

## **Mi kell egy machine vision rendszerhez?**

- 1. Kamera**
2. Objektív
3. Megvilágítás
4. Képfeldolgozó szoftver
5. Számítógépes hardver
6. Kommunikációs interfészek

### **1. Kamera választása**

## **Relatív felbontás (Egységnyi területre eső pixelek száma)**

### **A pixel fogalma**

A pixel (képpont) a digitális képek legkisebb egysége, amely egy adott színinformációt hordoz. A kép felbontása a pixelek számát jelenti a kép szélességében és magasságában, például 1920×1080 pixel (Full HD).

### **A pixelméret jelentősége**

A pixelméret a képérzékelőn található egyes pixelek fizikai méretét jelenti, általában mikrométerben ( $\mu\text{m}$ ) kifejezve. A nagyobb pixelméret több fényt képes befogadni, ami jobb jel-zaj arányt és nagyobb dinamik tartományt eredményez. Ez különösen alacsony fényviszonyok között előnyös, mivel csökkenti a kép zajosságát. Ezzel szemben a kisebb pixelméretű szenzorok nagyobb felbontást biztosíthatnak, de gyengébb fényviszonyoknál romolhat a képminőség a magasabb zajszint miatt.

### **A megapixel (MP) fogalma**

A megapixel (MP) a képen található pixelek számát jelöli milliókban kifejezve. Például egy 12 MP-es kamera 12 millió pixelt tartalmazó képeket készít, ami általában 4000×3000 pixel.

### **A relatív felbontás, egységnyi területre eső pixelek száma a machine vision rendszerekben**

Egy kamera legkönnyebben értelmezhető paraméterei a felbontás, illetve a pixel, de ez önmagában nem sokat jelent egy gépi látás rendszer értelmezéséhez. Elengedhetetlen, hogy megmondjuk, ezzel a felbontással mekkora területet akarunk vizsgálni.

Könnyen látható, hogy egy 12 MP-es kamera 4000×3000 px-es felbontásával, ha egy 4 cm-es tárgyat vizsgálunk (40 mm × 30 mm-es területet), akkor:  $40/4000 = 0,01$ , tehát egy-egy pixelünk 0,01 mm × 0,01 mm területet fog ábrázolni. Ugyanezzel a kamerával egy 4 m × 3 m-es tárgyat fényképezve a pixelenkénti ábrázolás 1 mm × 1 mm lesz. Az előbbi esetben megfelelő megvilágítással akár tized- vagy századmilliméteres eltéréseket is észlelhetünk.

**Relatív felbontás = pixel/mm vagy mm/pixel**



*1. ábra A relatív felbontás szemléltetése*

A relatív felbontás alapvetően a kamera felbontása (pixelek száma) és a fényképezett terület ( $x \times y$ ) összefüggése. Ebből adódik egy elméleti érték, amely megmutatja, milyen részleteket tudunk láthatóvá tenni.

Ez egy elméleti maximumot ad, amelyet rontani tudunk bizonyos tényezőkkel (mélységélesség, optika felbontása, megvilágítás, motion blur stb.), de javítani már nem.

### **Hogyan számoljunk ezzel? Mire van szükségünk?**

Egy általános ökölszabály: ha századmilliméteres nagyságrendű hibákat szeretnénk észlelni, vagy tárgyak méretét századmilliméter pontossággal szeretnénk képről leolvasni, akkor általában elvárás, hogy 1 pixelünk századmillimétert mutasson, azaz minimum **100 px/mm**. A pontos követelmény azonban az alkalmazni kívánt algoritmusoktól is függ.

Ha a detektálni kívánt részletek legalább **10 pixelen** jelennek meg, arra kényelmesen és robusztusan lehet szoftvert fejleszteni.

### **Alkalmazás a gyakorlatban:**

Tegyük fel, hogy egy **100×100 cm-es tárgyat vizsgálunk**, amelyen **1 mm × 1 mm-es pontszerű hibákat** szeretnénk megfigyelni és detektálni. Ehhez a korábbiak szerint **legalább 1 px/mm** relatív felbontásra lenne szükségünk, de a stabil és könnyű detekcióhoz ajánlott a **10 px/mm**.

A kamerák képaránya nem pont négyzetes, és tipikus esetben a tárgy nem pontosan tölti ki a látómezőt. A gyakorlatban úgy kell számolni, hogy a rövidebbik oldal fedjen le **120 cm-t**, ami azt jelenti, hogy egy tipikus **4:3 képarányú kamerával**:

- **1600×1200 px-el** és **160×120 cm** leképezett területtel érhetjük el a minimum követelményt (**min. 1 px/mm**).
- Az ideális **10 px/mm**-hez pedig **16000×12000 px** felbontású kamerára lenne szükség.

A **1600×1200 px** egy **2 MP-es** felbontású kamerát jelent, amelyből bőséges a kínálat, számos változatban elérhető.

A **16000×12000 px** viszont **192 MP-et** jelentene, amelyet csak nagyon speciális kamerarendszerrel lehet elérni. (A Basler termékkínálatában a legnagyobb felbontás **127 MP.**)

### **A képarány jelentősége**

A képarány a kép szélességének és magasságának arányát jelenti, például 4:3, 16:9 vagy 1:1. A képarány meghatározza, hogyan oszlik el a felbontás a kép területén.

### **Példa:**

Vegyünk két kamerát, amelyek látszólag hasonló MP-értékűek, de eltérő képarányúak: **1:1** és **16:9**.

- **1:1 képarány** → 11×11 cm ráhagyással lesz belőle egy jól fedett kép.
- **16:9 képarány** → A rövidebbik oldalba kell beleférnie a 11 cm-nek, így a kép szélén sok felesleges terület marad.

### **Gyakorlatban a lépések:**

1. Meghatározzuk a tárgy méretét.
2. Kiválasztjuk a szükséges relatív felbontást.
3. Kiszámoljuk, milyen nagyságrendű kamera szükséges.
4. A megfelelő kamera kiválasztása után jön a távolság és a szükséges optika meghatározása.

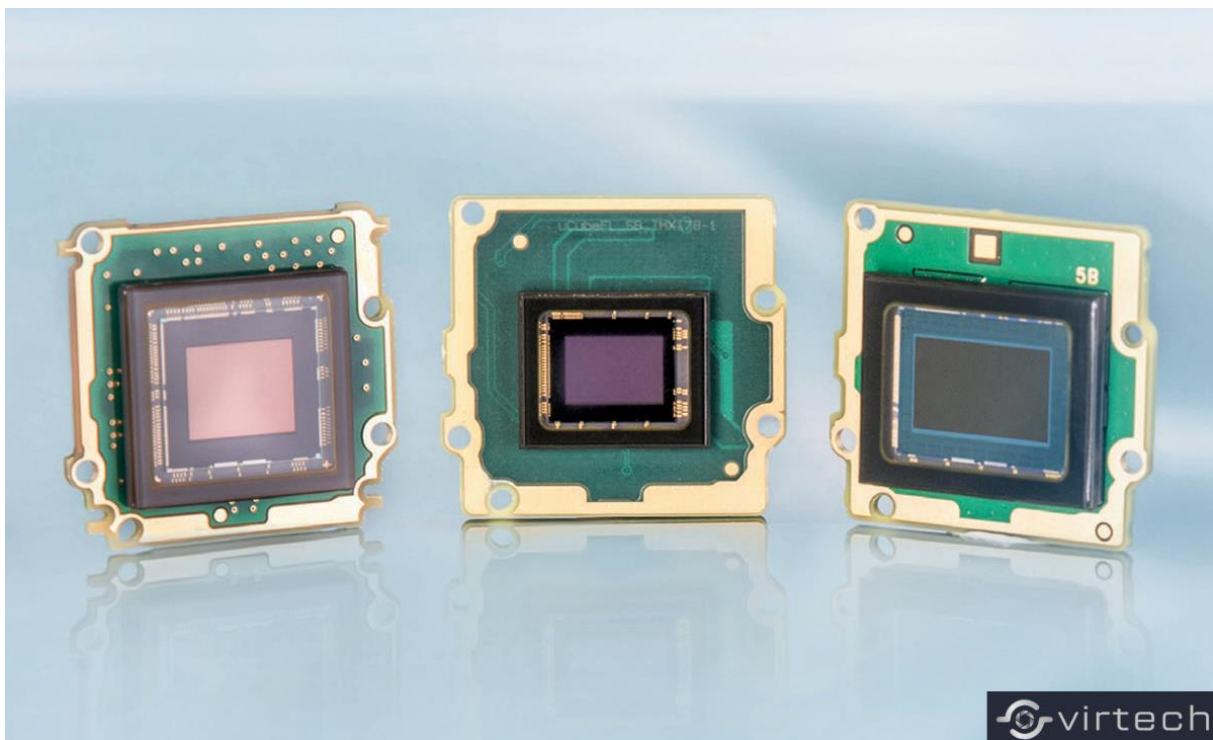
## Global Shutter, Rolling Shutter – Két expozíciós módszer működése és jellemzői

A megfelelő komponensek kiválasztása az ipari machine vision alkalmazásokhoz néhány alapvető döntéssel kezdődik. Elsősorban a kamera, annak interfésze és szenzortechnológiája kell, hogy megfeleljen a teljes machine vision és képfeldolgozó rendszer követelményeinek. A szenzor kiválasztásakor nemcsak a szükséges felbontás számít, hanem az is, hogy milyen shutter technikát alkalmaz.

Ez a dokumentum bemutatja a Global Shutter és Rolling Shutter működési elveit, és elemzi, hogy mely ipari képfeldolgozási feladatokhoz melyik expozíciós módszer a legalkalmasabb.

A CCD és CMOS szenzortechnológiák eltérnek egymástól felépítésükben, valamint abban, hogy miként gyűjtik, készítik elő és dolgozzák fel az információt. Ez közvetlenül hatással van olyan paraméterekre, mint a képminőség és a sebesség.

A shutter technológia egy kapcsolódó, de önálló tulajdonság, amely azt határozza meg, hogy a szenzor hogyan rögzíti a képadatokat, vagyis hogyan alakítja át az egyes pixelek által érzékelt fotonokat elektromos jelekké.



2. ábra A Rolling Shutter és Global Shutter szenzorok összehasonlítása

## 1. A shutter alapfogalmai

A hagyományos filmes fényképezőgépekben a shutter védi a filmet a fénytől, és csak a fényképezés pillanatában nyílik ki. A beállított zársebesség határozza meg, hogy mennyi ideig marad nyitva, biztosítva ezzel az optimális fényexpozíciót. Ha az expozíciós idő túl rövid, a kép alulexponált lesz; ha túl hosszú, a kép túlexponálódik.



3. ábra Túlexponált és alulexponált kép

A filmeket mára szinte teljesen felváltották a szenzorok, de az expozíció alapelvei továbbra is érvényesek. A fotocellák elektronikus úton törlődnek az expozíció kezdetekor, majd az expozíciós idő lejártakor kerülnek kiolvasásra. Egyszerűen megfogalmazva, minden egyes kép vízszintes sorokból épül fel, amelyek viszont egyedi pixelekből állnak. A pixelméret és a sorok száma a szenzor felbontásától függ.

Az expozíció két alapvető módszerrel történhet: **Global Shutter** vagy **Rolling Shutter**.

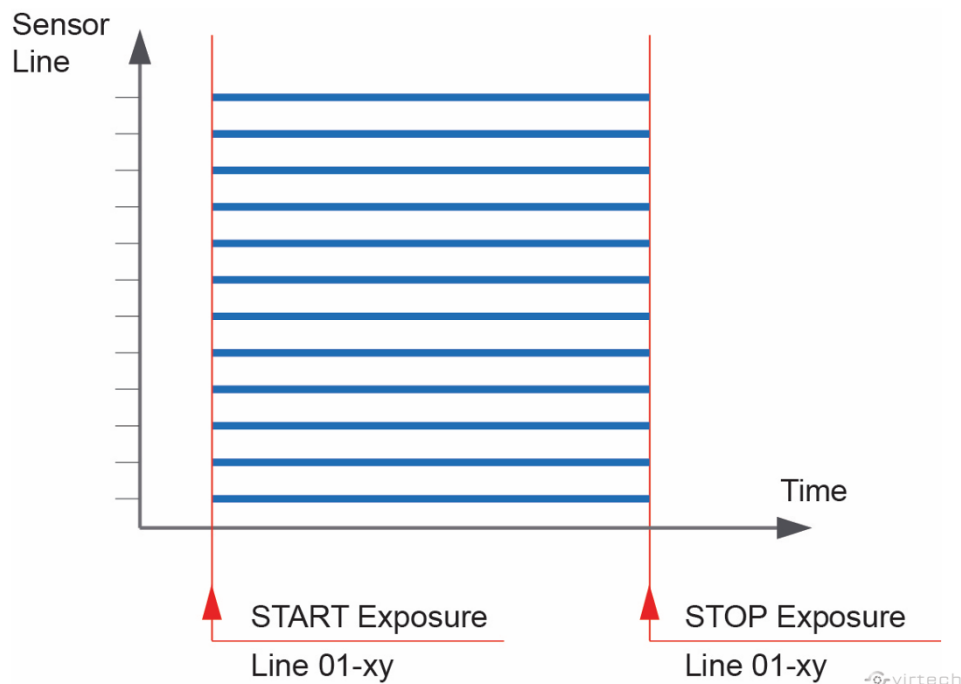
## 2. Expozíció Global Shutterrel

A Global Shutter ugyanazon az elven működik, mint a filmes fényképezőgépek klasszikus zárszerkezete. A shutter kinyílik, a fény egyszerre éri a teljes szenzorfelületet, majd bezáródik. A „Global” kifejezés itt arra utal, hogy a teljes képterület egyidejűleg kerül rögzítésre.

Attól függően, hogy milyen gyorsan készíti a kamera a felvételeket, egy mozgó tárgy így gyors egymásutánban kerül megvilágításra. Néhány évvel ezelőtt ez a shutter típus kizárólag a

CCD szenzortechnológiára volt jellemző, és különösen azokhoz az alkalmazásokhoz volt alkalmas, ahol a kamerának gyorsan mozgó tárgyakat kell rögzítenie, vagy maga a kamera mozog nagy sebességgel.

Mára a modern CMOS szenzorok, például a Sony Pregius sorozata vagy az ON Semiconductor PYTHON szériája is elérhető Global Shutterrel, így kiváló alternatívát kínálnak a régebbi CCD rendszerek kiváltására.



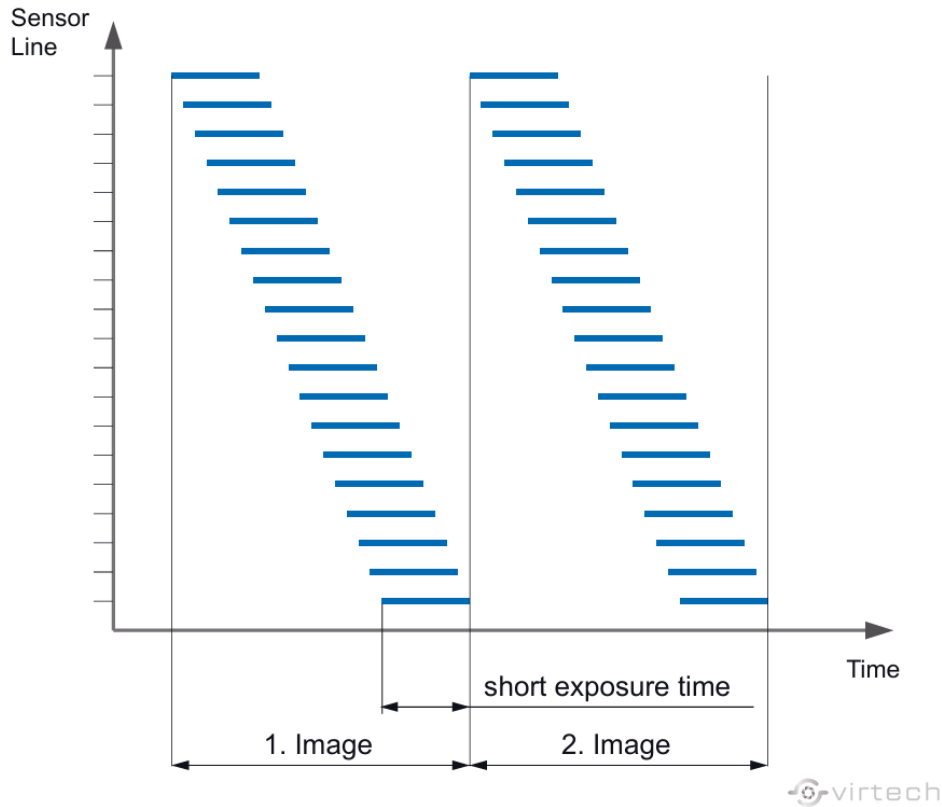
### 3. Expozíció Rolling Shutterrel

A Rolling Shutter elsősorban a CMOS szenzortechnológiában használt expozíciós módszer. A Global Shutterrel ellentétben itt nincs egyidejű expozíció, hanem egy sorozatos expozíciós

*4. ábra Global Shutter módban az expozíciós idő minden pixel esetében egyszerre kezdődik és ér véget*

folyamat zajlik. Amikor a kamera expozíciót indít, a sorok egymás után, vonalanként kerülnek megvilágításra. Ez bizonyos esetekben átfedéseket eredményezhet.

Amikor az első kép utolsó sora teljesen exponálódott, az új kép rögzítése az első sorral ismét elkezdődik. A Rolling Shutter módszer előnye, hogy pixelenként csak két tranzisztorra van szükség az elektronok továbbításához, ami kevesebb hőtermelést és alacsonyabb háttérzajt eredményez. Ezzel szemben a Global Shutter 4–5 tranzisztort használ, ami több háttérzajt és hőtermelést okoz. Viszont mozgó tárgyak esetén a Rolling Shutter gyakran olyan torzításokat hoz létre, amelyek egyes alkalmazásoknál meghaladhatják a megengedett mértéket.



5. ábra A Rolling Shutter esetében az expozíciós idő nem egyszerre kezdődik és ér véget minden pixelnél, hanem soronként egymás után. A grafika szemlélteti az egyes sorok eltolással történő expozícióját a képen

A szenzor egyes sorainak kiolvasási ideje kulcsfontosságú szempont. A modern CMOS szenzorok, például a Sony STARVIS sorozata, alacsonyabb késleltetési értéket érnek el, mint a régebbi Rolling Shutter szenzorok, így csökkentve a Rolling Shutter hatását.

	MT9J (older sensor by ON Semiconduc- tor)	IMX226 (newer sensor from the STARVIS line by Sony)
Resolution	14 MP	12 MP
Lines	3288	3036
Readout time	~ 31 $\mu$ s	~ 10 $\mu$ s
Maximum delay 1st - last line	~ 100 ms	~ 30 ms

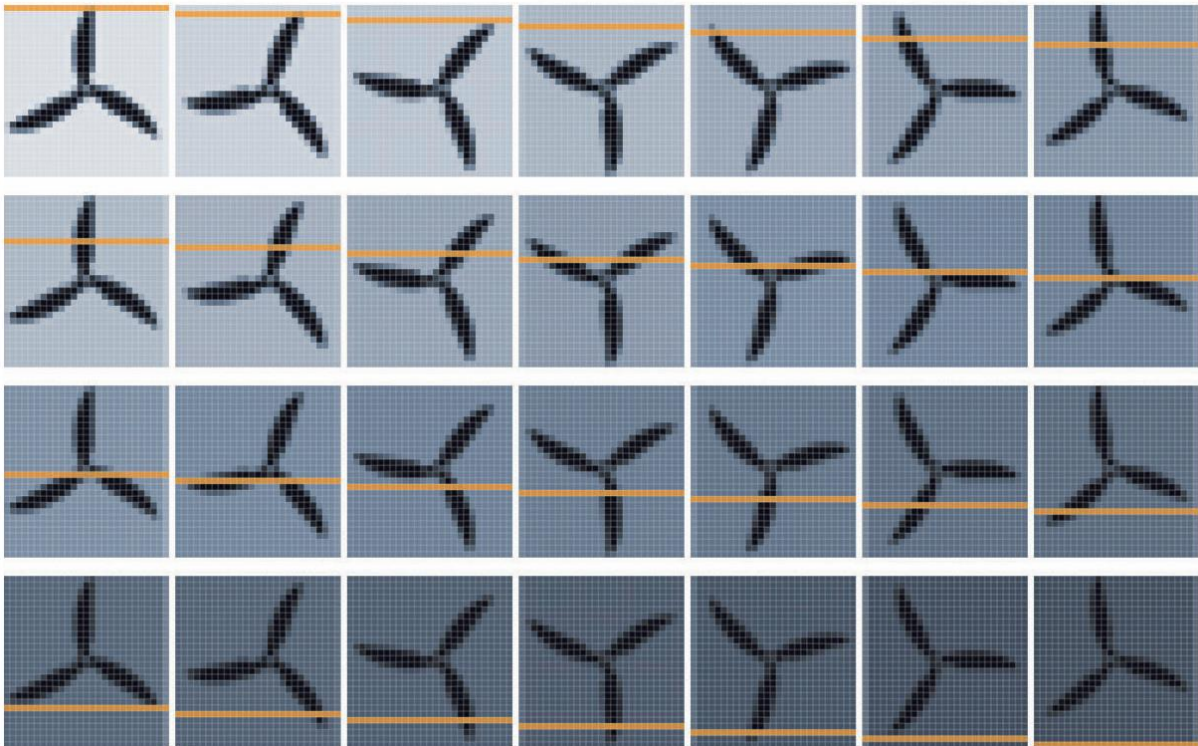
1. táblázat Két Rolling Shutter szenzor összehasonlítása

Ezzel a nagyjából háromszoros csökkenéssel néhány olyan alkalmazás, amelyek korábban kizárólag global shutter szenzorokkal voltak megvalósíthatók, most már rolling shutter szenzorokkal is lehetségessé válnak. Itt fontos ellenőrizni, hogy a képen megjelenő mozgás – legyen az a kamera vagy az objektum mozgása – milyen mértékben okoz torzulást a szenzoron.

#### 4. A Rolling Shutter effektus és annak hatása

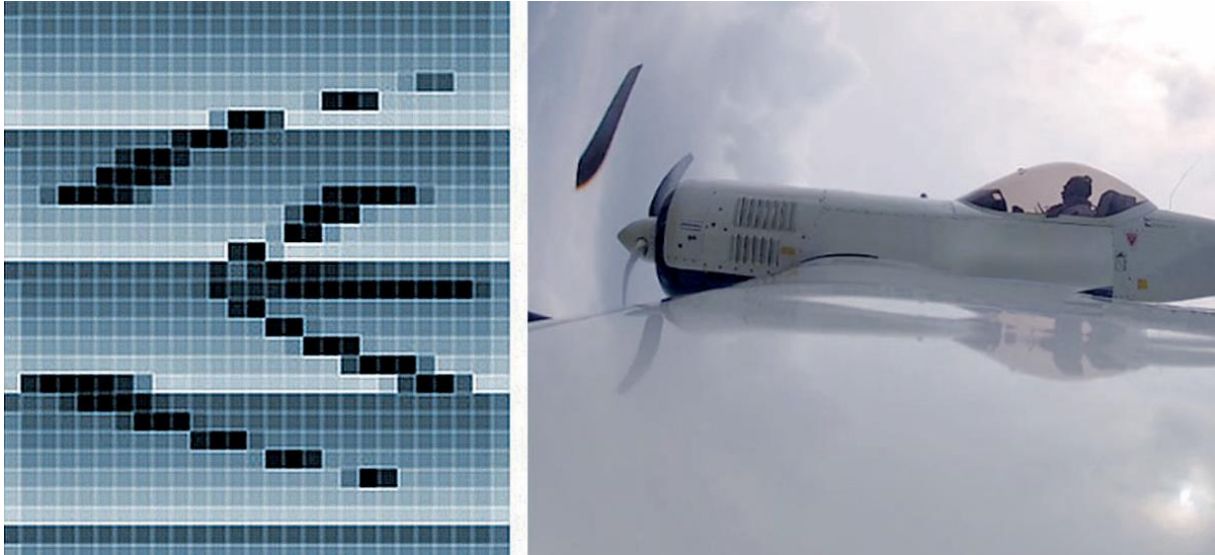
A torzítások akkor jelentkeznek, ha a kamera vagy a tárgy az expozíció során tovább mozog. Mivel a képadatok soronként kerülnek rögzítésre, a képsorok összeállításakor a torzítások is megjelennek a végleges képen. Ezt nevezzük **Rolling Shutter effektusnak**.

Az expozíciós időn túl a szenzor sebessége is meghatározó tényező. Egy gyors, 60 képkocka/másodperces szenzornál a hatás kisebb, mint egy lassú, például 15 képkocka/másodperces szenzornál.



6. ábra A sárga vonal mutatja az expozíció menetét az első képsortól az utolsóig. Az expozíció alatt a propeller összesen négyszer fordul meg

Azonban a frame rate és a torzítás között nem vonható le közvetlen következtetés. A döntő tényező valójában az egyes sorok kiolvasási sebessége, mivel ez határozza meg a sorok közötti késleltetést.



7. ábra Amikor az exponált sorokból összeáll a teljes kép, a propeller folyamatos mozgása miatt kialakuló torzítás érzékelhető, mivel a felvétel soronként történik

A fogyasztói piacon az ilyen jellegű torzítás gyakran meglepetést vagy akár szórakozást kelt, de az ipari machine vision vagy IP-alapú megfigyelőrendszerek esetében komoly problémát jelenthet. Egyes monitoring alkalmazások esetén előfordulhat, hogy az elkészült képek túlságosan torzok ahhoz, hogy megbízható bizonyítékként szolgáljanak.

A megfigyelőkamerák a modern élet szerves részét képezik: bankokban, középületekben, rendezvényeken, kaszinókban, forgalomfigyelő rendszerekben – mindenhol, ahol nagyobb tömeg fordul meg, egyre növekvő igény mutatkozik a hatékony biztonsági megoldások iránt. Az emberek és a járművek eltérő sebességgel mozognak; minél lassabban haladnak, annál kisebb a rolling shutter hatás valószínűsége és mértéke. A kiolvasási sebesség és az expozíciós idő kölcsönhatása határozza meg, hogy mi tekinthető „elég lassúnak”, illetve mi az, ami már túl gyors ahhoz, hogy torzításmentesen rögzíthető legyen.

Például a kaszinókban működő megfigyelőrendszerek magas frame rate-et és rövid expozíciós időt használnak a képsorok rögzítésére. Ez lehetővé teszi a véletlenszerű mintavételezést csalás észlelésére.



8. ábra A rolling shutter effektus példái

A helyzet még összetettebb a forgalomfigyelés esetében. A kamera elhelyezkedése az objektumhoz képest, valamint a választott frame rate és expozíciós idő egyaránt befolyásolja, hogy a rolling shutter effektust milyen mértékben lehet elfogadható szintre csökkenteni. Ha például egy nagyon rövid expozíciós időt választunk (például 1/2000 másodpercet), az nagyobb torzítást eredményezhet a képen, mint egy hosszabb expozíciós idő, amely a mozgás nagyobb szakaszát öleli fel. Az érzékelő és a kamera által soronként rögzített kép elkészítéséhez szükséges idő adott esetben nem elegendő ahhoz, hogy lépést tartson a jármű mozgásával. Ilyen esetekben torzítások jelennek meg a képen, amelyeket figyelembe kell venni az értékelés során.



9. ábra Global Shutter standard felbontáson



10. ábra Rolling Shutter standard felbontáson

## 5. Motion Blur

A Rolling Shutter effektust nem szabad összekeverni a motion blur jelenséggel. A motion blur akkor keletkezik, ha a mozgó objektumok expozíciós ideje túl hosszú. Ha például egy jelenet expozíciós ideje 500 ms, akkor azok a tárgyak, amelyek ez idő alatt egy pixelnyi távolságnál többet mozdulnak el, elmosódottá válnak.

Egy elméleti példával élve: ha egy szenzor 1000 sorból áll, az olvasási ideje 50  $\mu$ s, és az expozíciós idő 1000  $\mu$ s, akkor 50 950  $\mu$ s telik el, mire az utolsó sor teljesen exponálódik. Ez azt jelenti, hogy a Rolling Shutter effektus mellett jelentős motion blur is megjelenik a képen, méghozzá átlós irányban, függetlenül attól, hogy az egyes sorok külön-külön hogyan viselkednek.

Ez a jelenség azonban Global Shutter szenzoroknál is előfordulhat, tehát nem szabad kizárólag emiatt dönteni az egyik vagy a másik technológia mellett. Kizárólag a minimális expozíciós idő lehet lényeges tényező nagy sebességű alkalmazások esetén. Ugyanakkor Rolling Shutter és Global Shutter szenzorok között is találunk olyanokat, amelyek extrém rövid expozíciós idővel is működnek, akár néhány mikromásodpercig is.

## **6. Jelent-e a nagyobb felbontás automatikusan jobb képminőséget?**

Egyáltalán nem. A közhiedelemmel ellentétben a nagyobb felbontás nem feltétlenül eredményez jobb képet. Az ipari machine vision területén például ez csak részben igaz, hiszen minden egyes adatot külön kell feldolgozni és megjeleníteni. A nagyobb felbontás sok esetben kisebb pixelmérettel jár együtt. A kisebb pixelek alacsonyabb telítési kapacitással rendelkeznek, ami rosszabb jel/zaj arányt és kisebb dinamikatarományt eredményezhet.

Az ipari képfeldolgozásban is megfigyelhető a nagyobb felbontás iránti igény: ma már a 2–5 MP felbontás az ipari standard, de egyre gyakoribbak az 5 MP feletti szenzorok is. A szenzorgyártók felismerték ezt a piaci igényt, és ennek megfelelően fejlesztettek ki kiváló képminőségű CMOS szenzorokat, amelyek Rolling Shutter (hátsó megvilágítású) és Global Shutter technológiával egyaránt elérhetők.

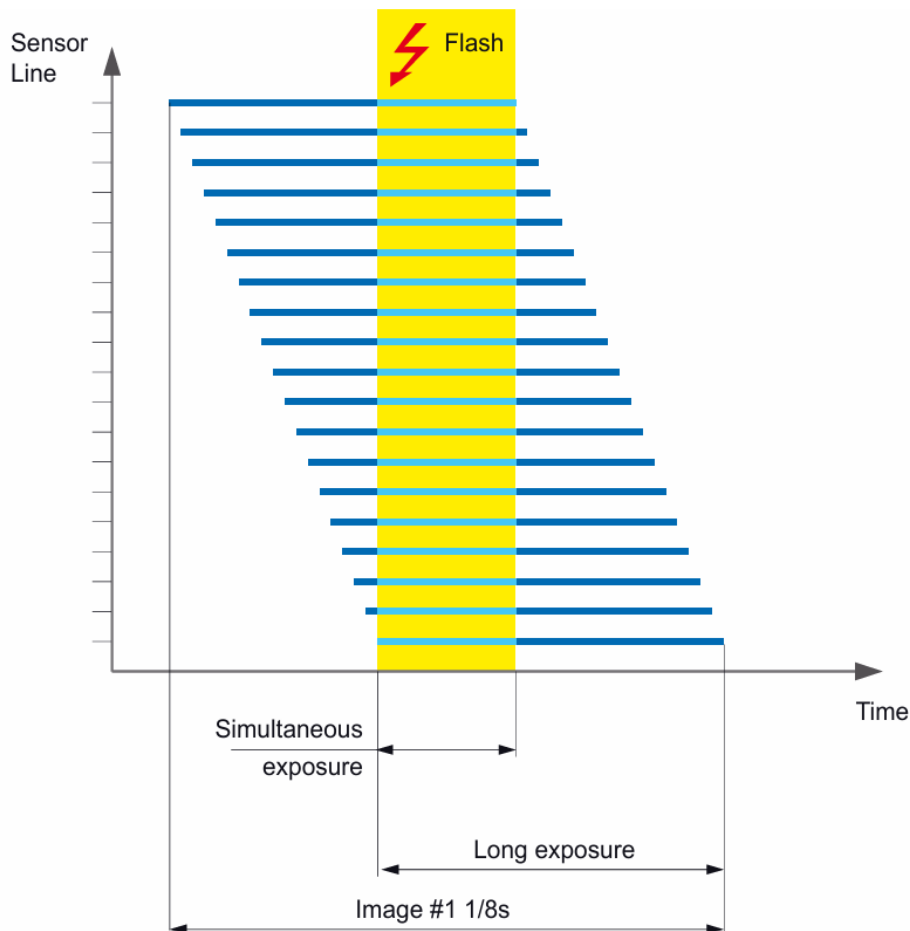
## **7. A Rolling Shutter effektus kiküszöbölése vakuval és megfelelő expozíciós idővel**

Ha egy szenzor kiválasztásánál minden más tényező a Rolling Shutter technológia mellett szól, kivéve az esetleges torzításokat, akkor ezek megfelelő körülmények között kiküszöbölhetők.

Ahogy az ipari machine vision és a kamerás megfigyelés minden területén, a világítás itt is kulcsfontosságú szerepet játszik. Ez különösen igaz kültéri és gyengén megvilágított beltéri környezetekben. Erős nappali fényben a kamera mindig rövidebb expozíciós idővel tud dolgozni, mint szürkületben vagy sötétben.

Az ipari machine vision rendszerek ebből a szempontból előnyben vannak, hiszen ha a környezeti fény nem elegendő, vakuval kombinálhatók. A vaku használata azonban bizonyos korlátokba ütközik: kültéren csak korlátozottan alkalmazható, és jellemzően csak sötét vagy alacsony fényviszonyokkal rendelkező beltéri környezetben éri meg használni.

A vaku nem működik ott, ahol külső fényforrások, például természetes napfény is jelen van. Éjszakai alkalmazásokban azonban az infravörös fény (IR light) és az IR pass szűrők hasznos eszközök lehetnek a problémák kiküszöbölésére.



11. ábra A Rolling Shutter effektus kompenzálása a vaku időben történő használatával. A vakunak pontosan akkor kell elindulnia, amikor az utolsó sor expozíciója elkezdődik, és le kell állnia, amikor az első sor expozíciója befejeződik

Egy másik módszer az expozíciós idő növelése. Ezzel a szenzornak több ideje marad az egyes sorok exponálására, ami csökkenti a torzítást. Minél nagyobb a frame rate, annál gyorsabban kerülnek kiolvasásra a sorok, és így annál kevésbé lesz észlelhető a torzulás.

Lehetséges a vaku és a hosszabb expozíciós idő kombinációja is. Ebben az esetben az expozíciós időt úgy kell megválasztani, hogy az egyes sorok expozíciója egybeessen a vaku villanásának időtartamával. Egyes kamerák digitális kimenettel is rendelkeznek, amely jelet küldhet egy külső vaku vezérlésére.

Fontos azonban megjegyezni, hogy ezek a megoldások nem minden esetben kivitelezhetők. Ha például túl hosszú expozíciós időt alkalmazunk, a Rolling Shutter effektus csökken, de ezzel párhuzamosan nő a motion blur. Ezért az elérhető javítási lehetőségek korlátai viszonylag szűkösek, és nem minden esetben alkalmazhatók.

Bizonyos helyzetekben szoftveres megoldások is rendelkezésre állnak a Rolling Shutter torzítások korrigálására. Speciális algoritmusok képesek utólag javítani a képen megjelenő torzításokat, így ezek is hasznos kiegészítést jelenthetnek a megfelelő kamera és világítás kiválasztása mellett.

## 8. Összegzés

Az ipari képfeldolgozás piaca egyre érdekesebbé válik a szenzorgyártók számára. Az elmúlt években a CMOS technológia óriási fejlődésen ment keresztül, és fokozatosan átvette a CCD szenzorok helyét azok hagyományosan erős területein, például a képminőségben.

A CMOS szenzorok korábbi problémái – például a korlátozott hosszú expozíciós idő, a rövid termékélettartam és a Global Shutter hiánya – mára teljesen megszűntek, így szinte minden alkalmazásban ez a technológia vált a preferált választássá.

A tömeggyártás, különösen a high-end fogyasztói piac számára, szintén jelentős innovációt hajt végre. A Rolling Shutter szenzorok okostelefonokban való elterjedése folyamatos fejlesztésekhez vezetett, például a képminőség javítása és az olvasási sebesség növelése terén. Mivel ez csökkenti a Rolling Shutter effektust, a CMOS szenzorok egyre inkább versenyképesek azon alkalmazásokban is, amelyek korábban kizárólag Global Shutter CCD kamerákat igényeltek.

A technológiai fejlődés azonban még messze nem ért véget.

# Fényérzékenység

A fényérzékenység kiemelkedő szerepet játszik a gépi látás különböző alkalmazásaiban, beleértve az ipari minőségellenőrzést, a robotikát, az orvosi képalkotást és a biztonsági rendszereket. Különösen fontos, hogy alacsony fényviszonyok között is megbízhatóan működjének a rendszerek. Azonban nemcsak a gyenge fény jelent kihívást, hanem a túlzott fényintenzitás is problémákat okozhat, például a képek túlexponálódása vagy a részletek elvesztése formájában.

Az ilyen problémák kezelésére sok gépi látás rendszer alkalmaz IR (infravörös) fényforrást, amelyek lehetővé teszik a képalkotást alacsony fényviszonyok között, vagy akár teljes sötétségben is. Az IR LED-ek és lézeres megvilágítók különösen hasznosak a gépi látás alkalmazásaiban, ahol a hagyományos fényforrások nem elegendők.

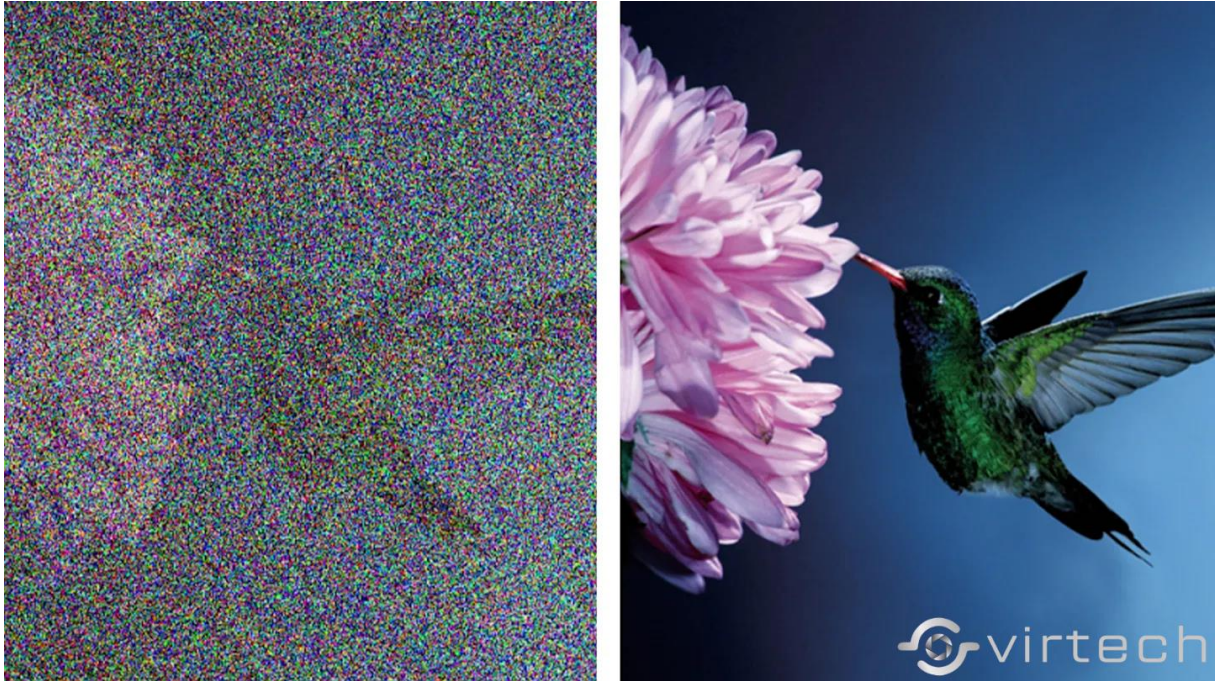
## Nagy érzékenységű képalkotó kamerák

A nagy érzékenységű képalkotó kamerák kulcsfontosságúak a jó minőségű videókép eléréséhez, még gyenge fényviszonyok között is, minimális képzaj mellett. Az ilyen típusú machine vision kamerák számos területen alkalmazhatók, például nagy sebességű rendszerekben vagy éjszakai biztonsági megfigyelések során, ahol a megvilágítás nem megfelelő. Ezeket a kamerákat CCD vagy CMOS szenzorokkal szerelik fel.

## Mit jelent pontosan a nagy érzékenységű kamera?

Minél erősebb a képzaj, annál nehezebb azonosítani a vizsgálni kívánt tárgyat. Ha a zaj alacsony, akkor az objektum könnyen észlelhető. Ha viszont a kamera "zajosabb" képet készít, az objektum szinte eltűnik a háttérben.

A "detektálási küszöb" azt a pontot jelöli, ahol a tárgy már nem különíthető el a háttértől. Ugyanez érvényes a képi adatokban lévő objektumokra is: ha a zaj nagysága eléri a jel erősségét, akkor az objektum már csak alig különböztethető meg. A jel és a zaj arányát a **Signal-to-Noise Ratio (SNR)** fejezi ki. A fenti példában ez az érték 1, ami azt jelenti, hogy a jel és a zaj egyenlő mértékű. Minél magasabb az SNR, annál jobban felismerhető az objektum.



12. ábra Ha a zaj nagysága eléri a jel erősségét, akkor az objektum már csak alig különböztethető meg

### Hogyan érhető el magas jel-zaj arány?

A kamera szenzorán keletkező jel erőssége attól függ, hogy mennyi fény éri a szenzor pixeleit. Gyenge megvilágítás esetén ez a jel nagyon gyenge. A kamera elektronikája úgy van kialakítva, hogy még az apró jeleket is felerősítse, lehetővé téve azok hatékony digitalizálását és továbbítását. Azonban ennek van egy hátránya: a hasznos jel mellett a kamera által generált zaj is felerősödik. A **Signal-to-Noise Ratio (SNR)** önmagában nem változik az erősítés hatására.

Ez különösen fontos a nagy érzékenységű machine vision kamerák esetében, mivel ezek erős jelerősítéssel dolgoznak. Annak érdekében, hogy az erősen felerősített kép is megfelelő felbontású maradjon, a kamera tervezésénél az SNR értékét a lehető legmagasabbra kell optimalizálni. Ezért a jó minőségű kamerák esetében alapvető cél, hogy a zajszint a lehető legalacsonyabb maradjon. Egy olyan kamera, amely már alaptól alacsony zajszinttel rendelkezik, jobb **Signal-to-Noise Ratio**-t biztosít, így az objektumok könnyebben felismerhetők.

### A Quantum Efficiency (QE) szerepe

A magas jel-zaj arány elérésében kulcsszerepet játszik, hogy a szenzor milyen hatékonyan alakítja át a fényt elektromos jelekké. A **Quantum Efficiency (QE)** azt mutatja meg, hogy hány elektron keletkezik adott számú foton hatására. Például egy modern szenzor 100 fotonból 60 elektront képes létrehozni, ami **60%-os QE** értéknek felel meg. A szenzortechnológia folyamatos fejlődésével ez az érték tovább javulhat, és akár **70%-os QE** is elérhetővé válhat.

## Monokróm vagy színes kamera? Melyiket válasszuk a gépi látás alkalmazásokhoz?

A gépi látás területén az egyik legfontosabb döntés, hogy monokróm vagy színes kamerát válasszunk-e egy adott feladatra. Mindkét típusnak megvannak az előnyei és hátrányai, és az optimális választás a konkrét alkalmazástól függ. Ebben a cikkben bemutatjuk a két technológia közötti különbségeket, valamint azt, hogy mikor érdemes melyiket használni.

### A szín szerepe a képfeldolgozásban

A szín fontos információhordozó a képfeldolgozásban, hiszen az emberi szem több millió árnyalatot képes megkülönböztetni. Ez az evolúció során számos előnyt jelentett, például az élelmiszerek megkülönböztetésében vagy a környezeti elemek felismerésében. Emiatt számos képfeldolgozó alkalmazás optimalizálja a színvisszaadást az emberi szem számára.

A 380 nm és 780 nm közötti hullámhosszú elektromágneses hullámok felelősek az emberi színérzékelésért. Az ezen tartományon kívüli hullámok, például az infravörös vagy az ultraibolya fény az emberi szem számára láthatatlanok, de speciális technikai eszközökkel érzékelhetők. A szemünk három különböző színérzékenyséű receptorral dolgozza fel a fényt, amelyet az agyunk egyetlen képpé alakít. Azonban nem minden alkalmazás igényel színinformációt – sok esetben a monokróm kamerák által biztosított kontrasztos kép elegendő lehet.



13. ábra Monokróm vagy színes kamera

## Hogyan működnek a monokróm és színes kamerák?

**Színes kamerák működése** A színes kamerák egy speciális színszűrő mátrixot (Color Filter Array – CFA) alkalmaznak, amely a fényt vörös, zöld és kék komponensekre bontja. A leggyakrabban használt színszűrő elrendezés a Bayer-mátrix, amelyben a pixelek eloszlása úgy van kialakítva, hogy a zöld szűrők száma kétszerese a vörös és kék szűrőknek. Az így kapott nyers kép egy mozaikszerű struktúra, amelyet egy algoritmus (demosaicing) segítségével állítanak össze teljes színű képpé.

**Monokróm kamerák működése** Ezzel szemben a monokróm kamerák nem használnak színszűrőket, így minden egyes pixel a teljes látható fénytartományt érzékeli. Ezáltal ezek a kamerák nagyobb érzékenységgel és részletgazdagsággal rendelkeznek, mivel nincs fényvesztés a szűrők miatt, és a kép nem igényel további interpolációt vagy feldolgozást.

### Monokróm kamerák előnyei és hátrányai

- **Nagyobb fényérzékenység** – Mivel a monokróm kamerák nem osztják fel a fényt színszűrőkön keresztül, minden beérkező fényt kihasználják, így jobban működnek gyenge megvilágítás esetén.
- **Élesebb képek** – A demosaicing algoritmus hiánya miatt a monokróm kamerák által készített képek részletesebbek és élesebbek lehetnek.
- **Jobb teljesítmény NIR tartományban** – Az infravörös tartományban végzett gépi látás alkalmazásoknál a monokróm kamerák előnyt élveznek, mert az infravörös fény nem torzul a színszűrők miatt.
- **Pontosan lineáris érzékelés** – A monokróm kamerák az egyes pixelekre vonatkozó információkat közvetlenül érzékelik interpoláció nélkül, így nagyobb pontosságot biztosítanak.
- **Színinformáció hiánya** – A legnagyobb hátrányuk, hogy nem képesek megkülönböztetni a különböző színeket, ami egyes alkalmazásokban hátrány lehet.

### Színes kamerák előnyei és hátrányai

- **Színinformáció biztosítása** – A színes kamerák lehetővé teszik a tárgyak pontosabb azonosítását és osztályozását szín alapján, ami számos ipari és kereskedelmi alkalmazásnál elengedhetetlen.
- **Természetesebb megjelenítés** – A színes képek könnyebben értelmezhetők emberi szemmel, így azok az alkalmazások, ahol vizuális ellenőrzés történik, előnyben részesítik a színes kamerákat.
- **Növekvő igény** – Az új képfeldolgozási alkalmazásokban egyre nagyobb szerepet kap a színes információ, különösen olyan területeken, ahol az emberi szem is értékeli a képet.
- **Alacsonyabb érzékenység** – A színszűrők miatt a szenzorok kevesebb fényt érzékelnek, ami csökkentheti a képminőséget gyenge megvilágítás mellett.
- **Nagyobb adatfeldolgozási igény** – A színeképfeldolgozás összetettebb, és több számítási kapacitást igényel, ami lassabb képfeldolgozáshoz vezethet.

### Színes kamerák alkalmazási területei

Egyes ipari alkalmazásokban a színek pontos megjelenítése kulcsfontosságú, például a nyomtatásellenőrzés során. Az automatizált rendszerek címkéket és csomagolásokat vizsgálnak, ahol a színek pontossága befolyásolja a termékek vizuális megjelenését és vonzerejét a vásárlók számára. A színoptimalizált rendszerek biztosítják, hogy azonos színadatok bemutatásakor egységes eredmények szülessenek, így például az élelmiszer-csomagolások mindig friss és étvágygerjesztő látványt nyújtsanak.

### **Melyik kamerát válasszuk?**

A döntés attól függ, hogy milyen környezetben és milyen céllal kívánjuk használni a kamerát.

- Ha **csak a kontraszt és az alakok felismerése a cél**, például nyomtatott áramkörtáblák ellenőrzésénél vagy vonalkódok olvasásánál, akkor a monokróm kamera jobb választás.
- Ha **a színinformáció elengedhetetlen**, például minőségellenőrzésnél vagy élelmiszeripari osztályozásnál, akkor a színes kamera a megfelelő megoldás.
- Ha **gyenge fényviszonyok között kell dolgozni**, vagy **közeli infravörös tartományt használunk**, akkor a monokróm kamerák jelentik a jobb opciót.

# Az FPS szerepe a gépi látásban

A képkocka per másodperc (FPS - Frames Per Second) kulcsfontosságú tényező a gépi látásban, mivel meghatározza, hogy egy kamera vagy szenzor milyen gyakran készít képet vagy adatmintát egy adott időtartam alatt. Minél magasabb az FPS, annál több képkockát rögzít a rendszer másodpercenként, ami jelentős hatással van a rendszer teljesítményére és alkalmazhatóságára. Az FPS különösen fontos olyan alkalmazásokban, ahol a mozgás pontos követése, a valós idejű reagálás vagy a részletes adatgyűjtés elengedhetetlen.

## Az FPS hatása a gépi látásra

### 1. Mozgó objektumok pontos követése:

Magas FPS esetén a gyorsan mozgó objektumokat részletesebben és pontosabban lehet követni. Alacsony FPS-nél az objektumok mozgása szaggatottabb lesz, ami pontatlan követést és elemzést eredményezhet. Egy nagyobb FPS-sel rendelkező kamera lehetővé teszi az események precízebb rögzítését, minimalizálva a mozgás elmosódását.

### 2. Valós idejű feldolgozás:

Az olyan alkalmazásoknál, ahol gyors reakcióra van szükség – például önvezető autók, valós idejű biztonsági rendszerek vagy automatizált gyártósorok –, elengedhetetlen, hogy a rendszer gyorsan és folyamatosan frissítse a képeket. A magas FPS lehetővé teszi a gyors döntéshozatalt és a pontosabb környezetérzékelést. A valós idejű feldolgozásnál az alacsony késleltetés szintén kulcsfontosságú tényező, amit a magas FPS támogat.

### 3. Pontos adatgyűjtés és elemzés:

A nagyobb FPS több részletet rögzít, amely hasznos lehet a finom mozdulatok vagy részletes mintázatok elemzésénél, például orvosi vizsgálatok, sportelemzések vagy minőség-ellenőrzési alkalmazások során. Gyors mozgások elemzésekor – például sportolók mozdulatainak elemzésekor vagy ipari gyártósorokon végzett minőségellenőrzéskor – a magas FPS lehetővé teszi az apró eltérések észlelését.

### 4. Időbeli felbontás javítása:

A magasabb FPS jobb időbeli felbontást eredményez, vagyis pontosabb információt ad arról, hogy mi történik két képkocka között. Ez kiemelten fontos gyors változások megfigyelésénél, például dinamikus ipari folyamatok ellenőrzésénél. Az időbeli felbontás jelentősége különösen érzékelhető a tudományos kutatásokban és a nagy sebességű ipari alkalmazásokban, ahol kritikus az egyes fázisok pontos követése.

## A magas FPS előnyei és hátrányai

Bár a magas FPS számos előnnyel jár, figyelembe kell venni a következő tényezőket is:

- **Nagyobb sávszélesség- és tárhelyigény:** A több képkocka nagyobb adatmennyiséget jelent, ami növeli a tárolási és feldolgozási követelményeket.
- **Növekvő energiafogyasztás:** A gyorsabb képfeldolgozás nagyobb teljesítményt igényel a kamerától és a képfeldolgozó rendszerektől.
- **Kompatibilitási követelmények:** Nem minden rendszer képes hatékonyan kezelni a nagy FPS-sel rendelkező adatfolyamokat, ezért fontos a megfelelő hardver és szoftver kiválasztása.

### Az optimális FPS kiválasztása

Az FPS értéke nagyban függ a konkrét alkalmazástól:

- **30 FPS vagy alacsonyabb:** Alkalmas statikus vagy lassan mozgó objektumokhoz, például dokumentumszkenneléshez vagy arcfelismeréshez.
- **60 FPS:** Jó egyensúlyt biztosít a képminőség és a feldolgozási teljesítmény között, ideális például közlekedési rendszerekhez vagy ipari automatizáláshoz.
- **120 FPS és magasabb:** Gyors mozgás követésére és precíz elemzésekhez, például robotikában, sporttechnológiában vagy önvezető járművekben. Magas FPS-ű kamerák gyakran alkalmazhatók tudományos kutatásokban is, például ballisztikai elemzésekben vagy biomechanikai vizsgálatok során.

### Következtetés

Az FPS kulcsfontosságú tényező a gépi látás hatékonyságában. A megfelelő FPS kiválasztása biztosítja a pontos mozgáskövetést, a valós idejű reagálást és a részletes adatfeldolgozást. Az alkalmazás jellegétől függően érdemes megvizsgálni, hogy milyen FPS érték nyújtja az optimális teljesítményt és stabilitást. Emellett a megfelelő hardver és szoftver kiválasztása is kritikus tényező a nagy FPS-sel dolgozó rendszerek esetében, mivel ezek meghatározzák az adatok feldolgozásának és tárolásának hatékonyságát.