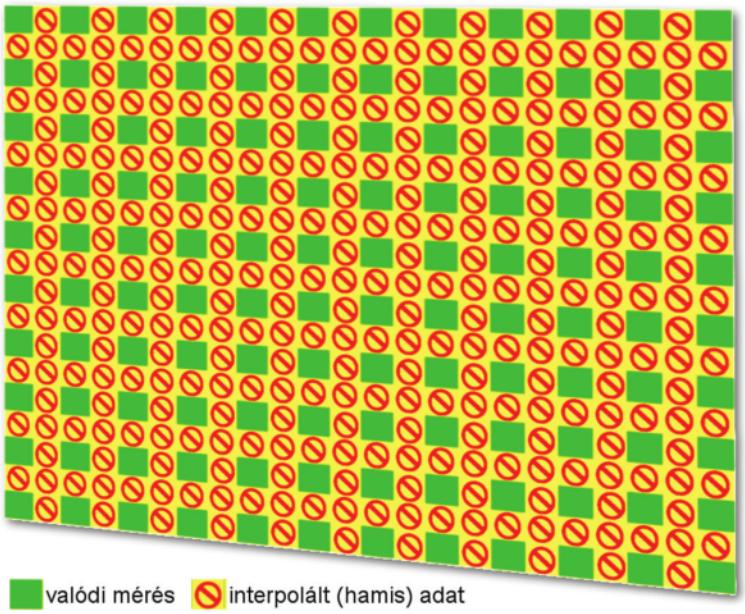
Pontos hőmérsékletmérés vagy látványos megjelenítés?

KÉPJAVÍTÁS HŐKAMERÁKNÁL (I.)

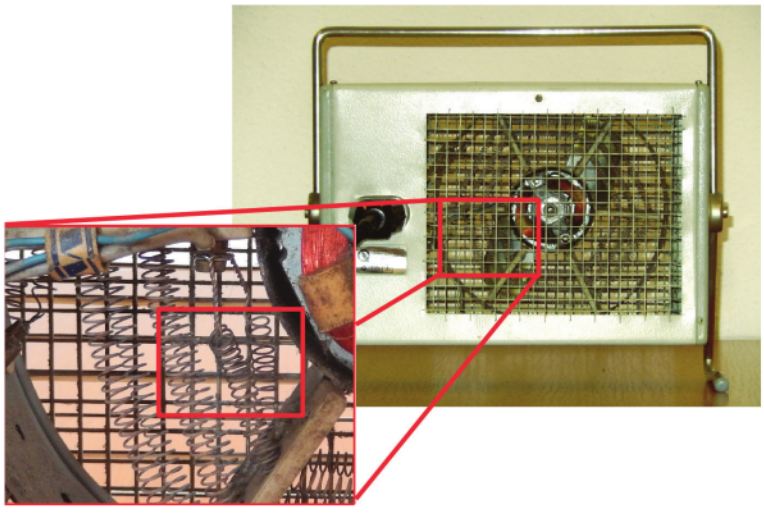
Egzakt termográfiai méréshez mire van szükségünk, mit ígérnek a gyártók/forgalmazók, és végül mit kapunk tőlük?

Most induló sorozatunk előzménye magazinunk tavalyi lapszámaiban Korszerű hőkamerák szakmai szemmel címmel folytatásokban közreadott írásunk, ennek is főképpen a hőkamerákkal kapott képek feljavításának lehetőségeivel foglalkozó fejezetei. Ezen részek bővített változata, illetve folytatása olvasható a GyártásTrend oldalain ettől a lapszámunktól kezdve, és hogy újra foglalkozunk a témával, ennek oka részben az, hogy a korábbi áttekintés óta újabb módszerek, eljárások jelentek meg a képjavítás vonatkozásában. De egy másik indíttatás is fontos szerepet játszik a folytatásban: az a sajnálatos tapasztalat, hogy egyes piaci szereplők kedvező áron a korrekt mérési eljárásokkal csak látszólag azonos képességű technológiákat kínálnak. A megfelelő ismertekkel nem rendelkező végfelhasználó előtt rejtve marad, hogy az adott hőkamera mérési képessége meg sem közelíti az ígérteket. Vagyis se nem nagyobb a pixelfelbontás (még annyi sincs, mint ami az adatlapon szerepel), se nem pontosabb vagy élesebb a hőkép, mint az az adott árkategóriába eső többi eszközöknél megszokott. Korrekt eredmény helyett sok esetben legfeljebb szépített grafikai megjelenítést, de rosszabb mérési adatokat kaphatunk. Így gyorsan igen drágává válik, ami olcsóbbnak látszott.

A hőkamerával elérhető képminőséget, pontosabban a mérés részletességét a geometriai felbontáson túl a hőkamera látómezejében érzékelt képpontok száma határozza meg. Ennek oka, hogy a grafikai (vizuális) felismerhetőség érdekében egy bizonyos minimális számú képpontnak kell a mérendő tárgy egyes részeire esnie – ugyanúgy, ahogyan ezt a digitális fényképezés esetén



» *1. ábra. Interpoláció (vagy interpolációs zoom) révén keletkező valótlan adatok mennyisége (valamennyi ábra forrása: PIM)*



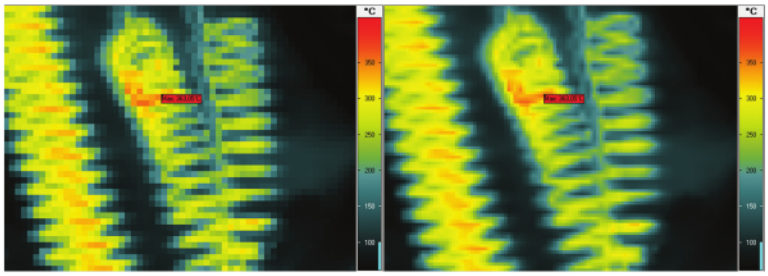
» *2. ábra. A mérési tárgy vizsgált területe, azon belül a hőképeken figyelembe vett részlet*

megszoktuk. Könnyen érthető, hogy több képpont esetén a tárgyfelületet nagyobb részletességgel, illetve nagyobb tárgyfelületet ugyanolyan részletességgel jeleníthetünk meg egy hőképen. Ha az elvárt minőségű hőkép elkészítéséhez kevés a képpontok száma, akkor a tárgyról sok részfelvételt kell készíteni, és szükségessé válhat a képek montírozása, ami igen időigényes feladat. Elsőként az ennek a kiküszöbölésére gyakorta emlegetett, a hőkamera-látómezőn belül végzett két szoftveres hőképpixelszámnövelő eljárást mutatunk be, amelyeket egyaránt jellemez a mérőeszközben, az adatfájlban tárolt adatok felbővítése.

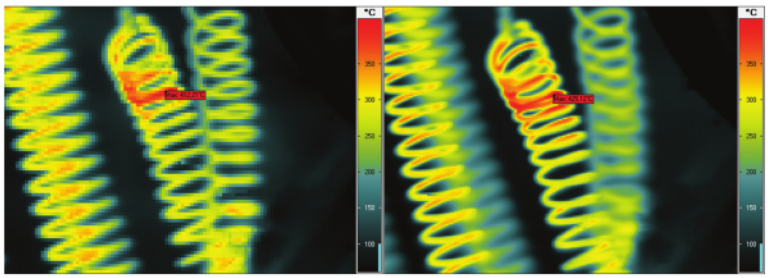
FELBONTÁSNÖVELÉS INTERPOLÁCIÓVAL

A hőkamerák érzékelőinek viszonylag kis képpontszáma miatt látványos hőképek (és ezáltal jegyzőkönyvek) készítése – főleg a kisebb pixelszámú érzékelőmátrixszal rendelkező hőkamerák esetén – nagy nehézségekbe ütközik. A probléma enyhítésére a grafikai képfeldolgozó programoknál megszokott interpolációt alkalmaz néhány hőkameragyártó. Az eljárás a felvett hőkép egy-egy pixelpárja közé még egy újabb – matematikailag interpolált – képpontot generál. Ezzel növeli meg a hőkép pixelszámát az eredeti érték négyszeresére a vízszintes és függőleges megduplázás következtében. Azonban ez az eljárás olyan hőképet eredményez, amely 75 százalékban számított, tehát nem valós, nem mért képpontot tartalmaz. A hőkép vizuális látványának javítása tehát a hőkép adattartalmának meghamisítása árán jön létre. Az eljárás alkalmazása ezért méréstechnikai szempontok alapján nem javasolt.

Néhány cég profinak nevezett, de valójában csak „low cost" szintű hőkameráinak adatlapján szereplő hőkép-pixelfelbontás megadása a következő formában, illetve szöveggel, „320×240 pixel (interpolációval)" vagy esetleg „320×240 pixel (interpolált)", valójában csak egy 160×120 pixeles detektort jelent. Ennek adatfájlját interpolációval 75 százalékban hamis adattal töltik fel, hogy látszólag versenyképesek legyenek a valós 320×240 pixeles mátrixdetektort tartalmazó hőkamerákkal. Közben sem a valódi képfelbontás, sem a geometriai felbontás, de az adatfájl tartalma sem mérhető össze egy utóbbi képpontos detektoros hőkameráéval. Megengedhetetlen a mérési fájlt interpolációval feltölteni, ugyanis sehogy sem lehet utólag eldönteni, hogy valós mérési adatról, vagy beillesztett értékről van-e szó. Akkor pedig a későbbi korrekt kiértékelés eleve kizárt. A helyzetet egy fűtőventilátor termográfiai felvételen illusztráljuk.



3. ábra. Balra 160×120 képpont, max. 363 °C, jobbra 320×240 képpont (interpolációval!), max. 363 °C



4. ábra. Balra 320×240 képpont, max. 412 °C, jobbra 640×480 képpont, max. 425 °C

A 3. ábrán balra látható pixelhiány és elégtelen geometriai felbontás okozta téves mérés miatt csak 363 °C maximális hőmérséklet kerül kijelzésre, holott a valódi hőmérséklet meghaladja a 425 °C-ot. A jobbra látható, interpolációval előállított hőkép ugyan 320×240 pixel méretű, de a pixelszámnövelés révén „feljavított" látványán túl pontosabb vagy korrektebb mérés nem állt elő. Sem a mérési pixelek hiányán nem javított az interpoláció, sem a geometriai felbontást nem növelte. Ennek bizonyítéka, hogy a kijelzett maximális hőmérsékletérték továbbra is csupán 363 °C.

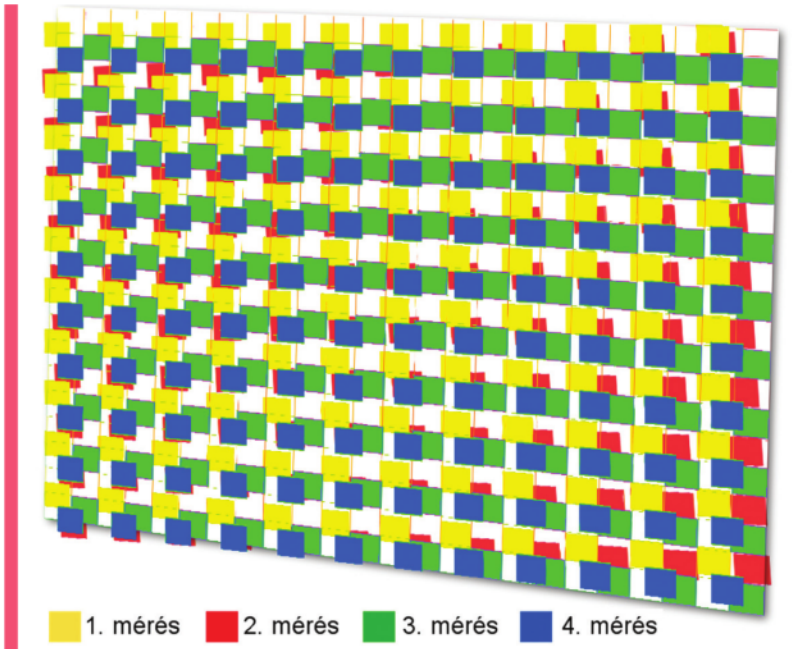
A 4. ábrán balra látható ugyanannak a fűtőszálnak a felvétele 320×240 pixeles detektorral. A nagyobb pixelszámnak és az azonos optikai feltételek mellett megnőtt geometriai felbontásnak köszönhetően nemcsak javult a vizuális megjelenés minősége, hanem pontosabb is lett a mérési eredmény. Ezt alátámasztja, hogy a kijelzett 412 °C-os csúcsérték már jobban közelíti a valódi maximális hőmérsékletet. A legjobb felvételt a 640×480 képpontos detektorral érjük el, mivel e képpontszámmal (még mindig azonos optikai paraméterek mellett) teljesül a geometriai felbontásra vonatkozó mérési követelmény. A korrekt mérésnek köszönhetően kijelzésre került a 425 °C-os maximum, és a vizuális látvány is értékelhetővé vált.

FELBONTÁSNÖVELÉS A KÉZREMEGÉS KIHASZNÁLÁSÁVAL

Egy érzékelőmátrix valójában nem hézagmentesen egymás mellett elhelyezett egyedi érzékelőkből áll, hanem minden érzékelő körül még egy (majdnem félpixeles) érzéketlen, mérést nem végző hézag van. Ezért a mérendő tárgy érzékelése is csak „hézagosan" történik. Kiküszöbölése érdekében az interpoláció helyett egy másik, szoftveres hőkép-pixelfelbontást növelő eljárás kezdett elterjedni az elmúlt években (például Super Resolution vagy UltraMax néven). Ezek az eljárások a hőkamerát tartó ember kezének remegése, illetve bemozdulása során bekövetkező kismértékű, vízszintes és függőleges látómező-eltolódásból indulnak ki.

A módszer elég egyszerű: egy hőkép helyett (tipikusan) 16 hőkép adatait tároljuk, majd a szoftver segítségével kiválasztjuk közülük azt a négy felvételt, amely a kézremegés hatására pont egy-egy félpixeles vízszintes és függőleges eltolással „illeszkedik" egymáshoz. Ezután pixelenként egymás mellé, illetve alá helyezve összeillesztjük a hőképeket. Ezzel a módszerrel az eredetileg két-két elemi érzékelő (képpont) közötti üres helyről is származik adat. A képpontok száma vízszintesen és függőlegesen is megduplázódik – a hőképünk az eredeti detektormátrix pixelszámához képest négyszeres felbontású lesz. Sőt, mivel a (megegyező méretű) látómező érzékelése most már hézagmentes, a hőkamera geometriai felbontása is javul, pontosan 33 százalékkal. (Reklámkiadványokban gyakran más számok is megtalálhatók, de ezek szakmailag nem támaszthatók alá.)

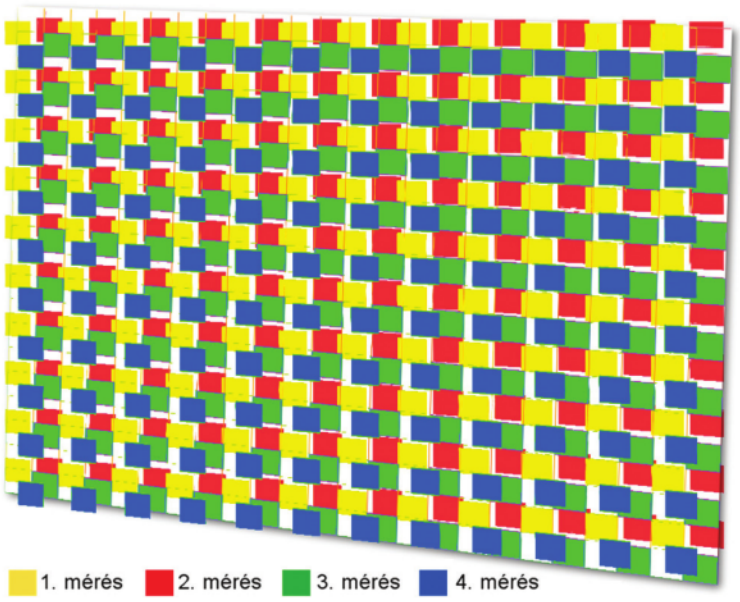
Amennyire egyszerű (és olcsó) ez a módszer, annyi buktatóval is jár. Állványra szerelt hőkamera esetén egyáltalán nem használható, de az ember kezének remegése is csak nagyon ritkán kellőképpen szabályos ahhoz, hogy a szoftver megtaláljon az eltárolt 16 hőkép között négy olyat, amely az előbb leírt módon egymásra illeszthető. (Gondoljunk csak arra, hogy az egész eljárás időigénye közel fél-egy másodperc. Ha ez idő alatt szögben elbillen vagy folyamatosan süllyed a kezünk, sehogy sem lesz meg a négy összeilleszthető hőkép.) A szoftveres képkiválasztó algoritmus továbbá minden olyan esetben is képtelen a hőképek kiválasztására, amelyben a hőkép nem tartalmaz elegendően nagy és éles kontrasztokat (megfelelően meredek hőmérséklet-gradienseket), vagy ha a látómezőn belül valamelyik részen elmozdulás következik be.



» *6. ábra. Kézremegésen alapuló sikertelen pixelfelbontás-növelés (életlen felvétel → átkapcsolás interpolációra)*

A fenti esetekben a szoftver – sajnos minden figyelmeztetés nélkül – a kívánt pixelszám elérése céljából a hőképek összeillesztése helyett az interpoláció alatt leírt felbontásnövelést alkalmazza (ezt alátámasztó dokumentum az UltraMax-Eng.pdf, FLIR 2014). Ezzel pedig nem létező képpontadatok keletkeznek, és a módszer által „beígért" geometriaifelbontás-javítás sem valósul meg. Méréstechnikailag tehát soha nem tudjuk, melyik így készült hőképünk tartalmaz igazán valós pixeleket, és ezáltal mikor számíthatunk ténylegesen a jobb geometriai felbontásra. A módszer használata ezért méréstechnikailag aggályos.

» **Rahne Eric**



» *5. ábra. Kézremegésen alapuló sikeres pixelfelbontás-növelés (négy egymáshoz montírozható hőkép)*

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

HATÉKONYSÁGMUTATÓ

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