Line scan kamerák

Precíz képalkotás nagy felbontással

A Basler rendkívül érzékeny fekete-fehér és színes line scan kamerái ideálisak azokhoz az alkalmazásokhoz, ahol kiváló képminőségre van szükség. Ilyen például az akkumulátorgyártás, ahol az állandó minőségellenőrzés kulcsfontosságú.

A line scan kamerák működése – sebesség az ipari képfeldolgozásban

A line scan kamera a képet soronként rögzíti, tehát nem egyszerre készít teljes képet, hanem egy-egy vonalon halad végig. Ez a folyamatos adatfelvétel lehetővé teszi hosszú tárgyak vagy végtelen szalaganyagok vizsgálatát anélkül, hogy képhibák jelennének meg.

A Basler line scan kamerák ideális megoldást kínálnak nagy adatmennyiség gyors és kiváló minőségű rögzítésére.

Line scan kamerák – felépítés és működés

A line scan kamerák olyan szenzorral működnek, amely mindössze 1, 2 vagy 3 pixel sorból áll. A kép adatokat soronként éri fény, majd ezek a sorok kerülnek egymás után összefűzésre és feldolgozásra.

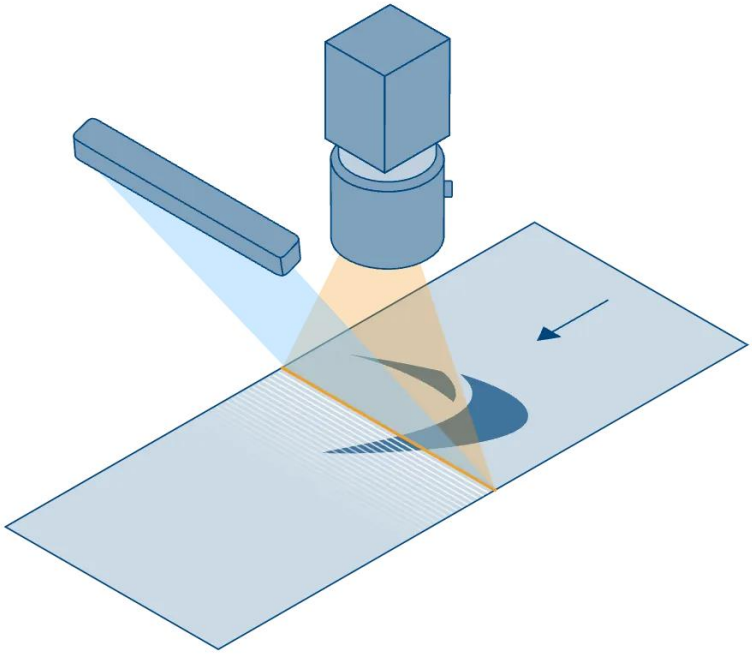
Ezeket a kamerákat olyan termékek és árucikkek vizsgálatára használják, amelyek szállítószalagon mozognak, gyakran nagy sebességgel. Tipikus felhasználási területek: nyomdaipar, válogatás, csomagolás, élelmiszeripar, illetve mindenféle felületvizsgálat.

A line scan kamera különösen akkor jelent ideális választást, ha mozgó tárgyakat vagy tekercses/íves anyagokat kell vizsgálni. Mivel egyszerre csak egy pixelsort rögzít, az objektum elhalad a kamera alatt, és a szoftver a rögzített vonalakat egy teljes képpé állítja össze. Nagy sebességű mozgás esetén a kamera interfészének is képesnek kell lennie ennek követésére.

Line scan kamerákat gyakran akkor is alkalmaznak, ha speciális kezelési vagy triggerelési követelmények merülnek fel, illetve, ha különleges framegrabber kártyára van szükség.

Négy hasznos tanács line scan rendszer beállításához

A line scan kamerák különösen alkalmasak gyorsan mozgó tárgyak és végtelen hosszúságú anyagok vizsgálatára. A képsorok egymásra építésével olyan nagyfelbontású képek hozhatók létre, amelyeket area scan kamerákkal nem lehet elérni. Ez a cikk bemutatja, miért jobb sok esetben a line scan megoldás, és mire kell figyelni a rendszer kialakításakor.



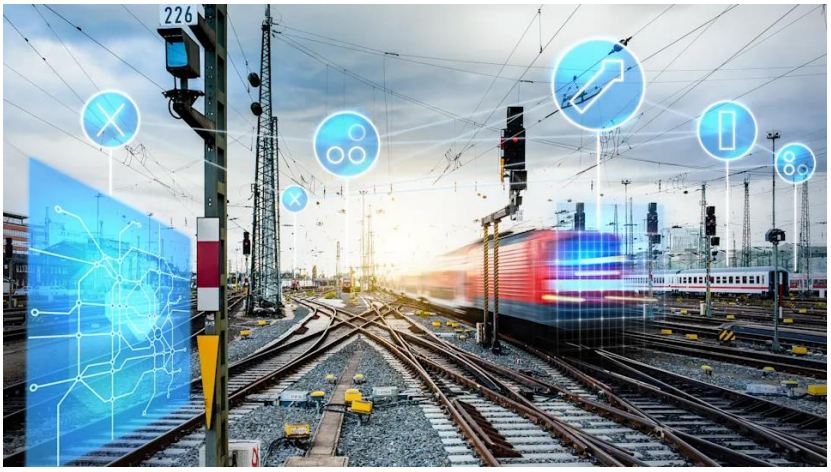
Mikor van szükségem line scan képfeldolgozó rendszerre?

Line scan kamerák ideálisak gyorsan mozgó vagy folyamatos anyagáramlás vizsgálatára. Az alábbiakban bemutatjuk a tipikus alkalmazási területeket, és azt is, hogy miért nem megfelelő egy area scan kamera ezekben az esetekben.

Alkalmazási területek

1. **Mozgó kamera, statikus tárgy vizsgálata**
   Hosszú, mozdulatlan tárgyak vizsgálatára alkalmas, ahol maga a kamera mozog:

   - Vasúti sínek
   - Alagutak
   - Robotikai alkalmazások

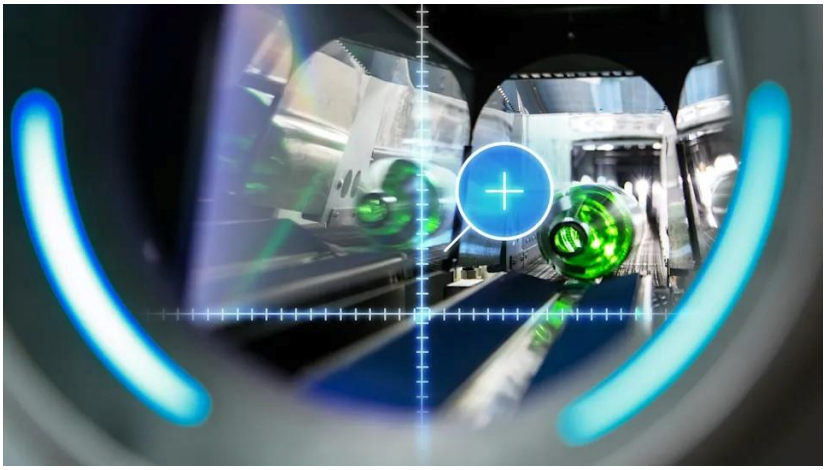


2. **Mozgásban lévő termékek vizsgálata**
   Line scan kamerák kiválóan alkalmazhatók folyamatos gyártású termékek ellenőrzésére:

   - Végtelenített gyártás (pl. fóliagyártás, akkucella gyártás, nyomtatott termékek)
   - Darabáruk, pl. csomagválogatás

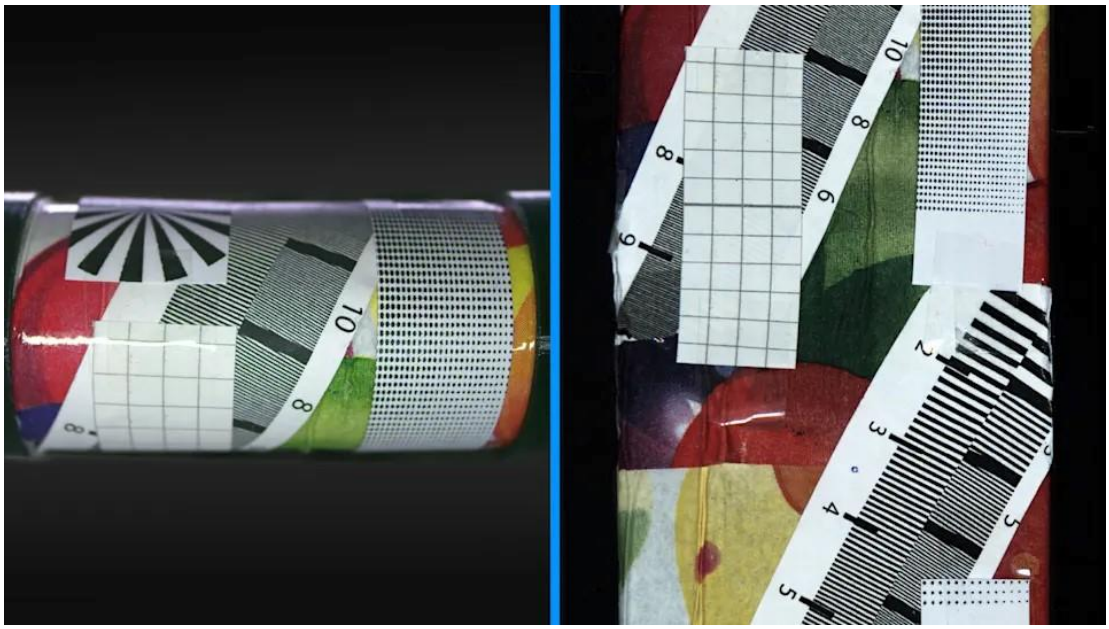
3. **Hengeres tárgyak vizsgálata**
   Hengeres tárgyak torzításmentesen és élesen jeleníthetők meg, ha azokat a kamera alatt forgatják:

   - Hordók
   - Ampullák
   - Autógumik, vasúti kerekek



Mikor válasszunk line scan kamerát area scan helyett?

A line scan kamera egyik legfőbb előnye, hogy a teljes objektumot mindig ugyanabból az irányból és szögből rögzíti – ez biztosítja az egységes, precíz képalkotást. Ezzel szemben az area scan kamerák esetén a képen belül változhat a leképezési szög, ami torzulásokhoz vezethet.



1. ábra: Bal: area scan kamera – teljes terület egyszerre, Jobb: line scan kamera – kép soronként épül fel

Hogyan válasszam ki a megfelelő line scan kamerát?

A rendszer összeállításának első lépése a következő paraméterek meghatározása:

- Milyen részleteket kell felismerni?
- Mekkora sebességgel halad az objektum?
- Mekkora a vizsgálandó szélesség?

Ezek alapján kiszámítható az optikai felbontás, a szükséges triggerelési gyakoriság (trigger rate) és a megfelelő kamera interfész.

Line rate és felbontás

Optikai felbontás és a pixelek száma a szállítási irányban

Két szempont fontos a részletek felismeréséhez:

- A legkisebb hiba méretét legalább két pixelnek kell leképeznie.
- Az objektívnek ezt a felbontást képesnek kell lennie reprodukálni.

Ezért az optikai felbontásnak legalább kétszer akkorának kell lennie, mint a legkisebb észlelni kívánt hiba mérete.

A szükséges pixelek száma a szállítási irányban:
ellenőrzési szélesség / kívánt optikai felbontás
Az eredmény általában ezres lépésközökkel (k) van megadva.

Minimális line rate

A kamera minimális line rate értékét úgy számoljuk ki, hogy:
a tárgy sebessége / optikai felbontás
Az eredmény kilohertzben értendő.

Minél kisebb részleteket kell felismerni, és minél nagyobb a mozgási sebesség, annál nagyobb line rate szükséges.

Interfész és kábelhossz

A kamera interfészének képesnek kell lennie az adott line rate melletti adatátvitelre. Mivel a line scan kamerák gyakran nagy mennyiségű adatot generálnak, megfelelő interfészek lehetnek az alábbiak:

Interfész	Kábelhossz	Adatsebesség
GigE Vision	akár 100 m	1 Gbps
5GigE	akár 100 m	5 Gbps
CoaXPress 2.0	akár 40 m	12.5 Gbps
Camera Link	akár 10 m	8 Gbps

Milyen világítást használjunk line scan rendszerekhez?

A megfelelő világítás kulcsszerepet játszik a hibák észlelésében. A megvilágítás típusával a felület struktúrái kiemelhetők vagy elnyomhatók.

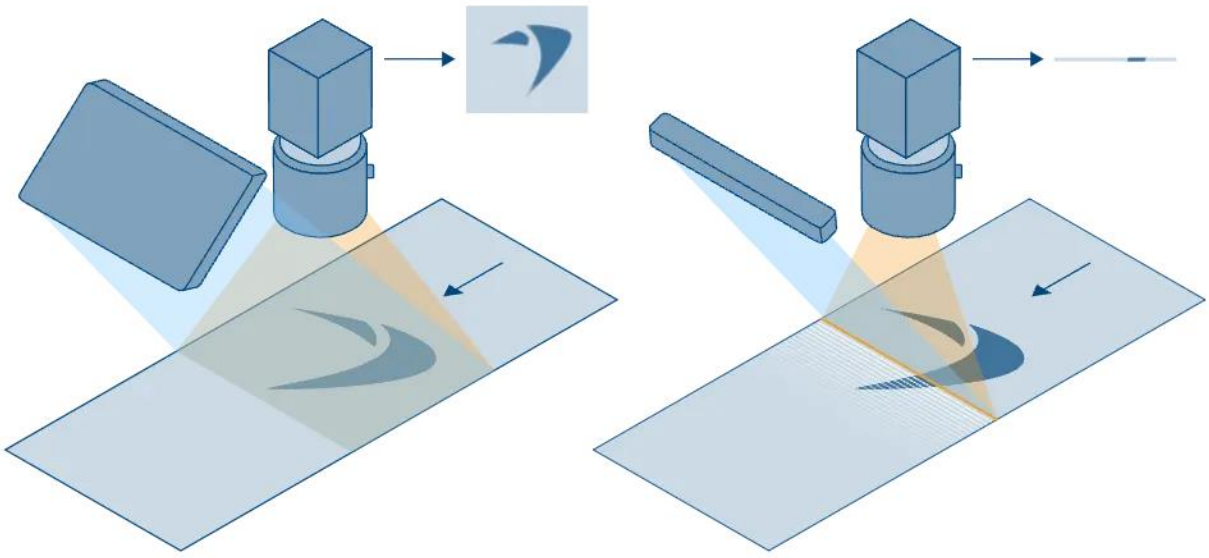
Példa: ha egy durva felületű tapétát strukturált fénnyel világítunk meg, az árnyékokat vet, így a szennyeződések eltűnhetnek. Diffúz fénnyel viszont az árnyékhatás csökken, így jobban látszanak a színbeli eltérések, hibák.

Színes fények is alkalmazhatók, ha a vizsgálandó hiba ezt indokolja.

Area light vs line light

Az area light típusú világítás nem alkalmas line scan rendszerekhez – bár nagy fényerejűek, a line scan kamerák nagyon rövid expozíciós időkkel dolgoznak, így a fényerő nem elegendő.

A line light kifejezetten az ilyen rendszerek igényeihez készült – egyetlen vonalra fókuszálja a fényt, és így biztosít megfelelő intenzitást és egyenletességet.

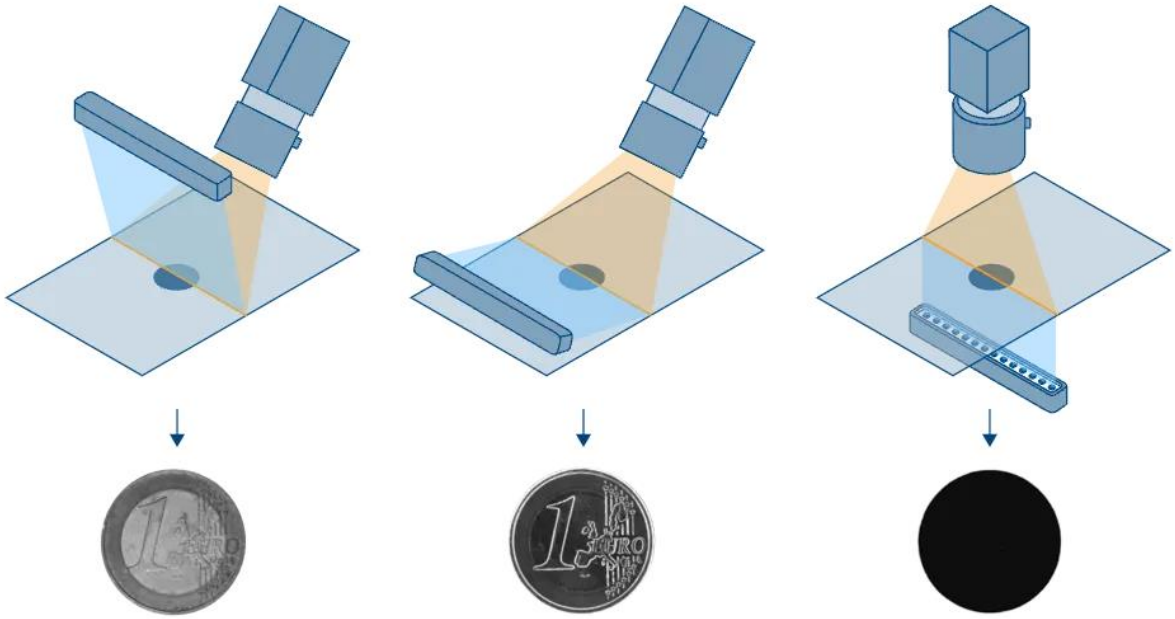


2. ábra: Bal: area light, Jobb: line light

Világítási elrendezések

A kamera és a világítás közötti szög befolyásolja, hogy a felületi jellemzők hangsúlyosak vagy elnyomottak lesznek:

- **Bright field megvilágítás** – Általános nézet, megnövelt fényerővel.
- **Dark field megvilágítás** – A síkfelületeken a hibák és élek világosként jelennek meg, miközben a háttér sötét marad.
- **Áteresztő (transmission) megvilágítás** – Az objektum sziluettje jelenik meg, a lyukak jól láthatók.



3. ábra: Bright field, dark field, transmission illumination

Mit kell figyelembe venni a felbontásnál és a triggerelésnél?

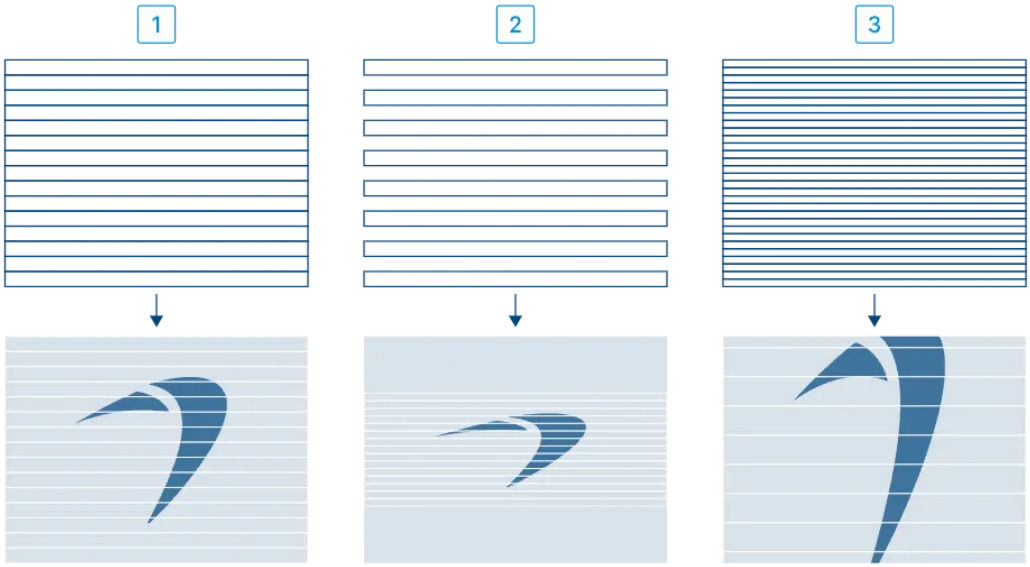
A line scan kamera működéséhez triggerre (indító jelre) van szükség. Ez lehet:

Belső triggerelés – A kamera maga generálja a jelet, de csak akkor működik jól, ha az objektum vagy a kamera sebessége állandó. Gyakran használják beállításokhoz, teszteléshez.

Külső triggerelés – Kompenzálható vele a sebességváltozás. A triggerelést szinkronizálni kell az objektum mozgásával – tipikus megoldás: shaft encoder, amely adott számú impulzust küld a kamera felé, a mozgásnak megfelelően.

Triggerelés és felbontás kapcsolata

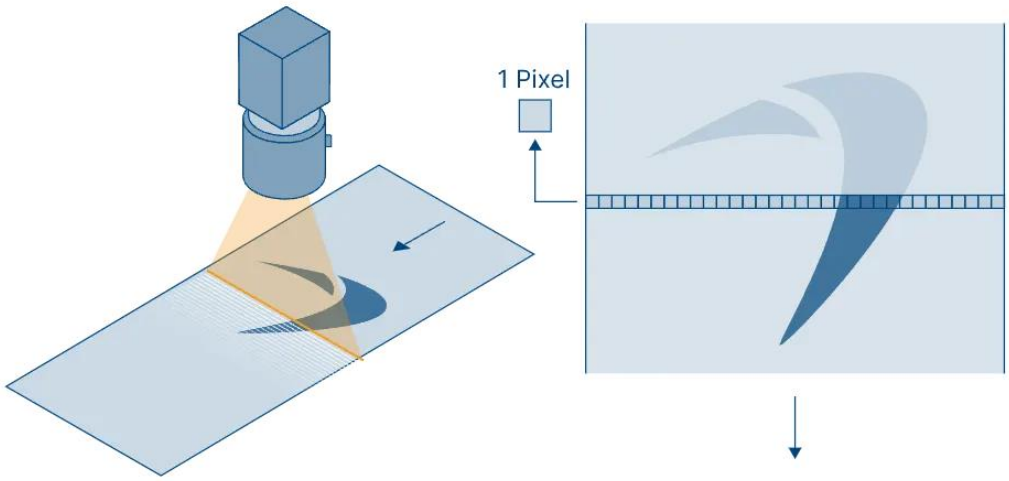
A torzításmentes képalkotáshoz a trigger impulzusokat az optikai felbontáshoz kell igazítani. Ha túl sok sor kerül rögzítésre (oversampling), az objektum megnyúlik. Ha túl kevés (sampling gaps), akkor lerövidül, és kihagyások jelennek meg.



4. ábra: Line trigger hatása a kép arányaira. Fent: trigger az objektumhoz viszonyítva. Lent: összeállított kép. 1 – helyes trigger, 2 – túl lassú trigger (kihagyások), 3 – túl gyors trigger (megnyúlás)

Szinronizált letapogatás (synchronous scanning)

Kerek vagy négyzetes objektumok esetén ideális, ha a pixelek magassága és szélessége megegyezik, tehát a képen megjelenő pixelek négyzet alakúak.



5. ábra: Optimális triggerelés – egy objektum négyzete egy pixelre vetül. A szállítási irány felbontása megegyezik a szenzor irányával.

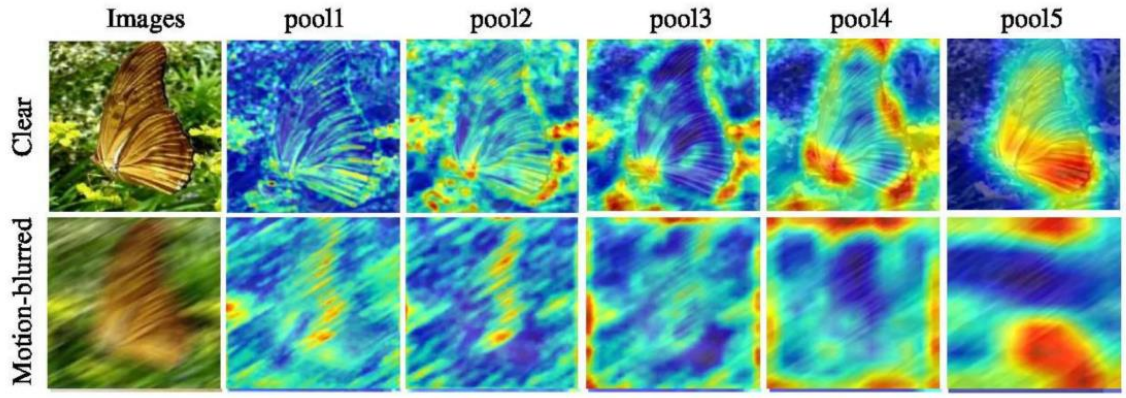
Line scan rendszer felépítése – összefoglalás

A line scan képfeldolgozó rendszer kialakítása nem olyan bonyolult, mint elsőre gondolnánk – ha a következő szempontokat figyelembe vesszük:

- Milyen alkalmazásról van szó, és mekkora a legkisebb felismerendő részlet
- Mekkora sebességgel mozognak az objektumok
- Line rate, kamera interfész, világítás
- Felbontás és triggerelés összehangolása

Mozgás elmosódás (Motion Blur) technikai szempontból

A mozgás elmosódás – angolul *motion blur* – az egyik leggyakoribb képalkotási probléma dinamikus jelenetek vagy mozgásban lévő objektumok rögzítése során. Ez a jelenség akkor lép fel, amikor a kamera expozíciója (záridő) alatt a megfigyelt tárgy vagy a kamera maga elmozdul, így a képszenzoron a tárgy képének több pozíciója is megjelenik egymásra vetülve. Az eredmény egy elmosódott, életlen képrészlet, amely jelentősen rontja a kép értelmezhetőségét és hasznosíthatóságát, különösen ipari, tudományos vagy orvosi célú képalkotás esetén.



1. A mozgás elmosódás kialakulásának fizikai oka

Az elmosódás elsődleges oka az, hogy a szenzor a záridő (expozíciós idő) teljes időtartama alatt gyűjti a fényt. Amennyiben ezalatt a megfigyelt tárgy jelentősen elmozdul, a szenzor nem egy statikus képet rögzít, hanem egyfajta átlagolt mintát a mozgásról. Minél hosszabb az expozíciós idő és/vagy gyorsabb a mozgás, annál kifejezettebb az elmosódás.

A mozgás elmosódás mértéke nagyjából az alábbi egyenlettel becsülhető:

elmosódás hossza (pixelben) = (v × t_exp) / p

ahol
- v a tárgy sebessége (mm/s),
- t_exp az expozíciós idő (s),
- p a képszenzor felbontása mm/pixel egységben.

2. A mozgás elmosódás csökkentése – főbb megközelítések

2.1 Rövid záridő (Short Exposure Time)

A leghatékonyabb mód a mozgás elmosódás csökkentésére a záridő minimalizálása. Minél rövidebb ideig gyűjti a szenzor a fényt, annál kisebb lesz a mozgás hatása a képminőségre.

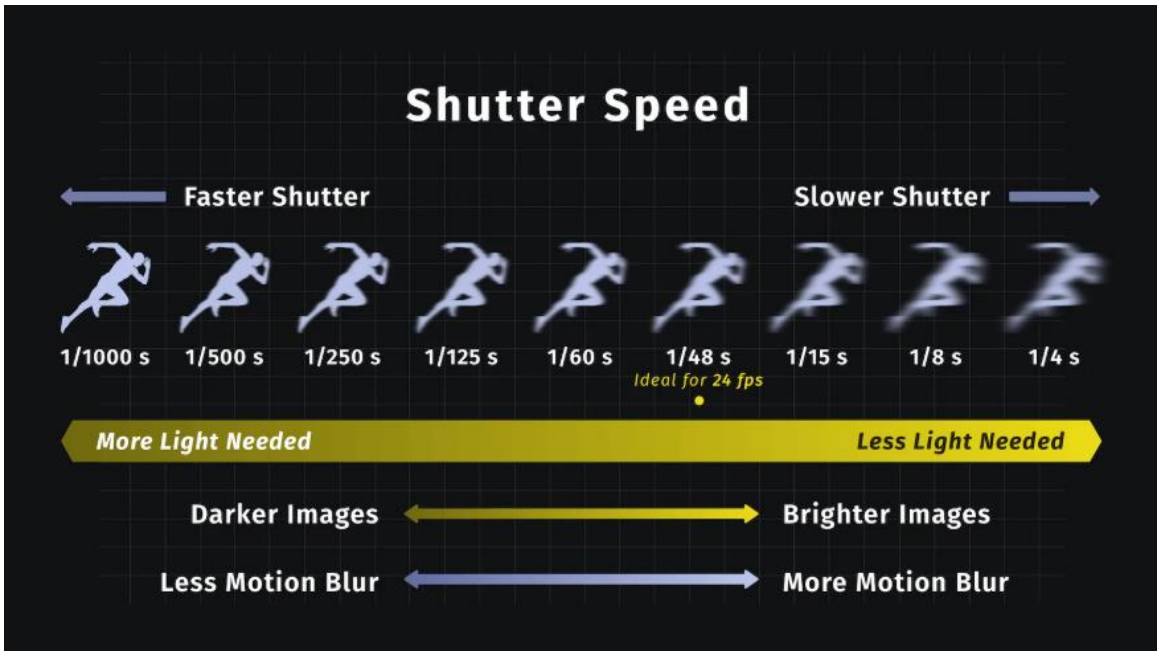
Tipikus értékek:
- 1/1000 – 1/10 000 másodperc szükséges gyorsan mozgó objektumokhoz
- 1/500 másodperc alatt már jelentősen csökken a látható elmosódás

A rövid záridő kevesebb fényt enged be, ezért világítási technikák alkalmazása szükséges.

2.2 Megfelelő világítási technika

Az expozíció csökkentése világítási teljesítménynövelést igényel. A legfontosabb világítási megoldások:

a) Vaku (Stroboszkópikus világítás) – nagy intenzitású, rövid fényvillanás, amely segít „megfagyasztani” a mozgást.



b) Bright field világítás – a tárgyakat közvetlenül világítja meg, kontrasztos képet eredményez.

c) Dark field világítás – ferde szögű világítással csak kiemelkedő vagy hibás felületek válnak láthatóvá.

d) Telecentrikus megvilágítás – párhuzamos sugarak, precíz méretméréshez.

3. További technikai megoldások

- High-gain szenzorok (pl. globál shutter CMOS): rövid expozícióhoz is alkalmasak.
- Mozgás szinkronizálás (triggerelés): a kamera mindig a megfelelő pillanatban exponál.
- Optikai beállítások: nagy rekesz, ND-szűrők.

4. Összefoglalás

A mozgás elmosódás minimalizálása összetett technikai kihívás, amely több tényező – expozíciós idő, világítás, szenzorérzékenység és optikai beállítás – együttes optimalizálását igényli. Különösen az ipari képfeldolgozás, minőségellenőrzés és tudományos alkalmazások terén kiemelten fontos a gyors mozgások torzításmentes rögzítése. A megfelelő világítási technika és a záridő gondos kiválasztásával a mozgás okozta képhibák hatékonyan kiküszöbölhetők.