

FÓKUSZ PÓKUSZ

Legutolsó írásomban egy olyan tervezési módszerrel ismertettem meg az olvasókat, amely a jelfeldolgozás módjától függetlenül lehetőséget ad különböző felismerési kritériumok – személy, rendszám – figyelembevételére a méretezés során. Az elmélet ismertetésekor hallgatólagosan feltételeztük, hogy mind a megvilágítás, mind a lencserendszer egyéb beállításai szolgálatunkba szegődnek, és biztosítják az optimális működéshez szükséges maximális fókuszáltságot a látómező teljes mélységében. A gyakorlatban ez rendszerint másképp alakul, a megvilágítástól, a választott fókusz távolságtól és az autoírisz működésétől függően a látótérnek csak egy kisebb-nagyobb mélységére tudunk éles képet beállítani, míg az előtér, háttér élettelené válik. Ahhoz, hogy a kameraoptika együttes képességei maradéktalanul érvényesülhessenek, nélkülözhetetlen a korrekt fókuszálás és ehhez a „mélységélesség” mibenlétének ismerete.

MÉLYSÉGÉLESSÉG

Gyakorlott telepítők, amatőr és hivatásos fotósok nap mint nap tapasztalhatják, hogy kamerájukat egy adott témára fókuszálva a téma előtérben és háttérben lévő képrészletek kisebb-nagyobb távolságon túl élettelené válnak. A mélységélesség a kreatív fotózásban művészi eszközként használatos a téma kiemelésére a homályba burkolódzó háttér rovására, de a biztonságtechnikában elvárás az egész kép borotvaélessége, mert bármelyik részlet fontos lehet a későbbi elemzés során!

■ Mi ennek a jelenségnek az oka?

A probléma gyökere abban rejlik, hogy

egy valós térbeli objektumról kétdimenziós képet szeretnénk létrehozni az érzékelő szenzor felületén. Az **1. ábrán** jól látható, hogy az optikai lencse a különböző távolságú pontokról érkező fénysugarakat más és más távolságba gyűjti össze, tehát **egy térbeli objektum vetített képe is térbeli lesz**. Ezt a térbeli képet próbáljuk meg felfogni a sík felületű képátalakító lemezünkkel, amelyen csak akkor kapnánk „éles” képet, ha minden képpont a lemezen, a lencsétől azonos távolságban fókuszálódna. Bárhová is állítjuk azonban a képátalakító szenzorunkat, a képpontoknak jelentős hányada a szenzor síkja előtt vagy mögött fog fókuszálódni. A képátalakító

síkján kívül fókuszálódó fénysugarak túlságosan kevéssé helyett különböző átmérőjű foltokat hagynak a CCD felületén.

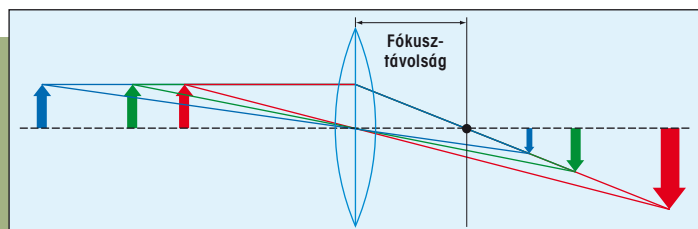
A **2. ábrán** csak a Tárgy2-ről kapunk fókuszált képet a szenzoron, a szenzor előtt fókuszálódó Tárgy1 és a szenzor mögött fókuszálódó Tárgy3 a szenzor síkján csak foltot – élettenségi kört – hoz létre.

■ Hogyan kaphatunk egyáltalán mélységében is éles vagy annak tűnő képet a monitoron?

A korábbiakban említettem, hogy a mátrix szerkezetű félvezetős kamera az egy pixel-nél kisebb képrészlettel nem tud mit kezdeni, a pixel vagy attól kisebb méretű részlet a monitoron ugyanolyan méretű elemi pontnak látszik. A fókuszálatlanságnak a megengedett maximumát nevezik „maximális szóródási kör”-nek. Következésképpen ha a fókuszálatlanság „képfolt” átmérője kisebb egy pixelnél, megjelenítéskor a fókuszálatlanság ellenére is pontszerű képet kapunk. **A látótérnek azt a mélységi tartományát látjuk élesnek a monitoron, amelyből származó képpontok fókuszálatlansága alatta marad a maximális szóródási kör méretének.** Fentiekből kiindulva, a szóródási kör maximumából, az optika jellemzőiből és a tárgy távolságából kiszámítható a mindenkor elrendezés mélységélességi tartományának a kamerához közelebbi és távolabbi határa.

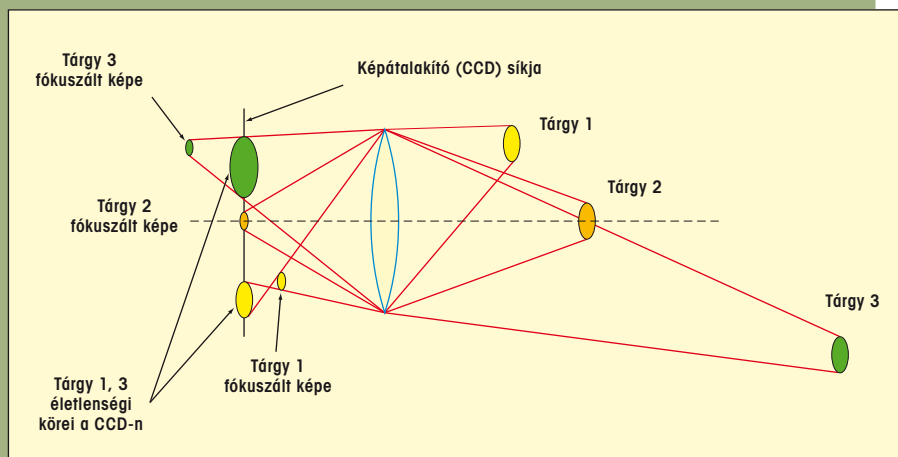
A részletes számításokat mellőzve az alábbi „alapigazságok” szűrhetők le:

- ▶ minél nagyobb a max. szóródási kör átmérője,
- ▶ minél rövidebb a fókusz távolság,



1. ábra

2. ábra



► **minél nagyobb az Fstop érték (szűkebb az írisz),**

annál nagyobb a mélységélesség!

Ezek a logikai összefüggések dolgoznak a háttérben, amikor nappali fényben kíválónan fókuszált autoíriszes kameráink (zárt írisz) az esti félhomályban (nyitott írisz) „kimennek” a fókuszból, ezért kell a fókuszt vagy a legrosszabb megvilágítás mellett, vagy nappali fényben Nd szűrővel beállítani. A másik közismert probléma szűk és hosszú folyosó belátása hosszú gyújtótávolságú lencsével, akárhová fókusználunk is, a folyosó egy része mindenképpen homályos lesz. Ez utóbbi esetben kellő megvilágítás esetén az írisz zárásával kísérletezhetünk, vagy az optikát **hiperfokális távolságra** fókuszálva maximalizálhatjuk a mélységélesség-tartományt.

HIPERFOKÁLIS TÁVOLSÁG

Létezik egy nevezetes távolság, amelynek ismeretével és figyelembevételével tovább javíthatjuk meglévő összeállításunk mélységélességét. Ha a kameraoptika-összeállításunkkal egy végtelen távoli tárgyra fókuszálunk (fókuszgyűrű „FAR” véghelyzete), az észlelt élességi tartomány felénk eső határa a „hiperfokális távolság” (H). Értéke az alábbi összefüggésből számítható:

$$H = \frac{f^2}{F \times e}$$

H = a „hiperfokális távolság” (mm)

f = fókusztávolság (mm)

e = max. szóródási körátmérő (mm)

F = relatív apertúra (pl. 1,2; 2,8; 4 stb.)

Ez a távolság arról nevezetes, hogy ha a beidegződést félretéve a cél helyett ide fókuszálunk, akkor **a mélységélességi tartomány a lehető legnagyobb lesz**, a hiperfokális távolság felétől egészen a végtelenig terjed.

Így pl. ha egy összeállításra H = 4 m, akkor a kamerától egy 4 m-re eső tereptárgyra fókuszálva H/2 = 2 m-től a végtelenig éles képet kapunk. A számításhoz szükséges „e” értéke a szokásos formátumú ipari kamerákhoz a **mellékelt táblázatból** olvasható ki.

Max. szóródási kör „e”
2/3" CCD = 0,01 mm
1/2" CCD = 0,007 mm
1/3" CCD = 0,005 mm
1/4" CCD = 0,0035 mm

A hiperfokális távolság figyelembevételével működnek az ún. free focus fényképezőgépek vagy az ipari kamerák közül a **SANYO-PENTAX PanFocus** sorozatai, **amelyeknél gyakorlatilag minden élesnek látszik a képen.** Valójában csak egy pont – a hiperfokális – éles, a többi „csak” a mélységélességi tartományba esik.

Nyilvánvaló, hogy minél kisebb a hiperfokális távolság, annál közelebből indulhat a mélységélesség. A hiperfokális távolság pedig a fókusztávolság négyzetével csökken, ezért a rövid gyújtótávolságú optikák esetében nagy, a hosszú gyújtótávolságú optikák esetében sokszor csak 1-2 cm a mélységélesség.

Utóbbi esetben H többszöröse lehet a céltávolságnak, így a hiperfokális távolságra fókuszálva a cél kívül esik a mélységélességi tartományon. Ekkor válhat szükségesé a tartomány alsó-felső határértékeinek meghatározása, számítással, táblázattal, online „DOF” kalkulátorral.

A mélységélesség alsó „t_a” és felső határát „t_f” a „H” hiperfokális távolságból és a fókuszált cél távolságából „t” számíthatjuk az alábbi összefüggésekből:

$$t_a = \frac{H \times t}{H + t} \quad t_f = \frac{H \times t}{H - t}$$

H = a „hiperfokális távolság” (m)

t = a fókuszált cél távolsága (m)

t_a = a mélységélesség alsó határa (m)

t_f = a mélységélesség felső határa (m)

A számítgatásokat elkerülendő online használható „DOF” kalkulátort, illetve táblázatokat találunk a <http://www.dofmaster.com/dof.html> webcímen, innen származik a **lenti tábla.**

A tábla egy 4 mm optikával felszerelt, 1/3" méretű kamerához készült. Bal oldali oszlopából 0,25–50 méterig választhatjuk a céltárgy távolságát (Distance) a felső sorból F 1,4–F 32-ig az alkalmazott írisz vagy blendenyílást. Az így kapott cellából leolvashatjuk a mélységélesség alsó (Near) és felső (Far) távolságát a kamerától. A legalsó sor a különböző írisznyílásokhoz tartozó H értékeket tartalmazza.

Ecsedi Ákos, Cameo Kft.

Források: SANYO VCC XZ200P brosúra

Fotomozaik IX. évfolyam 2. szám

Digital Photography Review PanFocus

Vivid Light Photography

CCTV Focus

Focal Length: 4 mm																				
Distance (meters)	1/1.4		1/2		1/2.8		1/4		1/5.6		1/8		1/11		1/16		1/22		1/32	
	Near	Far	Near	Far	Near	Far	Near	Far	Near	Far	Near	Far	Near	Far	Near	Far	Near	Far	Near	Far
0.25	0.23	0.27	0.22	0.29	0.21	0.30	0.20	0.33	0.19	0.38	0.17	0.49	0.15	0.62	0.13	15.6	0.10	∞	0.08	∞
0.5	0.43	0.61	0.40	0.66	0.37	0.77	0.33	0.99	0.29	1.67	0.25	63	0.21	∞	0.17	∞	0.13	∞	0.10	∞
0.75	0.59	1.02	0.55	1.20	0.49	1.59	0.43	2.95	0.36	∞	0.30	∞	0.24	∞	0.19	∞	0.14	∞	0.11	∞
1	0.74	1.54	0.67	1.99	0.59	3.36	0.50	250	0.42	∞	0.33	∞	0.26	∞	0.20	∞	0.15	∞	0.11	∞
1.5	0.99	3.18	0.86	5.95	0.73	∞	0.60	∞	0.48	∞	0.38	∞	0.29	∞	0.21	∞	0.16	∞	0.12	∞
2	1.17	6.80	1.00	1000	0.83	∞	0.67	∞	0.52	∞	0.40	∞	0.30	∞	0.22	∞	0.16	∞	0.12	∞
2.5	1.33	21.3	1.11	∞	0.90	∞	0.72	∞	0.55	∞	0.42	∞	0.31	∞	0.23	∞	0.17	∞	0.12	∞
3	1.46	∞	1.20	∞	0.96	∞	0.75	∞	0.57	∞	0.43	∞	0.32	∞	0.23	∞	0.17	∞	0.12	∞
3.5	1.57	∞	1.27	∞	1.01	∞	0.78	∞	0.59	∞	0.44	∞	0.32	∞	0.23	∞	0.17	∞	0.12	∞
4	1.66	∞	1.33	∞	1.05	∞	0.80	∞	0.60	∞	0.44	∞	0.33	∞	0.24	∞	0.17	∞	0.12	∞
4.5	1.74	∞	1.39	∞	1.08	∞	0.82	∞	0.61	∞	0.45	∞	0.33	∞	0.24	∞	0.17	∞	0.12	∞
5	1.81	∞	1.43	∞	1.10	∞	0.83	∞	0.62	∞	0.45	∞	0.33	∞	0.24	∞	0.17	∞	0.12	∞
5.5	1.87	∞	1.47	∞	1.13	∞	0.85	∞	0.63	∞	0.46	∞	0.33	∞	0.24	∞	0.17	∞	0.12	∞
6	1.92	∞	1.50	∞	1.15	∞	0.86	∞	0.63	∞	0.46	∞	0.33	∞	0.24	∞	0.17	∞	0.12	∞
8	2.09	∞	1.60	∞	1.20	∞	0.89	∞	0.65	∞	0.47	∞	0.34	∞	0.24	∞	0.17	∞	0.12	∞
10	2.21	∞	1.67	∞	1.24	∞	0.91	∞	0.66	∞	0.48	∞	0.34	∞	0.24	∞	0.17	∞	0.12	∞
15	2.38	∞	1.77	∞	1.29	∞	0.94	∞	0.68	∞	0.48	∞	0.35	∞	0.25	∞	0.17	∞	0.12	∞
20	2.48	∞	1.82	∞	1.32	∞	0.95	∞	0.68	∞	0.49	∞	0.35	∞	0.25	∞	0.18	∞	0.12	∞
30	2.59	∞	1.88	∞	1.35	∞	0.97	∞	0.69	∞	0.49	∞	0.35	∞	0.25	∞	0.18	∞	0.12	∞
50	2.69	∞	1.92	∞	1.38	∞	0.98	∞	0.70	∞	0.50	∞	0.35	∞	0.25	∞	0.18	∞	0.12	∞
∞	2.83	∞	2.00	∞	1.42	∞	1.00	∞	0.71	∞	0.50	∞	0.36	∞	0.25	∞	0.18	∞	0.13	∞
Hyperfocal Distance	2.83		2.00		1.42		1.00		0.71		0.50		0.36		0.25		0.18		0.13	
"e" = 0.004 mm																				

"e" = 0.004 mm