitalizálása végett nem célszerű ugyanennyi mintavevő és analóg-digitális (AD) átalakítót alkalmazni azok nagy hely- és energiaigénye, illetve költsége miatt. Így tehát csak egyetlenegy sornak megfelelő 240 mintavevő-AD átalakító áramkört használunk, amellyel az érzékelő 320 sorát egymás után (egyesével továbbléptetve) olvassuk ki. Ehhez lenullázzuk az első sorban lévő érzékelők jeleit, és elindítjuk a mérési (integrálási) idejüket, majd egy picivel később megtesszük ugyanezt a második, a harmadik és az ezt követő sorokkal is.

Időközben letelik az első sor érzékelőinek integrálási ideje, így tehát azok mérési adatainak kiolvasását elvégezhetjük. Majd egyenként továbbléptetve ugyanezt megteszszük a többi soral is, amíg az utolsóig el nem jutunk. Eközben természetesen a következő kiolvasási ciklushoz már az első sorok integrálási idejének újraindítása is megtörtént. Gyakorlatilag úgy is megfogal-

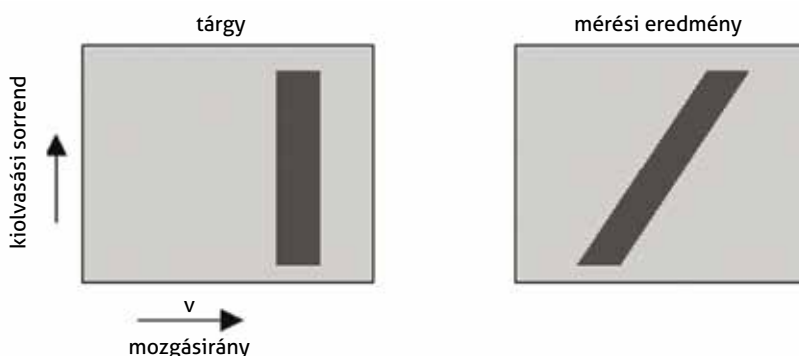
mazható a körfolyamat, mintha az érzékelők folyamatosan integrálnának, és soronként lépkedve megszakítanánk ezt egy kiolvasással és nullázással.

A soros kiolvasás következménye, hogy a mozgó tárgyak megjelenítése torzul, ahogyan ezt az 5. ábra szemlélteti (minél gyorsabb a mozgás, annál nagyobb a torzulás mértéke.) Ennek oka, hogy a soronkénti mérési adatok nem azonos időben, hanem egymás után keletkeztek – hasonlóan, mint egy multiplexeres sokcsatornás mérés technikai rendszer esetén.

Snap-shot technológia A mozgó vagy forgó tárgyak érzékelésével kapcsolatos probléma a snap-shot technológiával megoldható. Alkalmazásának viszont csak megfelelően gyors (akár csak 10 μs integrálási idejű) fotondetektorok esetén van értelme. A hozzájuk képest akár több nagyságrenddel is lassúbb termikus érzékelők (például mikrobolométerek) esetén amúgy is elmosódna a mozgó tárgy leképzése a hosszú integrálási idő miatt.

Folytatás a következő lapszámban.

» Rahne Eric



» Mozgó tárgyak ábrázolásának torzulása soros kiolvasás hatására



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



pim@pim-kft.hu

HATÉKONYSÁGMUTATÓ

Anyagfelhasználás	■ Energiaigény	■
Üzemfenntartás	■ Kezelhetőség	□
Időráfordítás	■ Élettartam	■