

EDUTUS EGYETEM

**Egy mvBlueFOX CCD ipari kamera
alkalmazása a gyakorlatban**

Konzulens:
Dr. Janóczki Mihály

Készítette:
Márton József János
Levelező
Mechatronikai mérnök
Lézertechnológia

2018.

TARTALOM

Bevezetés	2
1. A kép érzékelése és felismerése	3
2. Optikai szenzorok és működési elvük	4
2.1. CCD szenzor felépítése	6
2.1.1. Frame Transfer CCD megoldás	7
2.1.2. Interline Transfer CCD megoldás	8
2.1.3. Frame Interline Transfer megoldás	9
2.2. CMOS szenzor felépítése	10
2.3. A vizuális rendszerek működése	12
3. mvBlueFOX kamera legfontosabb jellemzői	16
4. Gépi látásrendszerek.....	24
5. Tesztkörnyezet kialakítása.....	28
5.1. Kameratartó szerkezet	28
5.2. Megvilágítás.....	29
5.3. NI Vision Assistant modul	34
5.4. A Matrix Vision szoftvere.....	38
5.5. A mvIMPACT Acquire.....	41
5.6. A megvilágítás	42
5.7. Az RGB LED megvilágítás hatása az eltérő színű alkatrészek esetében.	43
5.7. A komplementer színű fény hatása	44
5.8. Küszöbszint meghatározás, mérés	46
6. Az automatikus optikai vizsgálat.....	48
Összefoglalás	52
Summary.....	54
Irodalomjegyzék	56

BEVEZETÉS

A tanszék által meghirdetett témakörök közül kívántam kiválasztani azt, amely közel áll érdeklődési területemhez és a gyakorlatban is megvalósítható eredményeket érhetek el vele. Választásom a gépi látás ipari alkalmazására esett. A szakirodalom feldolgozásán kívül gyakorlati példákra és kísérleti eredményekre is szükségem volt, így ehhez egy ipari kamerát szereztem be a hozzá tartozó objektívvel. Az optikai eszköz használatához a tartószerkezetet, a fémvázat egy éjszaka alatt készítettem el otthon talált alkatrészekből. Az első felvételek elkészítése után úgy éreztem, hogy színesebbé kellene tenni a választott feladatot, így vásároltam egy RGB LED /Red, Green, Blue Light-Emitting Diode = piros, zöld, kék, fénykibocsátó dióda/ szalagot is, amellyel piros, kék és zöld megvilágítást tudtam alkalmazni.

A technikai fejlődés legdinamikusabb területe az informatika és az elektronika, ez a két szegmens az automatizálás és a robottechnika közös kapcsolódási pontja. Az ipari forradalom óta rendelkezünk működő gépekkel, amelyek irányítása, működtetése minden esetben humán erőforrásra támaszkodott, majd a technikai eszközök fejlesztése folyamatosan „önműködővé” tette a gépeket. Jelenleg az informatika által nyújtott szabályzástechnika „intelligens” gépek működését teszi lehetővé, de ahhoz, hogy a működésükbe beavatkozzon a vezérlő egység, szükség van arra az információra, ami a berendezés környezetéből származik. A környezet tulajdonságainak feltérképezése érzékelőkkel történik, amelyek erőt, tömeget, hőmérsékletet, nyomást, hanghullámot és fényt érzékelnek, majd alakítják át elektromos jellé. Mi, emberek is rendelkezünk ezekkel az érzékszervekkel. A környezetünkből a legtöbb ismeretet a látásunkkal szerezzük, s ennek a vizuális információnak az érzékelése és feldolgozása bonyolult és összetett művelet, amely lehetővé teszi a tárgyak azonosítását és tulajdonságainak felismerését.

A feladat elkészítéséhez szükséges tesztfelvételeket egy mvBlueFOX 120C USB-s ipari kamerát Schneider-Kreuznach 1.4/17-0903 XENOPLAN objektívvel használtam. Ezekkel az eszközökkel igyekeztem a megvilágítási módokat megvizsgálni és az eredmények alapján optimalizálni.

1. ábra: Az alkalmazott kamera és objektív

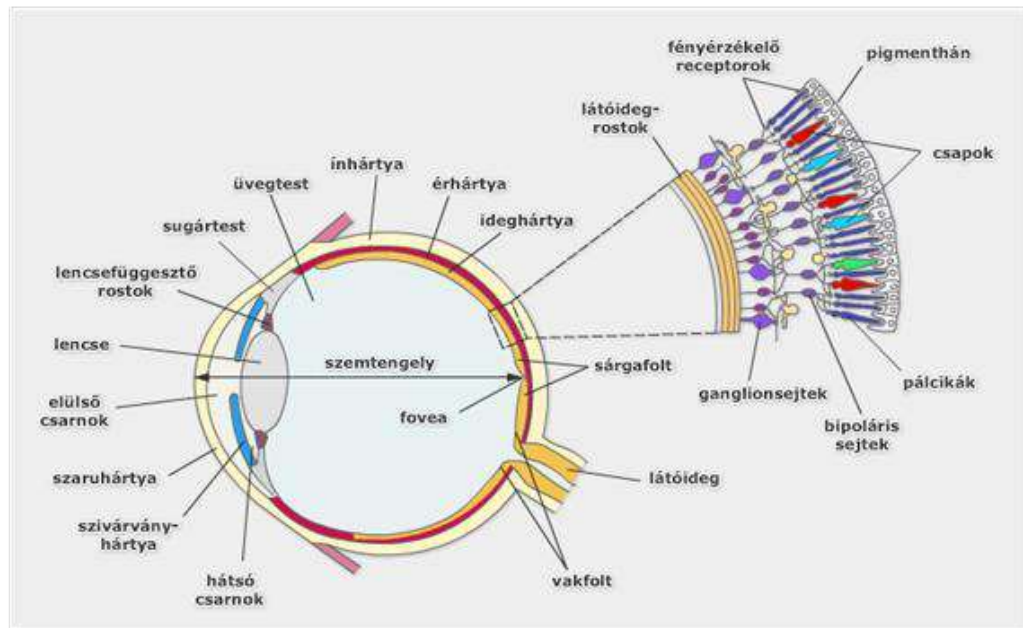


(saját fotó)

1. A KÉP ÉRZÉKELÉSE ÉS FELISMERÉSE

A látással ismerhetjük meg a távoli környezetünket, a szemünk által gyűjtjük a legtöbb információt a minket körülvevő világból. A többi érzékszerv: a hallás, a szaglás, a hőérzet és az ízlelés szintén fontos információkat nyújt, de a látás befolyásolja legösszetettebben mindennapi életünket. Ezzel a képességgel láthatjuk a tárgyakat, amely alapján megkülönböztethetjük és azonosíthatjuk azokat távolról. Azonban a látás során szerzett szín, méret, mozgás tulajdonság felismerése a kisgyermek kortól kezdődő tanulás során szerzett tapasztalaton alapszik. Mivel a látás képességét összetett érzékszerv biztosítja, ezért részekre bonthatjuk. Anatómiailag szükséges legalább egy fényérzékelő szerv, amely összegyűjti a fényt és ingerületté alakítja és ennek a feldolgozásához szükséges továbbá egy emlékező és információfeldolgozó képességgel rendelkező szerv, az agy, ahol a tényleges látás zajlik.

2. ábra: Az emberi szem



(Sánta Imre, Optika és látórendszerek, 2012.)

A látható fény elektromágneses sugárzási spektruma az emberi szem számára 380 és 780 nanométeres hullámhossz közé esik és ebben a tartományban a trikomát látással. 16 milliónál több színt képes megkülönböztetni. A fotoreceptor-sejtek három színre a legérzékenyebbek: kék (420-440 nm), zöld (535-545 nm) és vörös (565-580 nm) színű fényre. A felületegységen át kisugárzott fényerősség szempontjából a nappali látás 10 cd/m² (csapok) az éjszakai látás 10⁻⁴ cd/m² (pálcikák) fényesség felett lehetséges. (TMIT-BME, 2010.)

2. OPTIKAI SENZOROK ÉS MŰKÖDÉSI ELVÜK

Az optikai szenzorok története a camera obscurával, a lyukkamerával kezdődik, amely működésének leírása a következő: „Egy szoba vagy egy doboz egyik falán megfelelően kicsi lyukat vágva, a kinti tárgy fordított, színes képe a szoba vagy a doboz szemközti, belső oldalfalára vetül. A kép mélységelessége igen nagy, de életlen. A lyuk méretének csökkentésével egy ideig javítható az élesség, de aztán ismét romlik. A tárgy képe annál nagyobb, minél távolabb van a hátsó fal a lyuktól.” (Fotótechnika története)

Az 1500-as évektől konvex és bikonvex lencsét használtak a képélesség növelésére. Az első maradandó fényképfelvételt 1827-ben készítették lyukkamerával Franciaországban,

fény hatására megkeményedő júdeai bitumenre. Ezt az anyagot levendulaolajban oldották és vékony rétegben cinklemezre vitték fel. A fény által megvilágított részen a bitumen keménnyé vált az oldóanyag elpárolgása miatt és a sötét részeken képlékeny állapotban maradt, majd ezt a részt levendulaolajjal leöblítették. (Múlt-kor történelmi magazin)

1837-ben szintén Franciaországban sikeresen készítették el az első dagerrotípiát, amely fotókémiai eljárással készült. Az eljárás során réz, majd később üveglapon ezüst-jodidot használtak fényérzékeny anyagnak és higanygőzzel hívták elő. A megvilágított területeken a fényerősségtől függően eltérő mennyiségben lépett reakcióba az előhíváskor használt higanygőzzel. A vegyi folyamat által keletkezett amalgám mennyisége arányos volt a megvilágítás mértékével. Ez lassú és drága módszer volt, de 1888-ban a nitrocellulóz létrehozása sokkal költséghatékonyabbá tette és megadta a lehetőséget a mozgófilm készítésére. Ezt követően indult meg a kamerák és az objektívek rendkívül gyors fejlődése, ami elvezetett minket a mai modern fényképezési eszközökhöz.

Az elektromos optikai szenzorok megszületéséhez szükség volt egy elektromos találmányra, amelyet Karl Ferdinand Braun (1850-1918) alkotott 1897-ben, ez volt a katódsugárcső (Braun cső). A katódsugárcső képmegjelenítő eszköz, amely az elektromos jelet alakította át monokrom fénné. Ezt követően indult a verseny, hogy milyen eszközökkel lehetne a fényt elektromos jellé alakítani és katódsugárcsővön megjeleníteni vagy a világ távolabbi részébe eljuttatni távíró hálózaton keresztül.

1906 és 1925 között jelentős kísérleti sikereket értek el, de 1926-ban valósították meg az első működő kamera csövet /angol megnevezése: image dissector/. Az első töltéstároló kamera az ikonoszkóp, amelyet Tihanyi Kálmán (1897-1947) fejlesztett 1925-től 1928-ig. Ez a vákuumcsöves kamera típus képviseli a ma használatos félvezetős, CCD /Charge-coupled Device = töltéscsatolt eszköz/ kamerák működési elvének alapját.

A Bell Laboratóriumban az 1970-es években fejlesztették ki az első CCD félvezető chipet, ez az eszköz tette lehetővé, hogy a fényből elektromos, digitális jeleket hozzanak létre. A jeleket közvetlenül a megjelenítőre vezették vagy rádióhullámok formájában kisugározták. A képeket tárolni fotókémiai eljárással cellulóz szalagon vagy mágneses adathordozón tudták. A mai digitális fényképezőgépek memóriakártyán tárolják adataikat vagy továbbítják a számítógépes rendszerek felé, további feldolgozás céljából. Így a képek közvetlenül átvihetők a számítógépre, tovább feldolgozhatók és reprodukálhatók. (NOKIA Bell Labs)

A félvezető alapú érzékelők közös anyagai a szilícium, germánium vagy gallium–arzenid, amelyekből kristálynövesztéssel eljárással homogén szerkezetű, rácshibáktól mentes monokristályt hoznak létre és lapokra szeletelik fel. A kapott lapokat litográfiai eljárással maszkolják és ennek segítségével hoznak létre félvezető átmeneteket, amelyek két rétegből állnak, egy p- és egy n-adalékolással módosított rácsszerkezetű részből. A fotodiódáknál a „p” rétegnek a lehető legvékonyabbnak kell lennie, amennyire a technológia megengedi. A fotodiódákat úgy alakítják ki, hogy fény érhesse az átmeneti p-n réteget, mert ekkor a valencia sávból az elektronok a vezetési sávba kerülnek, így az elektromos áram indul meg a két réteg között. Az átfolyó áram nagysága lineárisan változik a megvilágítás intenzitásával. (Dienes Barnabás, 1977)

2.1. CCD szenzor felépítése

3. ábra: A CCD érzékelő



(Matrix Vision, BlueFox)

A CCD egy töltéscsatolt fényérzékelő eszköz, amiben egy léptető áramkör végzi a fény hatására feltöltődött félvezetők kiolvasását. A kapott töltéseket soros módon, töltésmozgatással egy léptető shift regiszter segítségével továbbítja a képfeldolgozó egység felé.

A CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor = komplementer fémoxid félvezető) érzékelőben térvezérlésű tranzisztorokat alkalmaznak minden pixelhez. A képérzékelő felületre érkező fény elektronáramlást hoz létre

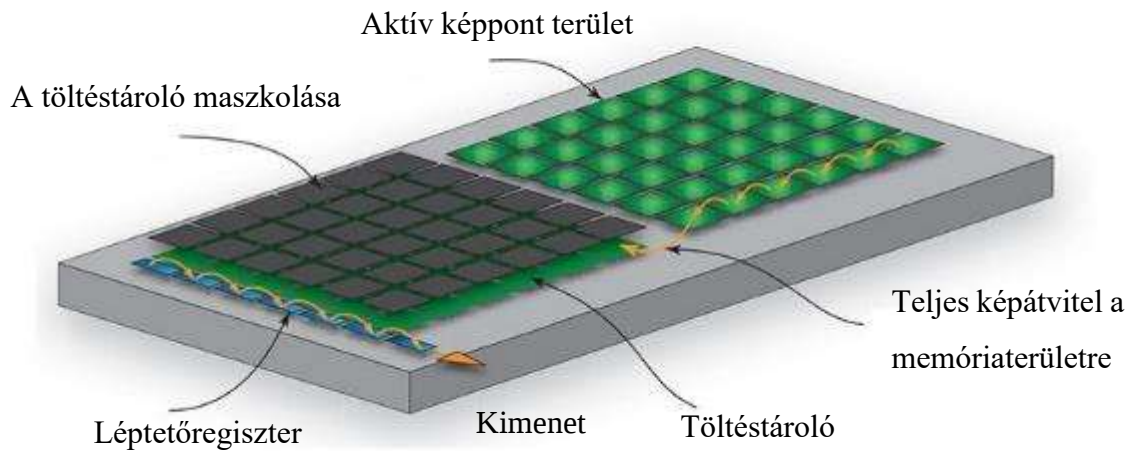
A CCD érzékelő minden pixele egy-egy memóriacellának felel meg és így mindegyikhez egy-egy vezeték tartozik, amelyeket pozitív feszültségpotenciálra töltenek fel. Ha fény éri, megváltozik a potenciálja, a megvilágítás mértékének arányában, majd ezt a töltésszintet léptetéssel a kiolvasó regiszter felé a vezérlő órajelnek megfelelő ütemben továbbítja. A műveletet a rendszer soronként egymás után végzi el. A jelfeldolgozó egység már soros adatfolyamként kapja meg az adatokat. A CCD érzékelő elkülönül a jelerősítőtől és a képfeldolgozó áramköröktől, ezért nevezzük Full Frame Transfer / teljes képátvitel/ kialakításúnak. Ezzel a kialakítással érhető el a legnagyobb képpontsűrűség és ez a legkönnyebb gyártástechnológiájú CCD érzékelő kialakítás.

A jelfeldolgozó áramkör analóg - digitális átalakítót tartalmaz és figyelembe kell venni, hogy a képtartalom kiolvasása közben nem érheti fény, mert akkor a ki nem olvasott sorok töltésszintjei változhatnak. Az érzékelő kitakarásához mechanikus megoldást alkalmaznak, ami miatt az időegység alatti képbeolvasások száma korlátozott.

2.1.1. Frame Transfer CCD megoldás

A fényérzékelő lapot két egyforma részre osztják, amelyek funkciója eltérő egymástól. Az egyik rész megegyezik a Full Frame Transfer kialakítással, de a másik oldal memóriaként funkcionál. A fényérzékeny területen kialakult potenciálkülönbségeket először a memóriaterületre mozgatja át és onnan kerül kiolvasásra. A két területfél között nagyon gyors adatátvitel alkalmazható, de hátránya, hogy emiatt nem teljesen éles képet kapunk. Az FT CCD használata háttérbe szorul a kedvezőtlen képminősége miatt.

4. ábra: FT-CCD érzékelő elvi felépítése

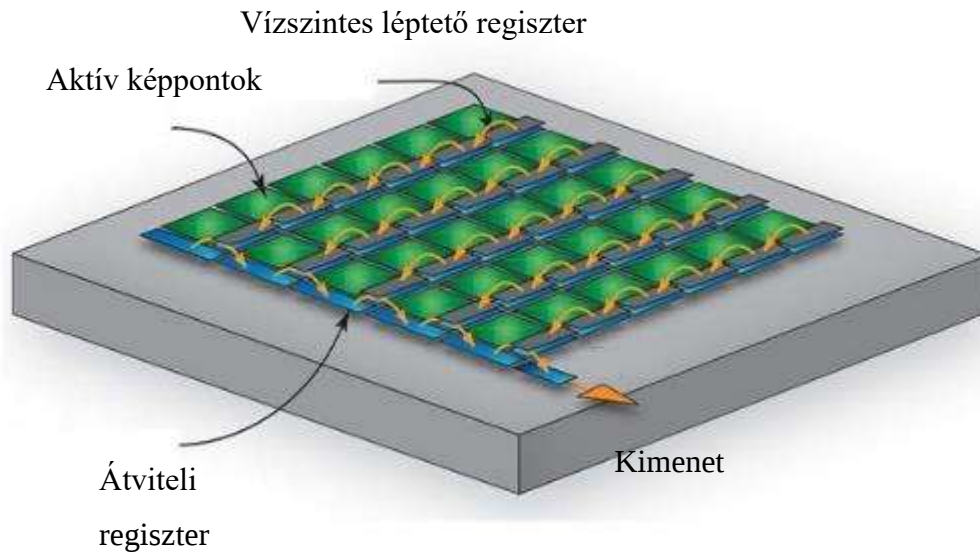


(Stemmer Imaging, FT-CCD)

2.1.2. Interline Transfer CCD megoldás

Az Inter Transfer CCD érzékelőjén a fényérzékelő és a memória területek oszloponként felváltva követik egymást. A fényérzékeny oszlop a mellette lévő memóriaoszlopnak adja át a töltésértéket, majd soronként a memóriaterületről kerül kiolvasásra a pixelek potenciálértéke. A képfrissítési ütem magas és éles képet szolgáltat, de itt a felbontás válik korlátozottá, mert a fényérzékelő fele használható csak a képkészítéshez. Mikrolencsék alkalmazásával 75 és 90 százalék közötti a fényérzékenysége a FF és FT CCD-hez képest.

5. ábra: IT-CCD érzékelő elvi felépítése



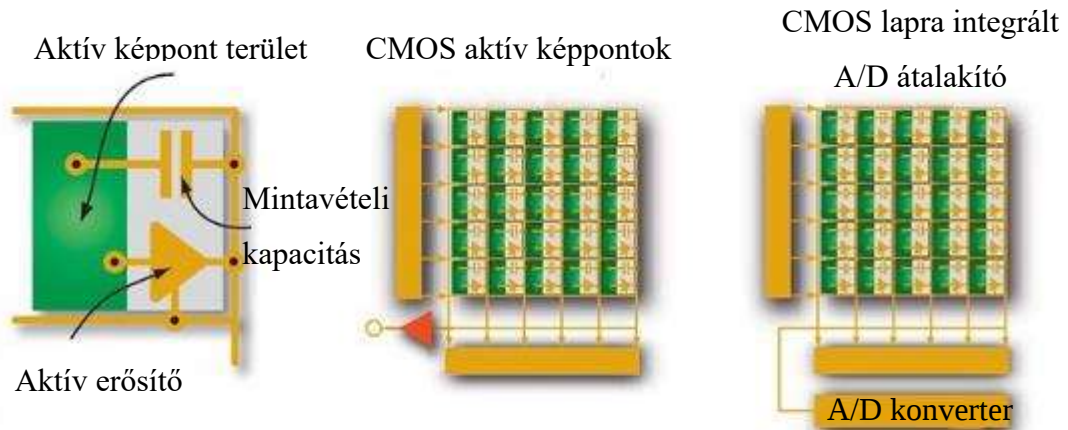
(Stemmer Imaging, IT-CCD)

2.1.3. Frame Interline Transfer megoldás

A Frame Interline Transfer CCD az IT és az FT CCD tulajdonságait egyesíti. Itt kettő egymás alatt fekvő réteget hoztak létre. A síkban felül elhelyezkedő réteg a fényérzékeny összetevője, alatta pedig a memóriaréteg található megosztva oszloponként és soronként. Ez az érzékelőtípus a leggyorsabb és legfényérzékenyebb, de hátránya a magas előállítási költség, mert képpontonként három memóriacellát kell kialakítani.

2.2. CMOS szenzor felépítése

6. ábra: CMOS érzékelő elvi felépítése



(Stemmer Imaging, CMOS)

A CMOS technológiás érzékelő kialakítása eltér a töltéscsatolós megoldástól, mert minden pixelhez egy-egy erősítő tartozik, így a fény által keltett töltéseket képelemenként erősítik fel, nem pedig soronként kiolvasva az oszlopban való elhelyezkedés alapján. A CMOS érzékelőket aktív-pixeles érzékelőként is szokták emlegetni és a CCD érzékelővel szemben képérzékelő lapkán foglalhat helyet az analóg-digitál átalakító, a zajszűrő elektronika, a kiolvasó vezérlő léptető áramkör. Ezt a félvezetők áramköri kapcsolások integrálásával érték el, amely során egy félvezető lapkán alakítanak ki több egymástól eltérő funkciójú részegységet. A CMOS elnevezés a felületi struktúra kiépítési technológiájának elnevezése és magában ötvözi a p-MOS és az n-MOS alkatrészek egyidejű felhasználását, így magasabb üzemi frekvenciát és energiahatékonyabb működést lehet vele elérni. Előállításához planár eljárást használnak, amikor a szilícium felületére SiO₂ szigetelőréteget növesztenek.

Az első integrált áramkört 1958-ban a Texas Instruments vállalat mutatta be, ahol megoldották, hogy egy félvezető lapkán több alkatrészt hozzanak létre: diódákat, tranzisztorokat és korlátozott értékű ellenállásokat, kondenzátorokat és induktivitásokat fotolitografikus módszerrel. Ezzel az áramkörtialakítással kisméretű, megbízható, olcsó és alacsony fogyasztású alkatrészeket hozhattak létre. (Texas Instruments)

Régebben a CCD eszközöket előnyben részesítették az újonnan fejlesztett CMOS érzékelőkhöz képest, mert a gyártástechnológia korlátai miatt sokkal több előnyös tulajdonsággal rendelkeztek. Az utóbbiak jelentős elsőbbségre tettek szert a nagyobb fényérzékenység miatt, már 0,1 lux érték körül is képesek voltak felismerhető képet szolgáltatni. A nagyobb pixelsűrűség és pixelszám eredményeképp kevésbé zajos képek voltak készíthetők velük.

Jelenleg (2018. októberében) a TSMC bejelentette, hogy 7 nanométeres félvezetőcsík gyártási technológiát is használ a gyártás során, de a megrendelők kívánságára 5 nanométeres technológiát is tud alkalmazni. Az Intel és az AMD konzorciumok 14 és 10 nanométeres technológiával gyártják a képfeldolgozások során leggyakrabban használt processzorokat. Érdekességgéppen megemlíteném, hogy a félvezető alapanyag levilágításához 10600 nanométeres CO₂ lézerberendezéseket használnak, ez ellentmondásban van az 5 nanométeres gyártási módszer alkalmazásával. Az EUV / extreme ultraviolet = extrém ultra viola/ litográfiához nem közvetlenül, hanem közvetve használják a lézersugarat. A nagyteljesítményű széndioxid lézersugarat egy óncseppre fókuszálják, ami az elnyelt energia hatására a megfelelő hullámhosszúságú sugárzást bocsátja ki.

Mostanra a CMOS és a CCD érzékelők közötti paraméter különbségek elhanyagolhatók, szinte azonos értékűek. A CMOS érzékelők előnyre tettek szert az alacsonyabb előállítási költség és a jóval nagyobb energiahatékonyság miatt. A gyors képfeldolgozási sebesség elérésével fokozatosan nagyobb szeletet hasítanak ki a piacból, mint a CCD érzékelők.

A legkorszerűbb CMOS érzékelők a hagyományos interline CCD érzékelők fényérzékenységi és dinamikai tartományának értékét meghaladják. Jelzés értékű, hogy a világ legnagyobb érzékelő gyártója, a SONY üzemeiben fokozatosan térnek át a CCD gyártásáról a CMOS érzékelők gyártására a piaci igényeknek megfelelően.

A CMOS és a CCD érzékelő lapkák működésének alapvető különbsége a töltés-feszültség átalakításban tér el. A CMOS eszközön minden egyes képpont külön-külön címezhető sor- és oszlopcím alapján és a töltésértékek párhuzamosan vagy egymástól függetlenül kiolvashatók, nem úgy mint a CCD-kben, mert ott szekvenciális módszert alkalmaznak. Így növelhető a képsebesség, mert a felhasználó által kijelölt pixelterület kiolvasása is lehetségessé válik. A fejlődő gyártási folyamat a pixel sűrűség problémáját fokozatosan

maga mögött hagyta. A chipen lévő vezérlőelektronika működtetése a működés közbeni konfigurációváltoztatást teszi lehetővé, amellyel befolyásolhatjuk az időzítést, analóg-digitális konverziót, fehéregyensúlyt és a képfeldolgozás első lépését. (Oktel Elektronikai Kft.)

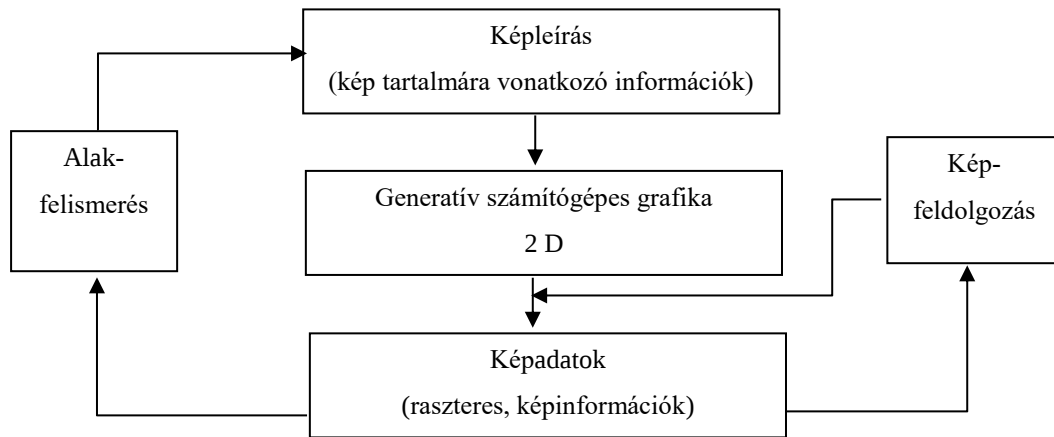
A CCD érzékelőnek csak egy kimenő erősítője van a kiolvasási módszer miatt és így minden töltésérték által generált feszültségérték rajta megy keresztül, minden pixelértékhez azonos erősítés tartozik. Ellenben a CMOS érzékelőknél több erősítőt is alkalmaznak, amelyek jellemzői eltérőek lehetnek, ami a színvisszaadásban hibát okozhat.

2.3. A vizuális rendszerek működése

Az érzékelő hatékony üzemeltetéséhez szükséges a megfelelő képfeldolgozó számítástechnikai rendszerek megléte, amely a képi információk elemzését teszi lehetővé. A generatív számítógépes grafika a kép tartalmára vonatkozó képleírási adatok alapján állít elő képet, amelyet egy képalkotó eszközön, monitoron megtekinthetünk, ezt hívjuk számítógépes grafikának. A digitális képfeldolgozás alatt értjük mindazon számítógépes eljárások és módszerek összességét, amellyel a digitálisan tárolt kép minőségét valamilyen módon változtatni lehet, ilyen módosítás a fényerő, kontraszt, telítettség vagy az élkimelés, amellyel további feldolgozásra alkalmassá válik. (Budai Attila, A számítógépes grafika)

A számítógépes látási rendszereket két nagy osztályba sorolhatjuk: a monokulárisba, amelyben egy kamerából vagy (több kamera esetén) minden egyes kamerából származó képet külön-külön dolgoznak fel, és a binokulárisba, amely több kamerából álló rendszer és a sztereó vagy térbeli látást emulálja három vagy több szemszögből. Az utóbbi rendszert távolságmérési vagy térben történő elhelyezkedés megállapítási problémák megoldására használják.

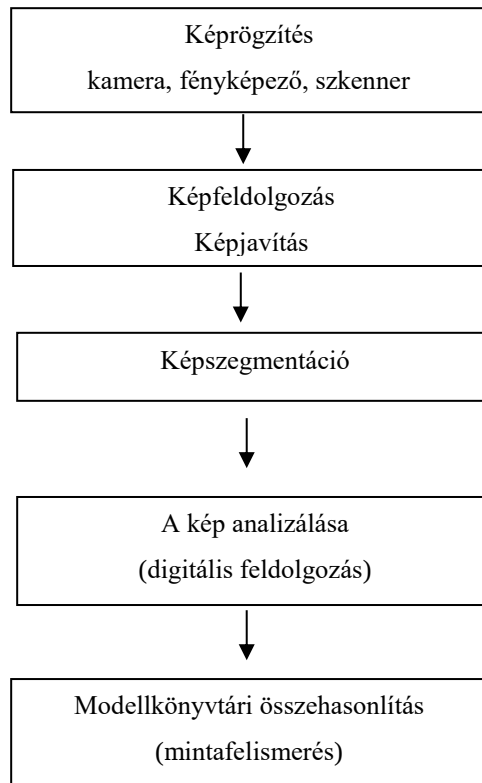
7. ábra: Generatív jelfeldolgozás blokkdiagramja



(Budai Attila, A számítógépes grafika)

A jelfeldolgozás menete alapján megkülönböztetünk vektorgrafikus és rasztergrafikus képeket. A vektorgrafikus kép leírása során az objektumokat egy lebegőpontos világkoordináta-rendszerben modellezzük és vektorértékekkel, adatbázis rendszerekben tárolják. A rasztergrafikus képek képpontokból tevődnek össze (pixelekből). A legnagyobb különbség a kép transzformáció során mutatkozik, mert a vektorgrafikus kép nagyításkor megőrzi az eredeti arányokat, ellenben a raszteres kép „eltorzul”, kikockásodik, mert az eredeti kép 1 képpontját a nagyítás függvényében több képponton ábrázolja.

8. ábra: A gépi látást leíró blokkdiagram



(Budai Attila, A számítógépes grafika)

A gépi látás folyamatának része az analóg - digitális jelátalakítás, zaj eltávolítás, kontrasztjavítás, objektumok keresése és mérése. Ha rendelkezésre állnak az előbb felsorolt folyamatok eredményeképpen létrehozott bázisképek, akkor szükség van egy adattároló eszközre, amelyben a mintaképek elhelyezésre kerültek, hogy elvégezhető legyen az összehasonlítás. A tárolt képeknek és a kamerával rögzített képeknek fontos tulajdonsága a méretarány és az azonos szögből készített felvétel, ami képtorzuláshoz vezet. Minőségellenőrzés során, ha mérésre van szükség, a kamerát minden esetben kalibrálják. A beállítás során egy ismert hosszúságú szakaszt a kamera képén egy adott mennyiségű képponthoz igazítjuk, ezt a nagyítás megváltoztatásával érhetjük el. Ebből következik, hogy a felvevő eszköz „x – y” irányú tájolása megegyezzen a tárgy azonos tájolásával, mert szögeltérés esetén hamis értékeket kapunk. A sűrűfényes megvilágításnál, ha „z” irányba is kiterjed a tárgy, akkor a vetett árnyék szintén téves eredményt okoz.

9. ábra: Ipari és biztonsági kamera



(GigE-Gépi látás)

Az ábrán bemutatott CCD kamerák közötti különbség azt mutatja, hogy külsőleg az ipari kameráknál a beépíthetőség, kis méret és a szigorúbb mechanikai követelmények, míg a biztonsági kameráknál a környezeti behatások elleni védelem a fő szempont. Azonban a fő eltérés a tömörítési eljárásokban, multi streamingben, képfelbontásban és a fényérzékelési spektrumban tér el. Az ipari kamerákba képfeldolgozó egység kerülhet integrálásra, a biztonságtechnikai eszközökbe hangrögzítő mikrofon, illetve szabotázs védelem.

Mindkét rendszer használhat számítógépes TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol = átviteli vezérlő protokoll/internetprotokoll) protokollt adatkommunikációra, de az adatátvitelre szolgáló vezetékeken történő tápfeszültség ellátást a vagyonvédelmi, térmegfigyelő és személyvédelmi rendszerekben használnak, így az adatkommunikációs UTP (Unshielded Twisted Pair = árnyékolatlan csavart érpár) kábelben kapja meg a működéséhez szükséges energiát. Ipari kameráknál külön csatlakozón keresztül vagy USB port felhasználásával látják el tápfeszültséggel. A gépi látáshoz használt eszközök nem használnak képtömörítési eljárást, mert feladatuk a valós, részletgazdag kép küldése a feldolgozó szoftvernek, hogy a megfelelő algoritmusokkal és képmanipuláló eljárásokkal megtalálja a szükséges információt. A biztonságtechnikai eszközöknél azonban képtömörítési eljárásokat használnak, amely során képrészletek vesznek el, cserébe kisebb sávszélesség igénytel rendelkeznek és az archiváló berendezés merevlemezén is kevesebb helyet foglalnak el a felvételek.

Az ipari kameráknak valós idejű felvételek készítését kell lehetővé tenniük, mert a gyártósorral vagy a robot mozgásával szinkronütemet szükséges tartani, kis késleltetési

idővel rendelkeznek. A térfigyelő kameráknál a folyamatos streaming adatfolyam biztosítása a cél és akár 1 másodperces felvétel késleltetés sem okoz gondot a térfigyelő személyzet részére vagy csak rögzítésre kerül. (GigE-Gépi látás)

1. táblázat Ipari és biztonságtechnikai kamerák összehasonlítása

Kamera felhasználási területe	Ipari	Biztonságtechnikai
Adatkommunikáció	TCP-IP, USB, RS 232, FireWire	TCP-IP, 75 ohm analóg
Sávszélesség igény	nagy	kicsi
Maximális kábelhossz	5-100 méter	100 méter
Tápellátás (DC)	5-48 V Power of LAN	12-24-48V Power of LAN
Képtömörítés	nincs	MPEG-4, MJPEG, H.264-265
Trigger vezérlés	opcionális (igen)	nincs
Rázkódás-védelem	van	nincs
IP védelem	maximum IP65	maximum IP65

(saját táblázat)

3. MVBLUEFOX KAMERA LEGFONTOSABB JELLEMZŐI

A műszaki specifikációk rendkívül fontosak az eszköz rendszerbe építése szempontjából. A gyártói adatoknak reprezentálni szükséges azokat a tulajdonságokat és műszaki paramétereket, amelyek segítségével tervezhető a rendszer működése. Az érzékelőméretek az 1940-es években kifejlesztett Vidikon képbontó csövekig vezethető vissza, amelynek a megvilágított jel-lemez felületének arányában határozzák meg a félvezető érzékelő méretét.

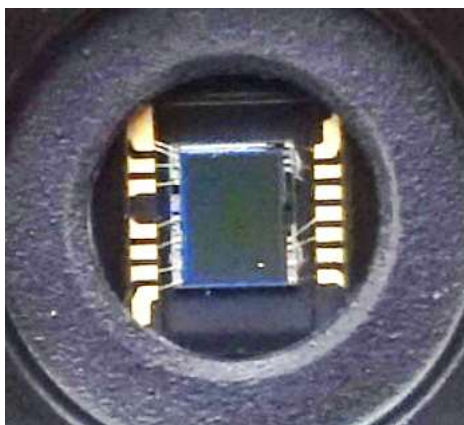
2. táblázat Az érzékelők méretei

Érzékelő mérete collban	Képarány	Aktuális érzékelő méretei (mm)		
		Átló	Szélesség	Magasság
1/4"	4/3	4,0	3,2	2,4
1 / 3.6"	4/3	5,0	4,0	3,0
1 / 3.2"	4/3	5,7	4,5	3,4
1/3"	4/3	6,0	4,8	3,6
1 / 2.7"	4/3	6,7	5,4	4,0
1 / 2.5"	4/3	7,2	5,8	4,3
1/2"	4/3	8,0	6,4	4,8
1 / 1.8"	4/3	8,9	7,2	5,3
1 / 1.7"	4/3	9,5	7,6	5,7
2/3"	4/3	11,0	8,8	6,6
1"	4/3	16,0	12,8	9,6
4/3"	4/3	22,5	18,0	13,5
1,8 "(APS-C)	3/2	28,4	23,7	15,7
35 mm-es film	3/2	43,3	36,0	24,0

(Meiji Techno Co.)

Az alábbi táblázat a gyártó által megadott szenzor specifikációkat tartalmazza. Az általam használt kamera teljes kiolvasású SONY 1/2" CCD szenzor, a maximális képfrissítési frekvenciája 104 Hz és 640 x 480 képpontból tevődik össze.

10. ábra: A CCD érzékelőm



(saját fotó)

3. táblázat mvBlueFOX kamerák specifikációja gyártói információ alapján

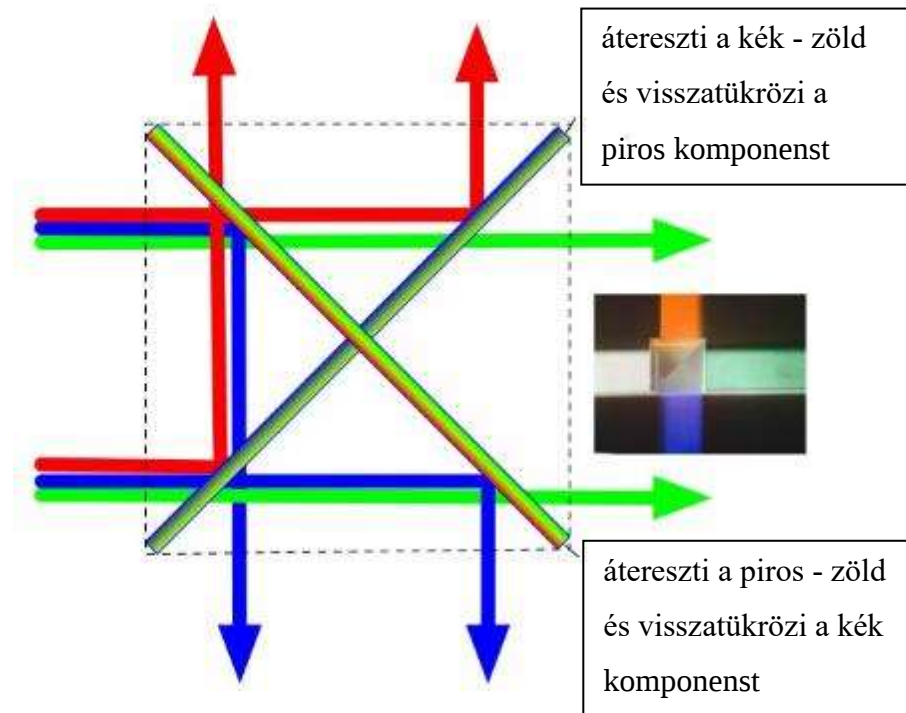
Modell	-120b	-120a	-120d	-122	-123	-124	-125a
Altípusok	G és C	G és C	nincs	G és C	G és C	G és C	G és C
utolsó betű jelentése	G= szürkeárnyaltos C = színes						
Pixelszám (sor x oszlop)	640 x 480	640 x 480	750 x 580	1280 x 996	1360 x 1024	1600 x 1200	2448 x 2050
Max kép- frekvencia (képkocka/ másodperc)	104	104	vezérlé- ses kiolvasás	31	30	28	10
Szenzor	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD
Szenzor- méret	1/2"	1/3"	1/2"	1/3"	1/2"	1/1.8"	2/3"
Pixel méret mikrométer (w x h in [pm])	9,9 x 9.9	7.4 x 7.4	8,3 x 8,3	3.75 x 3,75	4.7 x 4.7	4.4 x 4.4	3.45 x 3.45
Kiolvasási idő	10ps- 10 s	10ps - 10 s	10ps - 10 s	10ps - 10 s	10ps- 10 s	10ps - 10 s	trigger vezérlés
A szenzor gyártója	Sony ICX414 AL/AQ	Sony ICX424 AUA	Sony ICX415 AUA	Sony ICX445 ALNA QA	Sony ICX267 ALNA KA	Sony ICX274 AL/AQ	Sony ICX655 AL/AQ

(Ukiva)

A CCD érzékelőn a fény detektálása 9,9 x 9,9 mikrométeres pixeleken történik a három színtkomponens, a piros, a zöld és a kék használatával. Mindhárom komponens fényerő intenzitását különállóan detektálja, ezt általában kétféle módszerrel érik el. A legrégebbi megoldás a dikroikus sugárbontás , amely a kisebb hullámhosszú fénynél tükörként viselkedik és reflektálja, ami ennél nagyobb hullámhossz tartományba esik, átengedi. Az elv alapján trikroikus prizmat hoznak létre két dikroikus prizma segítségével, amelyeket dikroikus optikai bevonattal látnak el. A beérkező összetett fehér fényt három színű

összetevőjére bontja és mind a három színtartományt egy-egy CCD érzékelővel dolgozza fel. Professzionális és tudományos eszközökben használják, mert gyenge fényviszonyok mellett is kiváló képminőséget biztosítanak, jól elkülönülő színsávokkal.

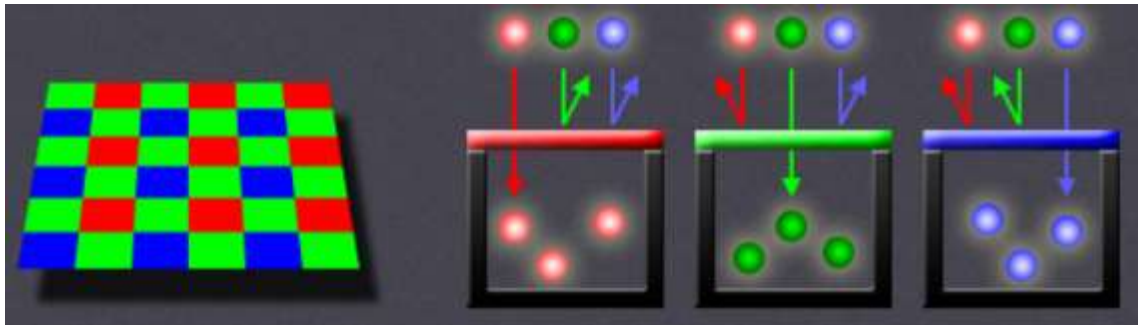
11. ábra: A három színre bontás



(Dichroic Prism)

Az egyérzékelős eszközökben a Bayer-féle szűrőmátrixot használják, amely lényege, hogy minden pixel előtt egy mikrolencse található, amelyben egy színszűrőt helyeznek el. Mivel a szemünk a zöld színű fényre érzékenyebb, így korrigálni szükséges a mesterséges fényérzékelőnek a tulajdonságait a színhűség miatt, ezért a zöld, kék és piros szín aránya: 2:1:1. Hátránya, hogy a színinformációkat a Bayer-rács színösszetevőinek arányában tudja csak rögzíteni.

12. ábra: A Bayer szűrő



(Cambridge in colour)

A digitális átalakításkor szürkeárnyalat esetén elég a 8 bit-es [0-255] felbontás, de színes mód esetén minimum 10 bit-es [0-1024] érték szükséges. A modern kamerák 16 bites [0-65536] és 24 bites [0-65536] színmélységgel dolgoznak pixelenként, így több mint 16 millió színt lehet megjeleníteni. A félvezetők érzékenyek az ultraviola és az infravörös tartományba eső fényre is, ennek okán a lencserendszerekben színszűrőket helyeznek el, amivel a kívánt fényspektrum tartomány válik láthatóvá. Fényképezőgépek esetében IR (Inra Red = infravörös) szűrő kerül bele, hogy a tárgyakról az érzékelőkre jutó infravörös fény ne befolyásolja a látható tartományba eső színek valóságát. Természetesen speciális kamerák is léteznek a meteorológiai, csillagászati és az anyagtudományi területen, amelyek „valódi” 32 bites színmélység feldolgozására képesek. Az érzékelő pixelszáma és az alkalmazott színmélység határozza meg a kamera által továbbított adatmennyiséget, ezért kis felbontással, szürkeárnyalat használatával nagy sebességet, de rossz képfelbontást, míg nagy felbontással és nagy színmélységgel lassabb adatátviteli sebességet érhetünk el képkockánként, de részletgazdag képet kapunk.

Önmagában a szenzor nem tud megfelelő élességű képet detektálni, szükség van egy optikai illesztő egységre, objektívrá, amelynek a feladata, hogy élesen és a kijelző méretének megfelelően fókuszáljon a fényérzékeny felületre. Az objektívban üveg vagy műanyag optikai lencsék helyezkednek el, amik lehetnek: kétszeresen domború (bikonvex), sík-domború (plankonvex), homorú-domború, kétszeresen homorú (bikonkáv), sík-homorú (plankonkáv), domború-homorú lencsék.

Fontos paraméter, hogy milyen hullámhosszúságú fény jut át rajtuk - az infravörös tartományba eső félynél, például a hőkameránál, amelyek 700 nm és 1 μm közötti hullámhosszúságú fényre érzékenyek, kizárólag műanyag lencséket használnak.

Az általam használt Xenoplan 1.4/17-0303 objektív 2/3” és 3-5 megapixeles CCD vagy CMOS érzékelőkhöz használható. Fókusz távolsága 17,6 mm, F-szám 1.4 és C mount foglalatú.

A „C” és „CS” menetes csatlakozógyűrű közös tulajdonsága, hogy mindkettő azonos menetemelkedésű és átmérőjű. A két csatlakozási mód között az a különbség, hogy az objektív pereme és az érzékelő lapka felső részének távolsága eltérő, az első esetben 17,526 milliméter, a második esetben 12,5 milliméter. A változtatásra azért volt szükség, mert a képleképezési távolság objektívfüggő. A „C” csatlakozógyűrűvel ellátott objektív egy 5 milliméter magas adaptergyűrű használatával alkalmassá válik a „CS” csatlakozógyűrűs típusú kamerákhoz, fordított párosítással nem használható.

A lencsék bevonata széles spektrális tartományban teszi lehetővé a működését 400 nanométertől 1 mikrométerig terjedően. A robosztus mechanikai felépítése lehetővé teszi termelési és szélsőséges körülmények közötti alkalmazhatóságát is. A fókusz- és az íriszbeállítás zárható csavarszerkezettel rögzíthető, így megbízható és folyamatos használat biztosítható, mert az optikai paraméterek nem változnak rázkódás hatására. Főbb jellemzői a magas optikai felbontás támogatása, kompakt kivitelezés, kis tömeg, rezonanciára érzéketlenség. Alkalmazási területek a gépi látás, 3D-s mérés, közlekedési forgalom ellenőrzés, orvosi elektronikai alkalmazás és az élelmiszeriparban történő felhasználás. (www.matrix-vision.com)

13. ábra: Objektívem



(saját fotó)

Az általam használt Schneider-Kreuznach 1.4/17-0903 XENOPLAN objektív 2/3" 3 megapixeles CCD vagy CMOS érzékelőkhöz került kifejlesztésre, 6 lencsetagból áll. A 400 és 1000 nanométer közötti fény áteresztésére képes. Szerkezeti felépítése lehetővé teszi a vibrációs környezetben való alkalmazását, fókusz- és írisz-beállító gyűrű mechanikusan rögzíthető. Gyártó által javasolt területek a gépi látás, közlekedés, orvosi elektronika, robotlátás és élelmiszergyártás.

A látni kívánt felület szélességének vagy magasságának illetve távolságának összefüggése a szenzor méretének és a lencserendszer fókusz-távolságának függvényében történik. A 17 milliméteres fókusz-távolság és az 1/2" érzékelő nagyság határozza meg a látható tér nagyságát, mert a gyújtótávolság (f) reciproka egyenlő a tárgytávolság (t) és a képtávolság (k) reciprokának összegével, ezt nevezzük lencsetörvénynek.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$$

Az alkalmazott objektív és kamera műszaki paramétereinek kiválasztásakor az alábbi képletet szükséges használni:

$$\frac{\text{szenzor mérete}}{\text{fókusz távolság}} = \frac{\text{látható objektum mérete}}{\text{objektum távolsága}}$$

Figyelembe kell venni, hogy a fókusz távolság (f) a lencse középvonalától addig a pontig terjed, ahol a lencsébe beeső párhuzamos sugarakat egy pontba fókuszálja. Minél nagyobb a gyújtótávolság, annál szűkebb a látószög és a látható felület nagysága, de a nagyítási tényező is magasabb. A fókusz mélysége az a távolságtartomány, amelyben az objektumok éles képet mutatnak. A mélységélességet három módon lehet befolyásolni: gyújtótávolsággal, mert minél nagyobb a gyújtótávolság a távolság megváltoztatása nélkül, annál kisebb a mélységélesség. Rekesznyílással, mivel minél nagyobb az f-szám, annál nagyobb a fókuszterület, valamint a távolság megváltoztatásával, mert minél kisebb a távolság a tárgytól, annál kisebb a fókusz mélysége.

Az objektívek előállítási költsége magas, mert nem csak a kiváló fényáteresztési képességre törekednek, hanem az optikai aberráció csökkentésére is. A lencserendszer keltette képtorzulást az optikai tengelytől való távolság eredményezi, mert a nagyítás vagy a kicsinyítés mértéke eltérő a lencse közepén és szélein, ezt hordó illetve párnatorzításnak nevezzük. Több pixel eltérés is lehetséges a fényérzékelő lapkán. A kromatikus aberráció akkor jön létre, ha a látható fehér fény prizmán keresztül halad át, ilyenkor spektrális összetevőire bomlik. Ez a bomlás a lencsénél is megfigyelhető, s ez a fókusz távolságtól és a lencse törésmutatójától, valamint a fény hullámhosszától függ. Legjobb példa erre, ha egy kék tárgy képe élesen rajzolódik ki, akkor az ugyanolyan méretű piros tárgy képe elmosódott lesz ugyanazokkal a beállításokkal. A leképezés során a széleknél élesség csökkenés figyelhető meg, mert a gyakorlatban a képet a lencse egy ívelt felületen hozza létre - az érzékelő azonban síkfelületű, ahol a fókuszpont távolabb van.

Az objektívek tengelyéhez közeli beesési szögű fénysugarak kisebb mértékben okoznak torzulást a képen, mint a nagyobb szögben beeső fénynyalábok, ezt gömbi (szférikus) abberációnak nevezzük. Kiküszöbölésükre diafragmát (fényrekeszt) használnak, ami kitakarja a lencsét érő szélső sugarakat. Oka, hogy más-más szögben törnek meg a lencse középpontjától távolodva és a fénysugarak nem egy pontban találkoznak, fókuszálódnak a kép széle elmosódottá válik.

A lencsék anyaguk miatt másként törik meg a különböző hullámhosszúságú fénysugarakat a lencse törésmutatójának megfelelően a prizmákhoz hasonlóan. A kapott

kép közepén piros, a szélén kékes elszíneződést mutat. A színeltérési hibát összetett lencsével korrigálják, amelyet akromatikus lencsének hívunk. Két különböző törésmutatójú üveget illesztenek össze, például flintüveget és koronaüveget, így korrigálják egymás színhibáit.

A fényes felületű lencséről a beérkező fény egy része visszaverődik, ha az objektív több lencséből áll, megnő a fényveszteség és a kívánt képminőség eléréséhez jobb megvilágítás válik szükségessé. Antireflexiós rétegeket alakítanak ki a lencse felületén, hogy megváltoztassák az üveg-levegő felület törésmutatóját. Ezt a magnézium-fluorid anyagot gőzölögtetéssel viszik fel az egyik vagy mindkét oldalára. A lencséken lehet látni a kékes-lilás vagy sárgás elszíneződést, mert a látni kívánt színtartomány középső részére optimalizálják, ami a zöld szín általában.

Blende szerkezet az objektív belsejében helyezkedik el és változtatható méretű nyílást biztosít, amivel szabályozhatjuk a fény mennyiségét. Az objektívek fontos jellemzője még a fényerő, amit egy viszony számmal jelölünk /F-szám/, hogy teljesen nyitott blendénél a beérkező fény hányadrészét tudja az érzékelő felületre vetíteni.

4. GÉPI LÁTÁSRENDSZEREK

Jelenleg többféle megoldást kínálnak a gyártás automatizált vizuális minőségellenőrzésére. Az ezen a területen működő vállalatok körében a következők szerepelnek: SICK, Siemens, National Instruments, Microscan, Cognex, Sensopart, Barco és mások. A három kiemelkedő automatizált vizuális minőségellenőrzési területén tevékenykedő vállalat a Siemens, a SICK és a National Instruments.

A német SICK AG számos megoldást kínál az ipari automatizáláshoz. Svédországi leányvállalata, a SICK IVP ipari számítógépes látásrendszerek gyártására szakosodott és optikai szenzorait a feladathoz konfigurálja, így nem igényel további jelfeldolgozást a rendszerük. Fő felhasználási terület a színmeghatározás, alak-, kontúr- és karakterfelismerés. Intelligens kameráknál a beépített processzorral ellátott videofeldolgozó egység lehetővé teszi a bonyolultabb problémák hatékony megoldását, ellentétben az egyszerű videóérzékelőkkel. Az IVC-2D a kétdimenziós, az IVC-3D típusú kamera a háromdimenziós objektumok kiértékelését végzi és a gépjárműgyártás hegesztési varratainak automatizált vezérlése a leggyakoribb felhasználási területe. A

Ranger és Ruler-E típusú SICK eszköz lézersugaras megvilágítás támogatásával 35.000 3D profil / másodperces sebességgel képes a vizsgált tárgy háromdimenziós kiterjedését meghatározni. Az IP65 védettségi fokának köszönhetően képes a legszélsőségesebb körülmények között működni. (www.sick.com)

A másik német piacvezető cég a Siemens /Simatic MV/ multinacionális vállalat, amely világszerte az elektronikai és közlekedéstechnikai ipar területén. A Simatic Machine Vision a Siemens termékek egy csoportja, amely komplex szoftver-hardver eszközt jelent a gépi látás problémáinak megoldásához. Ennek a rendszernek a fő célja a nagy teljesítményű rendszerek építése a termékek vizuális minőségellenőrzéséhez. A Simatic VS100 optikai érzékelők alkalmasak az alkatrészek vizuális ellenőrzéséhez, a hiba megállapításához és térbeli pozíciójának meghatározásához korlátozott mértékben, mert az alkatrész vetette árnyék feldolgozása alapján értékeli ki a képet. A VS720 videoszenzorok öt különböző típusú érzékelőt tartalmazhatnak, így funkciógazdagabb működést tesznek lehetővé, valamint kommunikációs sebességük a legmagasabb. Jellemzőjük a szoftveres és hardveres megoldások teljes skálája a különböző összetettségű videoképek elemzéséhez, számos programozható funkció, hatékony integrált megoldások alkalmazása a gépi látásrendszerekben és a programozható logikai vezérlő /Simatic S7-400 PLC/ (w5.siemens.com)

A német MVTec Software GmbH cég két szoftver termékcsoporthoz fejlesztett ki. A HALCON egy teljes körű integrált fejlesztési környezet, rugalmas architektúrával. A gépi látás, orvosi képalkotás és a képelemző algoritmusaival hatékony eszközt ad a felhasználók kezébe. A HDevelop grafikus fejlesztési környezet segítségével és moduláris felépítésével kiemelkedő teljesítményt lehet elérni. A kiterjedt, több száz ezres képtartalmú előre telepített könyvtár adatait használhatja a másfélezer képfeldolgozó rutinnal együtt, azonban nem csak a statikus információkra támaszkodhat, mert rendelkezik a gépi tanulás módszerével. Morfológiai és foltelemzés, illesztés, mérés és tárgyazonosító funkciókkal rendelkezik, amelyek az ipari termelés folyamatirányító rendszereit támogatják. (MVTec Software GmbH – Halcon) A MERLIC vizuális programozó felületet biztosít a gépi látásalkalmazásokhoz, eszközkönyvtárába képenként kerültek elmentésre a szabványos alkatrészek és ezekhez illesztik a kamera által közvetített képen látható tárgyakat egér segítségével, nincs szükség a billentyűzet használatára, mert a képeken keresztül kalibrálható. Az easyToUCH funkcióval csak a tárgy fölé kell vinni az egérmutatót, a program felismeri és kijelöli az azonosítandó objektumot. A gyártósori vezérlőrendszerekbe teljes körű integrációt biztosít, hogy PLC

/Programmable Logic Controller - programozható logikai vezérlő/ eszköz használata esetén a vezérlőprogramját is legenerálja, amit hálózaton keresztül fel is lehet tölteni. (MVTec Software GmbH – Merlic)

A szintén német NeuroCheck GmbH általános célú képfeldolgozó szoftvert forgalmaz a korszerű ipari minőségellenőrzéshez. A felületi minőség ellenőrzését, mérések végrehajtását és az összeszerelés teljességének megállapítását intuitív módon, Windows operációs rendszerfelületen lehet beállítani. Előnye a szintén vizuális programozhatóság, amit egyszerű módon tesz lehetővé. Ide tartozik az összeszerelés és felület ellenőrzés, színfelismerés, mérés, vonalkód és QR kód felismerés. (NeuroCheck GmbH)

Összefoglalva a jelenleg kereskedelmi forgalomban lévő vizuális jelfeldolgozást végző programok legfőbb tulajdonságait a következő jellemzőket írhatjuk le: képjavítás (kontraszt, hisztogram, megvilágítás), geometriai transzformációk (forgatás, tükrözés, skálázás), képszűrők (simítás, kontraszt, élek, morfológia), bináris küszöbérték, szegmentálás, folt /blob/ elemzés és pixelszámláló, automatikus helyzet és szögkorrekció, sablonegyezés, színegyeztetés és szintér átalakítások, modell geometriák /vonal, kör/ szubpixel pontossággal történő mérése, vonalkód és adatmátrix kód azonosítása, minta és karakterfelismerés, mérési és mérési tűrésellenőrzés, 3D képfeldolgozás és osztályozás neurális hálózat segítségével.

A modern eszközöknél alapfunkció a kétirányú kommunikáció, amely során az eszközök programozhatóak és ellenőrizhetőek. Az összetett gyártástechnológia megköveteli, hogy távmenedzselési lehetőséggel rendelkezzenek, valamint folyamatos statisztikai adatokat szolgáltatassanak. A távoli rendszerhozzáférés segítségével gyorsan és költséghatékonyan háríthatók el azok a hibák, amelyek megoldásához a szoftvergyártó segítsége szükséges.

A National Instruments (NI) a legnagyobb amerikai vállalat és világelső az automatizált tesztrendszerek hardverének és szoftverének fejlesztésében és gyártásában. Az NI Vision termékei széles körben alkalmazhatók a vizuális adatfeldolgozás, minőségellenőrzés, automatizált folyamatirányítás és termékvizsgálat területén. Szoftvermegoldásainak két csoportja van, az egyik az NI Vision Development Module (NI modul a gépi látásrendszer fejlesztéséhez), amely egy alkalmazás az NI gépi látásrendszerek tervezéséhez, fejlesztéséhez és megvalósításához. Az alkalmazás több száz beépített funkciót tartalmaz a képek rögzítéséhez és feldolgozásához egy vagy több kamerából nyert képek alapján.

A másik csoport az NI Vision Builder, egy automatizált ellenőrzési szoftver termék, amely lehetővé teszi a nagy bonyolultságú számítógépes minőségellenőrzést.

Az intelligens kamerák területén a legjobb ár-érték arányú termékek az NI Optimal és az integrált felépítésű nagy teljesítményű NI 1722 és NI 1742 eszközök, amelyek már magukba foglalják az ipari vezérlő elektronikát és a képérzékelő elemet. Ez a kompakt megoldás, amikor beágyazott eszközöket alkalmaznak, csökkenti a meghibásodási lehetőségek számát, olcsóbb és energiatakarékosabb működést tesz lehetővé, helyigénye kisebb, azonban jelentősebb beruházási költségeket igényel.

A mai számítógépes rendszerek számítási teljesítménye és memóriájának nagysága nem jelent problémát a feladatok megoldásában, de vannak olyan területek, amelyeknél szigorú korlátokkal találkozhatunk mind méret mind energiafelhasználás területén, mert korlátozott mértékben áll rendelkezésre. Miniaturizált robotok és akkumulátoros berendezések esetén a képrögzítő eszköz energiafogyasztásának és méretének csökkentése érdekében annak optimalizálása szükséges, ennek legmegfelelőbb módja az, hogy az adatfeldolgozást a szoftverrétegről a hardverrétegre kell áthelyezni. Az intelligens kamerák érzékelői a jövőben CMOS technológiára épülnek, mert a chipre integrálás megoldott, közvetlenül szabályozható a kontraszt és fényerő, így a képek utófeldolgozási folyamata kihagyható.

A National Instruments Vision Builder for Automated Inspection nevű alkalmazással lehetőséget biztosítanak az interaktív, egyszerű programozással kezelhető képfeldolgozási rendszer létrehozására, amely összetett képfeldolgozás lehetőségét teremti meg állapot diagram szerkesztővel. Tartalmazhat állapot alapú, ciklusokat és elágazásokat tartalmazó algoritmusokat, élfelismerő, mintakereső, karakter felismerő és egy- vagy kétdimenziós kódolvasó funkciót.

Újdonság az inkrementális (forgó) jeladó segítségével történő megvilágítás vezérlés, amellyel a forgó és lineáris mozgást végző tárgyakhoz stroboszkóp jellegű LED fényforrásokat használnak, így négyszeres fényerősséget tudnak elérni az egység károsodása nélkül. (NI LabView)

5. TESZTKÖRNYEZET KIALAKÍTÁSA

5.1. Kameratartó szerkezet

A kameratartó állványt 0,3 mm-es perforált alumínium lemezből készítettem, mérete 410 x 255 x 410 mm. Az optika és a tárgy lemez közötti távolság 320 mm, a kamera általi nézet merőleges (ortogonális). Lehetőség van az optikai eszköz döntésére 45° szögben, illetve két eszköz is elhelyezhető, amelyek optikai tengelyei 90°szöget zárhatnak be. (1. melléklet)

A lámpatestek nem rögzítettek, hogy helyzetük változtatásával lehetőség nyíljon a kísérletek során a minél optimálisabb távolság és dőlésszög megtalálására. A rendelkezésre álló lyukakba két acélhuzal került, így magasságuk tetszés szerint változtatható, attól függően, hogy milyen távolságot kívánunk beállítani, amely 25 mm és 420 mm közé eshet. A geometriai optika szempontjából meghatározó tulajdonság a beesési szög, ez 0°- 90° között állítható, így ferde beesésű fénysugaras megvilágítás is kialakítható. Alapvetően a merőleges megvilágítás a legelterjedtebb módszer, mert ekkor verődik vissza a legtöbb fény. Fotometria szerint, ha 1 négyzetméteres felületre merőlegesen 1 lumen fényáram esik egyenletes eloszlásban, akkor 1 lux a megvilágítása a felületnek. Nyílt térben a napfény 100.000 lux, a holdfény 1 lux körüli értéket jelent. A fényáramból származtatjuk a megvilágítás és a fényerősség mértékét. A megvilágított felület fényerősségét E-vel jelöljük, mértékegysége a lux [lx]. A fényforrás fényerejét, amivel a felületet világítjuk meg I-vel jelöljük és mértékegysége a candela [cd]. A fényforrás és a megvilágított felület közötti távolságot r-rel jelöljük és az SI rendszernek megfelelően méterben adjuk meg.

$$E = \frac{I}{r^2}$$

A fotometria távolságtörvénye alapján a fényforrás által megvilágított felület megvilágítási erőssége a felület és a fényforrás távolságának növekedésével csökken. Nem merőleges megvilágítás esetén a fényerősség a beesési szög (α) nagyságával arányosan változik.

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$$

5.2. Megvilágítás

A kamera által rögzített kép minőségét nem csak a megfelelő paraméterekkel rendelkező érzékelő és optika páros határozza meg, hanem ugyanilyen fontosságú feltétel a megvilágítás. Különböző világítóberendezések segítségével lehetőség nyílik a „látórendszerek” által megoldandó feladatok kibővítésére. Az alkatrészekről visszaverődő fényt észleljük, rögzítjük digitális formában és a továbbiakban ezeket az adatokat dolgozzuk fel. Szakdolgozatom esetében háttérvilágítás nélküli, közvetlen megvilágítást használtam. (2. melléklet)

A fényforrásokat legjobban jellemezhetjük a felvett elektromos teljesítmény és a leadott fényáram értékével, amelyet lumen/Watt egységben adunk meg. A másik fontos jellemzője a leadott teljesítmény mellett a színhőmérséklet. Színhőmérséklet alatt egy izzó fekete test színét értjük, mértékegysége a Kelvin. Egy fényforrás fényének domináns színét hasonlítjuk az izzó fekete testhez, hogy az hány Kelvin fokon sugároz hasonló színt. A hagyományos izzólámpa izzószáljának hőmérséklete megegyezik a kisugárzott színhőmérséklettel és körülbelül 2800 Kelvin fokos. (Arató András: Világítástechnika 2003.)

Az alábbi képen láthatóak az általam alkalmazott fényforrások. Két esetben pontszerű fényforrásnak tekinthető izzólámpákat használtam: Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K és LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K. Második két esetben pedig a szórt fényt szolgáltató IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700 K valamint GE/Tungsrám kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K. került felhasználásra.

14. ábra: Az alkalmazott fényforrások



(saját fotó)

A készített képek alapján (28.-31. melléklet) a spektrális eltérésekből adódó színvisszaadási probléma volt leginkább megfigyelhető, természetesen a blendeméret megfelelő korrekciója esetén, ami az eltérő fényáram teljesítményekből adódott.

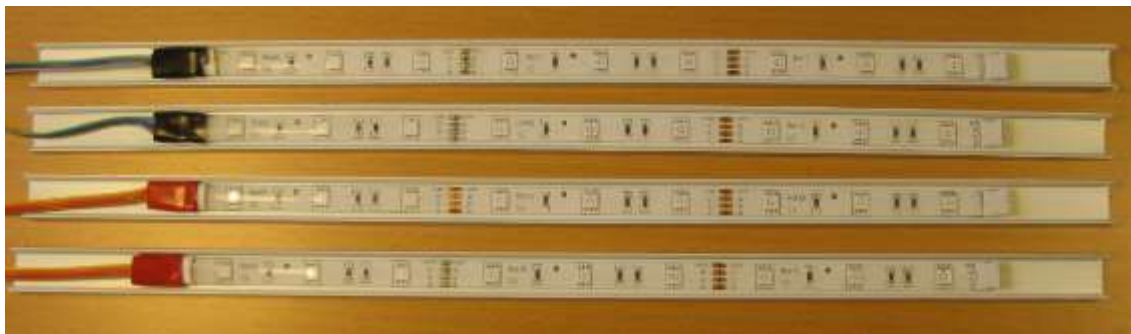
Fénycsőekkel a leghomogénebb intenzitás elosztás érhető el, de figyelni kell az alkalmazott működési frekvenciára, mert stroboszkóp hatás jöhet létre, ha a képgyűjtési sebesség valamelyik felharmonikus frekvencián működik. Halogén lámpák használata során optikai szálakon vezetik a fényt, hogy rezgésmentes, védett helyen lehessen elhelyezni az izzólámpát és könnyen lehessen cserélni a viszonylag rövidnek tekinthető 2000 órás élettartam miatt. A száloptika a vonalvilágításhoz szükséges a line-scan /vonalpásztázó/ kamerákhoz. A fénykibocsátó diódákból bármilyen elrendezés kialakítható és minden diódát egyedileg lehet kapcsolni, ennek eredményeként a felvételek különböző fényviszonyok mellett készíthetők. Az élettartamuk hosszú, meghaladhatja az 50000 órát, ami nagyon fontos a folyamatos termelésben használt eszközökben történő felhasználáskor. A kis keresztmetszetű p-n rétegen áthaladó áram jelentős hőterhelésnek teszi ki a félvezető anyagot, de megfelelő hűtőtechnika esetén az öregedési folyamat lassítható. Az infravörös tartományban működő eszközökhöz csak LED-es fényforrásokat használnak.

A képfeldolgozó programban a piros, kék és zöld színegyensúlyokat módosítanom kellett a lámpák cseréjekor a valódi színek monitoron történő megjelenítéséhez. Felmerült az a lehetőség is, hogy a több színű megvilágítást alkalmazzak a LED fényforrásokra

alapozva. Jelenleg a kereskedelmi forgalomban is beszerezhetők az RGB, három színű LED szalagok, ezek feleltek meg legjobban a célomnak. (3. melléklet)

Az első választás a Mentavill LED pálcájára esett, amely 4 darab 300 mm-es 4x9 LED-et tartalmaz, infravörös távirányítóval. Összteljesítmény felvétele a 36 LED-nek 8,8 W és a sugárzási szöge kisebb, mint 120°

15. ábra: A 4x9-es RGB LED pálcá



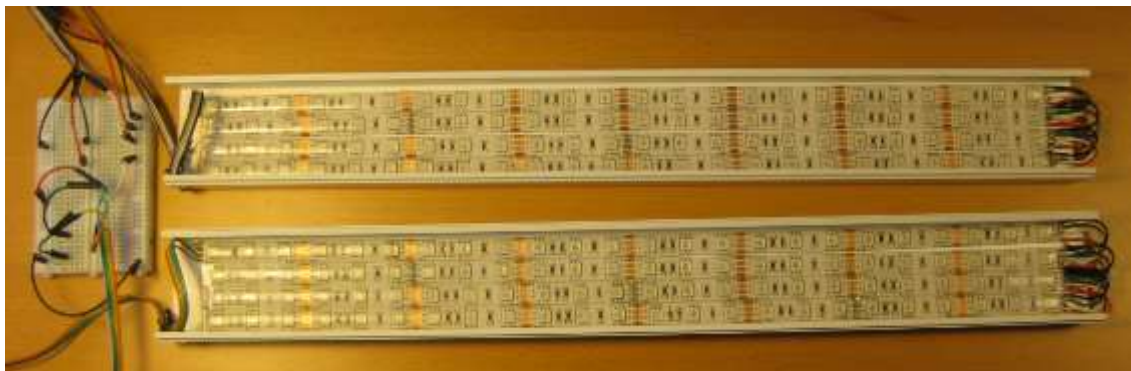
(saját fotó)

A hátránya, hogy a megközelítőleg 9 W elektromos teljesítményből, ha színenként használtam, csak 3 W állt rendelkezésre, valamint egyszerre csak az egyik alapszínben működtek, a 200 x 300 mm-es felületen elhelyezve szórt fényhatást biztosítottak.

Az egy kamera és a szórt jellegű megvilágítás esetében a felületi hibák jobban láthatóvá váltak mint a pontszerű megvilágítás esetén.

A megvilágítás mértékének növelése céljából háromszínű 60 LED / méteres és 14,4 W / méteres LED szalagot vásároltam, amelyek összteljesítménye 780 lumen / méter volt.

16. ábra: A 2x96-os RGB LED szalag



(saját fotó)

Így alakítottam ki a képen látható 2 x 96 LED-es 2 x 23 W elektromos teljesítményű fénysugárzót, amelynél külön-külön vagy egyszerre kapcsolható a kék, piros és zöld szín. Átlátszó tárgyak vizsgálatánál használtam, ahol más-más irányból más-más színű fénnel világítottam meg.

A LED-es megvilágítás előnye a nagy fényerő elérése alacsony energiafogyasztás mellett és a hosszú élettartam. (4.-6. melléklet)

Egy speciális megvilágítási módszert fejlesztettek ki a nagy fényerejű LED technika segítségével, amit a deflektometrikus érintésmentes optikai felületvizsgálati eljárásnál használnak. Az optikai rendszer és a környezet geometriai ismerete nélkül számos alkalmazásban a képadatok nem megfelelő módon értékelhetők. A kamera rendszerek kalibrálásához ismert méretű tárgyak, illetve lézeres vonal vagy pontminták szükségesek. Kiterjedt méretű és változó bonyolultságú felületek vizsgálatánál hosszú idő kell a kalibráció elvégzéséhez. A deflektometria eljárás során, egy LCD monitoron jelenítjük meg a leképezendő lineáris vagy szinuszos minták sorozatát és ezt a képet vetítjük a vizsgálandó tükröződő felületű tárgy felszínére, a visszavert képet egy nagy felbontású kamerával rögzítjük, amelynek optikai tengelye és a monitor optikai tengelye ismert szöget zár be, ennek ismeretével a felület rekonstrukciója matematikai módszerekkel kiszámolható. A kapott interferometrikus és moirés képek feldolgozására fázislépéses módszert alkalmaznak, amelyben a monitor és a virtuális monitor /tükörkép/ mintázatát összehasonlíthatják, természetesen a kalibrálás síktükörrel végezhető. A rendszer nagymértékben automatizálható, ha egy robotkar végén helyezkedik el a mérőszerkezet. (BME MOGI, Cornet)

A Google Inc. könyvdigitalizáló eljárásánál két kamerát használtak: egy RGB és egy IR érzékenységűt, valamint egy látható fénytartományba eső szórt megvilágítást és egy IR tartományba eső négyzetrácsos képet vetítő eszközt. A könyv kihajtásakor a kéreknél keletkező ívet tudták javítani vele, hogy torzításmentessé tudják visszaállítani az RGB kamera képét.

Az IR tartományú megvilágítás alkalmazható a hulladék szétválogatás során, ahol a szürkeárnyaltos vagy RGB kamera képe nem elegendő a válogatási feladat elvégzéséhez. Fontos szerepet játszik a közeli infravörös régió /800 nm - 2500 nm/, amelyet évek óta használnak a spektroszkópiában az élelmiszerek, műanyagok és ásványi anyagok elemzése során. Az atomi és molekuláris rezgések által okozott különbség

jellemző fényelnyelési tulajdonsággal ruházza fel az anyagot, ami csak rá jellemző. Az abszorpciós spektrum vizsgálata tükrözi az anyagösszetételt.

Diffúz visszavert fény esetén a felületet szórt fénysugárral világítjuk meg, így a felületen lévő szennyeződés eltérő optikai tulajdonságokat mutat, mint az alatta lévő vizsgált terület. Ha a szennyeződés kevésbé tükröződő és jobb fényelnyelő, akkor világos képen sötét foltként jelenik meg.

Diffúz átvilágított fény esetében a tárgyat alulról világítjuk meg, így a képen az objektum árnyképe látható és a tárgy kontúrjai, nem szükséges az élkeresési technika alkalmazása, de a felületre vonatkozó információk teljes mértékben elvesznek, mivel teljesen fekete színűnek tűnnek.

Irányított, koherens fény esetében a megvilágítás fénye tükröződik a tárgy felületén. A szög úgy van megválasztva, hogy csak a szennyeződésről vagy idegen tárgyról visszavert fény éri el a kamerát, ha hibátlan a vizsgálandó tárgy, a kapott kép fekete lesz. Azonban felületi hibák esetén fényes területek jelennek meg, de éles kontrasztot nem generálnak.

Strukturált világítás, nyaláb módszerrel a háromdimenziós tér vetületét egy kétdimenziós képben látjuk, így az objektumra vonatkozó térbeli információk megismeréséhez strukturált megvilágítást kell alkalmazni, ami lehet vékony vonal vagy rácsos elrendezésű. Általában a kamera és a világító eszköz tengelye 45° -os szöget zár be.

Színspektrumos világítás használatához figyelembe kell venni a használt fény hullámhosszát. Szürkeárnyaltos kamerán, ha különböző színekkel világítjuk meg a színes tárgyat, akkor eltérő világosságú képet kapunk annak függvényében, hogy melyik összetevő nyelődik el vagy tükröződik vissza. Lehetséges a fény színével kísérletezni: a nagyobb kontrasztú képek eléréséhez a fehér fényt különböző spektrális színekből keverjük össze, ha egy színösszetevőt eltávolítunk ebből a spektrumból, a komplementer szín lesz látható.

Polarizált fény használata esetén a fénysugarak hullámtulajdonságai nagy szerepet kapnak. A polarizált szűrő csak az azonos polarizációs síkú fényt engedi át. Ekkor a fényáteresztő anyagok is láthatóvá válnak és kiemelkednek a háttérből, ha 90° szöget zár be a kamera szűrőjével. Legismertebb használata az üvegszálak technikában ismert, amikor az optikai szálakat összehegesztik.

5.3. NI Vision Assistant modul

A videofeldolgozó programnak az NI LabVIEW NI Vision szoftvert választottam, mert az EDUTUS Egyetemen ismertük meg ennek a programnak használatát. A detektált képek hatékony feldolgozását biztosító csomagról van szó. Két kiegészítő résszel rendelkezik: az NI IMAQ illesztőprogrammal és az NI Vision Assistant modullal. A használt szoftverkörnyezettől független a LabVIEW Measurement stúdió, amely Visual Basic vagy a Visual C ++ nyelveket támogatja és közvetlenül biztosítja az analóg és digitális jelforrások feldolgozását. Statikus és animált képek feldolgozásához az NI Vision alapmodult használja. Tartalmaz egy sor optimalizált funkciót a színes, fekete-fehér és bináris képek feldolgozásához, beleértve a szűrést, a statisztikai és geometriai alakváltozásokat, a minták illesztését, a képparaméterek mérését. Fejlett vezérlőrendszerrel látták el, amely során bármely hálózat típuson kamera triggerelés végezhető, így korlátlan számú eszköz adatainak feldolgozását hajthatja végre. A magas hibatűrési határt az impulzustorlódások elkerülésével éri el a képkiértékelési rendszer eredményeinek gyors válogató és osztályozó rendszere alapján. A legfejlettebb kommunikációs rendszere a Gigabit Ethernet, így kompatibilis bármely GigE Vision rendszerrel. A csatolt érzékelők bekapcsolását vezérelheti Power of Ethernet rendszeren keresztül, amelyek lehetnek: szürkeárnyaltos, színes , infravörös, és háromdimenziós lézeres háromszögelő képalkotó berendezések /LIDAR/.

Az NI IMAQ videokamerákkal való együttműködéshez szükséges illesztőprogramok kompatibilisek az összes National Instruments szoftverrel, beleértve a NI DAQ-ot is, ez megkönnyíti a képfeldolgozást. A Vision Assistant lehetővé teszi, hogy könnyen készíthessünk saját szubrutinokat, amelyek rögzítik, szűrik, feldolgozzák, elemzik és szerkesztik a képet, vezérelhetik a használatban lévő kamerák beállításait. Ezeket a szubrutinokat importálják a LabVIEW-be, ennek a megközelítésnek a legfőbb előnye a vizualizáció.

Az mvBlueFOX 120C típusú USB 2.0 kamerát 2004 tavaszán hozták forgalomba mint a legolcsóbb ipari kamerát. Az elmúlt 14 év során a gyártástechnológia fejlődésével elavult eszköznek tekinthető, de pont ennek hatására vált elérhetővé és kísérleti alkalmazásokhoz tökéletesen megfelelővé az amatőr felhasználók részére. Az NI LabView program piacorientált termék és a gyártó is az újabb eszközeit kívánja értékesíteni, ezért a rendelkezésemre álló eszköz meghajtó programjai nem teljes mértékben integrálhatók a

rendszerbe. Általános illesztőprogramon lehet képet importálni az NI LabView programba, aminek a neve Vision Assistant. A segédprogram 32 bites támogatást nyújt az NI-IMAQdx szintén 32 bites csatoló felülete felé, így lehetővé teszi a BlueFox kamera 64 bites driverének csatolását. (NI LabView Vision Assistant – mvBlueFOX)

A kamera használatához telepíteni kell az mvBlueFOX mvDevice Configure eszköztárat, amelyben a csatlakoztatott eszköz névvel, típuszámmal és gyáriszámmal megjelenik. Itt van lehetőség a kamera rendszerprogramjának (firmware) frissítésére. A DirectShow menüpontban az online adattovábbítást más rendszerek felé aktiválni szükségeltetik. Ezt követően indítható az NI Vision Assistant program Acquisition modulja, ahol az Acquire Image (USB) ikonnal aktiválható. (7. melléklet)

Lehetőség van a képtulajdonság beállítások szoftveres módosítására, ahol a fényerő, erősítés és expozíciós idő változtatható. Több eszköz esetén távolról ellenőrizhetjük az eszközök hardveradatait és az aktuális beállításait, ami nagymértékben megkönnyíti a későbbi hibafeltárást és elválasztható a szoftveres és a hardveres probléma. (8. melléklet)

A hisztogram funkció 256 bites felbontás alapján informál minket a színösszetételről. A következő színterek választhatók: RGB modellben a piros, kék, zöld; HSV modellben az árnyalat, telítettség, fényerő; HSL modellben a színezettség, telítettség, fényesség; HSI modellben pedig a színezettség, telítettség, intenzitás. Az értékeket a rendszer lineáris és logaritmikus grafikonon ábrázolja. (9. melléklet)

A következőkben részletesen tárgyalom a program menüpontok lehetőségeit.

A vonalprofil /Line Profile/ felületen RGB hisztogramot kapunk, de a szürkeárnyaltos képnél a képen kijelölt szakasz általi rész éleinek elhelyezkedését határozza meg a világossági szintek alapján. Fontos az állandó fényerejű megvilágítás, mert a küszöbszint ingadozás téves felismerési eredményre vezet.

A mérés /Measure/ funkció a kép pixelszáma alapján adja vissza a kijelölt részek méretét. Itt lehetőség van pozíció, hosszúság, szög és terület meghatározására. (9. melléklet)

A fényerő /Brightness/ funkcióval a kép fényességét és kontrasztját változtathatjuk meg. A színmódosítás /Color Operators/ menüpontnál a kívánt szín irányába módosítható a kép alapszíne, vagy összeadó additív, vagy kivonó szubtraktív színkeverés eredménye lesz a kapott kép. Az árnyalat változtatásával elkerülhetők az információ átvitelt negatívan befolyásoló színpárok például a kék-világoskék, piros-fekete színkombináció. (10. melléklet)

A színréteg kiemelés /Color Plane Extraction/ funkcióval alaphelyzetben az RGB színrétegeket választhatjuk ki külön-külön, illetve a színrétegeket kivonhatjuk egymásból. Eltávolítható vele a felesleges képtartalom, csak a számunkra fontos információ maradhat.

A képkorrekciós eljárások legfontosabb eszközei után a gépi látás eszköztára következik, ami megtalálható a Machine Vision menüpont alatt. Segítségével mérési és ellenőrzési feladatok végezhetőek, hátránya hogy a felületi minták, festés nagymértékben befolyásolja használhatóságát.

Az éldetektor /Edge Detector/ segítségével a képen kijelölt szakasz él információt kapjuk meg. (11. melléklet)

Az élkereső funkcióval /Find Straight Edge/ a négyzetesen kijelölt terület éleit detektálhatjuk a kijelölt régióban, itt minden egyenes szél azonosít. Minden élt figyelembe vesz, ha az élesen elhatárolódik, csökkenő vagy növekvő intenzitáskülönbség alapján felismerhető. Az észlelés algoritmus átlag vagy medián típusú. (12. melléklet)

A körkereső funkció /Find Circular Edge/ a kijelölt kör alakú területen keresi a kijelölt nagyságú körív vonalakat. Az eszköz sugárirány érzékeny, hogy külső ívről belsőre vagy fordítva keres. (13. melléklet)

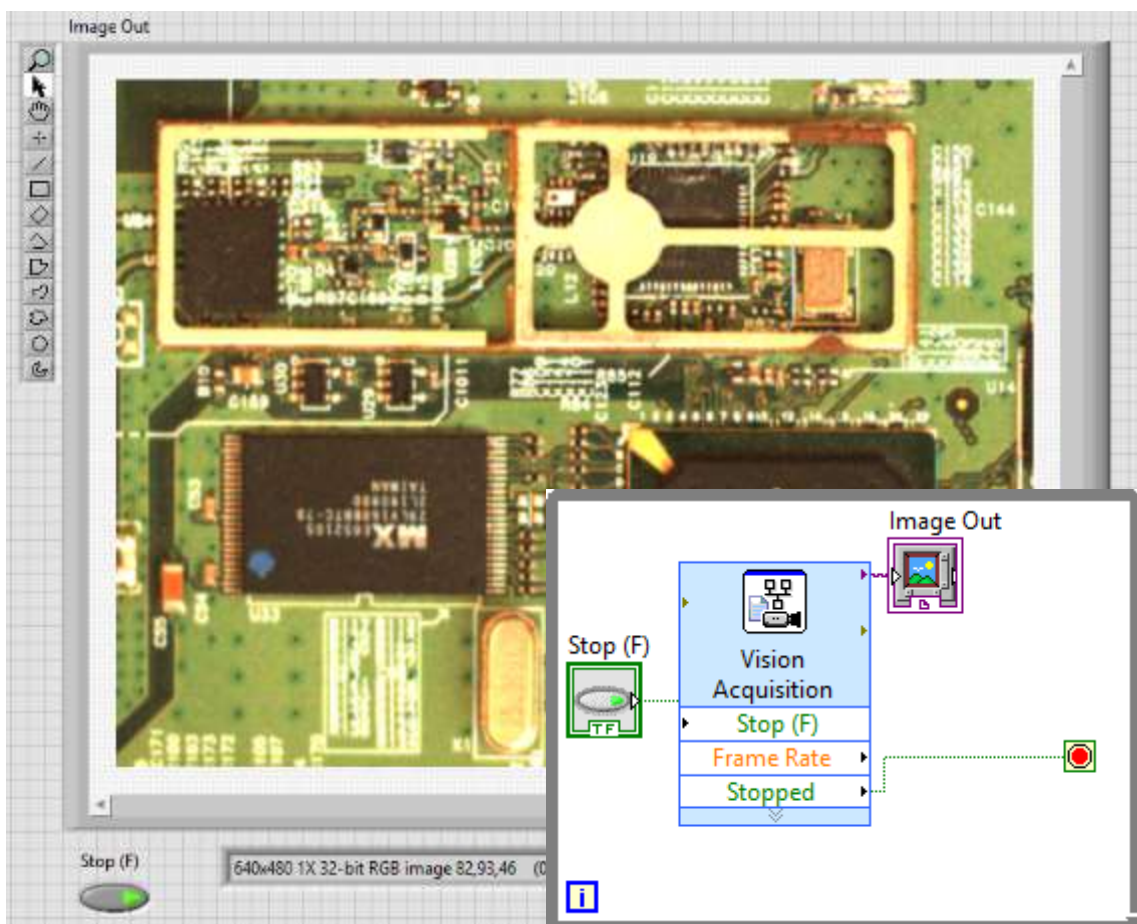
Az NI Vision Assistant program legfontosabb eszközét, ami gyorsá és hatékonyá teszi a munkát, a Tools menüpont alatt találhatjuk meg. A szkriptkészítő Create LabView VI menüpont futtatásához a Vision Development Module aktivizálása szükséges érvényes licenszkóddal. A vizuálisan beállított eljárást a .vascr fájlban menti el. Majd ez betölthető egy Blank VI programba és .vi fájlként menthető. Az átalakítás után megkapjuk a programkódot valamint a blokkdiagramot.

A képeken végzett manipulációk és műveletek leprogramozása idő és erőforrásigényes, a modulok közötti adatcserének kialakítása nagy energiaráfordítást igényel, ezért a fejlesztők úgy alakították ki, hogy hibamentesen generálható legyen a futtatható kód. A robusztus programfelépítés nagyméretű konfigurációs adat struktúrákat igényel - ez a képfeldolgozás nagy problémája. Adatfolyam, azaz mozgókép elemzése nem csak az alkalmazott szoftverektől, hanem a futtató számítógép hardverfelépítésétől is nagymértékben függ. (Bob Sherbert)

Az alternatív programok és szubrutinok részére C nyelvű kód is generálható a Create C code és a Create .NET Code formátumban, ami a C# és Visual Basic .NET Visual Studio 2005 vagy 2008-as verzióba könnyedén integrálható. (14. melléklet)

Az NI LabVIEW program dokumentációja alapján bármilyen kamera integrálható a rendszerbe, azonban az mvBlueFOX gyártójának honlapján található installáció leírása és fórum hozzászólások alapján nem sikerült a kamerát telepíteni. Önálló próbálkozással viszont a következő lépésekkel megoldódott ez a probléma. A LabView üres VI szerkesztőjében a Vision and Motion → Vision Express → Vision Acquisition ikont kell behúzni. Kiválasztani a helyi gépen streamelő kamerát (Localhost) → kiválasztani a Continuous Acquisition inline processing típusú adatátvitelt. A következő beállítási lehetőségek a fényerő, kontraszt, szín, fókusz és más képtulajdonságokra vonatkoznak. A select/control fülön be kell kapcsolni a frame rate kapcsolót, jóváhagyás után automatikusan elkészíti a csatoló interfészt.

17. ábra: A generált .VI program

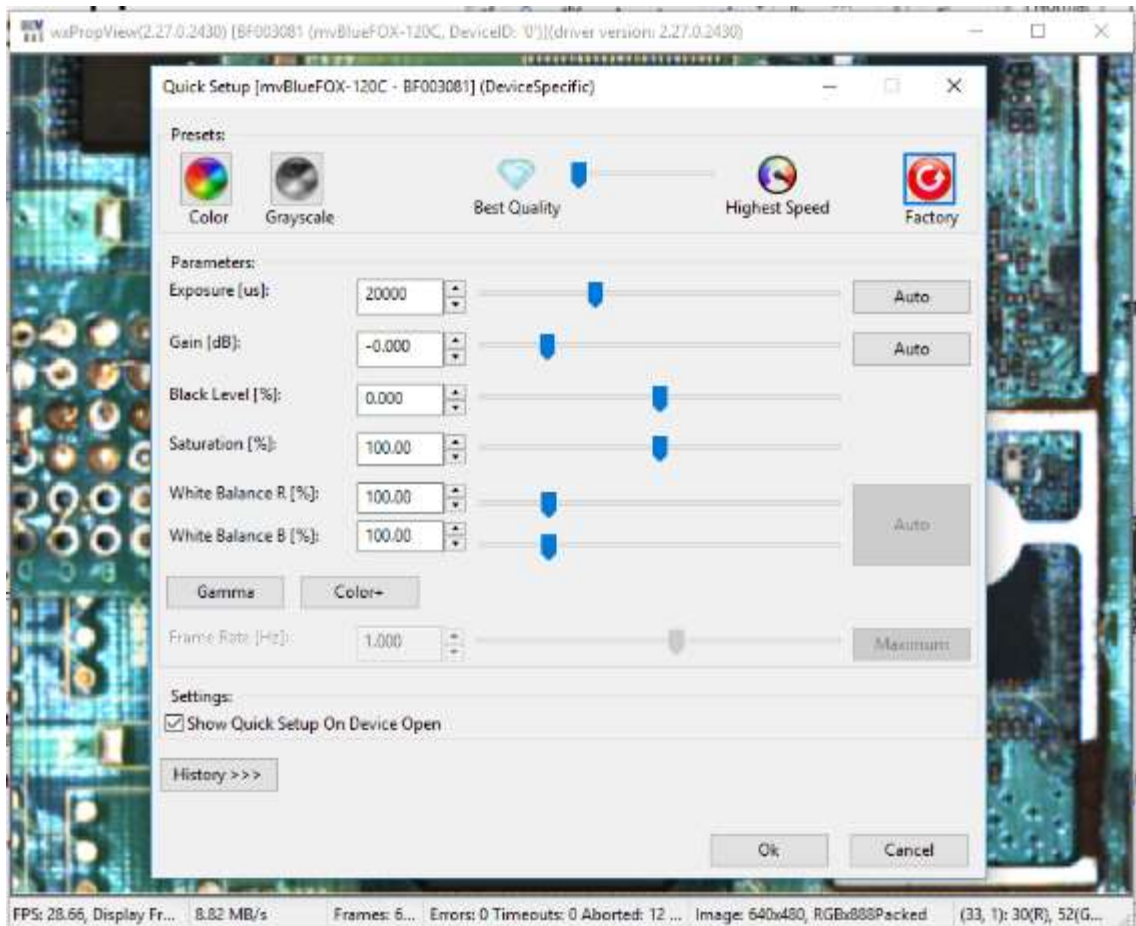


(saját képernyőkép)

5.4. A Matrix Vision szoftvere

A mvIMPACT Configuration Studio (mvIMPACT-CS) program kamera a német MATRIX VISION GmbH saját fejlesztésű szoftvere.

18. ábra: A WXPropView Quick Setup kezelőfelülete



(saját képernyőkép)

A program gyors beállítási funkciója a fekete-fehér vagy színes kamera használata alapján automatikusan beállítja a megjelenítendő képet, hogy az a lehető legjobb minőségű legyen. Természetesen az RGB kamera átkapcsolható szürkeárnyaltos üzemmódba, amivel a képfrissítési gyakoriságot növelni tudjuk és a képinformációk adatmennyiségét csökkenteni. Az állítható paraméterek a következők: az expozíciós idő mikro szekundumban, erősítési tényező decibelben, feketeszint és fényesség százalékos formában. Érdekes, hogy a fehéregyensúlyt csak a piros és a kék színcsatornán korrigálhatjuk. A Gamma gombbal történő átkapcsolás során a 10 bites gamma korrekciót

1,8-as értékre állítja be a jelfeldolgozó felé, erre akkor van szükség, ha szürkeárnyaltos képet használunk és szeretnénk az emberi szem számára természetesnek tűnő képet kapni. A Black Level szint változtatásával a sötétebb képrészek válnak láthatóvá. A szabályzási mód kevert, ezért digitális és analóg csatorna módosításával éri el a kívánt hatást. A szintelítettség változtatása során a képen elszíneződött látható részek színét nem módosítja, így eredeti színtónus vagy színárnyalat marad. A Frame Rate beállítás lehetőséget ad a mesterséges világítás esetén a fényforrás és a kamera stroboszkóp hatásának elkerülésére, amivel a keretfrekvenciát a hálózati frekvencia egészére osztja. Európában a képsebesség 100, 50, 25 és 12,5 fps az 50 Hz-es villamoshálózati frekvencia miatt, más országokban, ahol 60Hz-es a hálózat, ott 120, 60, 30 vagy 15 fps-t érdemes használni.

Az wxPropView programban kiválasztjuk a kívánt eszközt a Device ablakban és a Use bekapcsoló programmal aktivizáljuk. A User Experience lenyíló ablakban a három felhasználói szint valamelyikének beállításával a megjelenítendő adatok mennyiségét tudjuk beállítani. (15. melléklet)

Az Analysis menüpont használata nyújtja a képinformációs elemzések adatait. A Pixel Histogram fülön a pixelszámok és az intenzitásuk [0-255] alapján megmutatja, hogy mely világosságértékekből mennyi található a fotón. A 0 értékhez a fényérzékelési minimumhoz tartozó, a 255-höz a legvilágosabb képpontok tartalmazznak. Itt figyelhető meg a hisztogram kiegyenlítés, mint képtranszformáció. A világosság értékeit egyforma szintre hozzák, hogy a kevésbé kontrasztos vagy rossz megvilágítású kép minősége javuljon. A kontraszt széthúzás során a kép [0-255] tartományát a [48-208] tartományrészre ábrázoljuk, így élesebb képet kaphatunk, természetesen információ veszteséggel és csak világosság értéken végezhető /Y csatornán/. Az adatok kinyerése táblázatos formában is lehetséges .csv fájlformátumban a Numerical fülön. (16. melléklet)

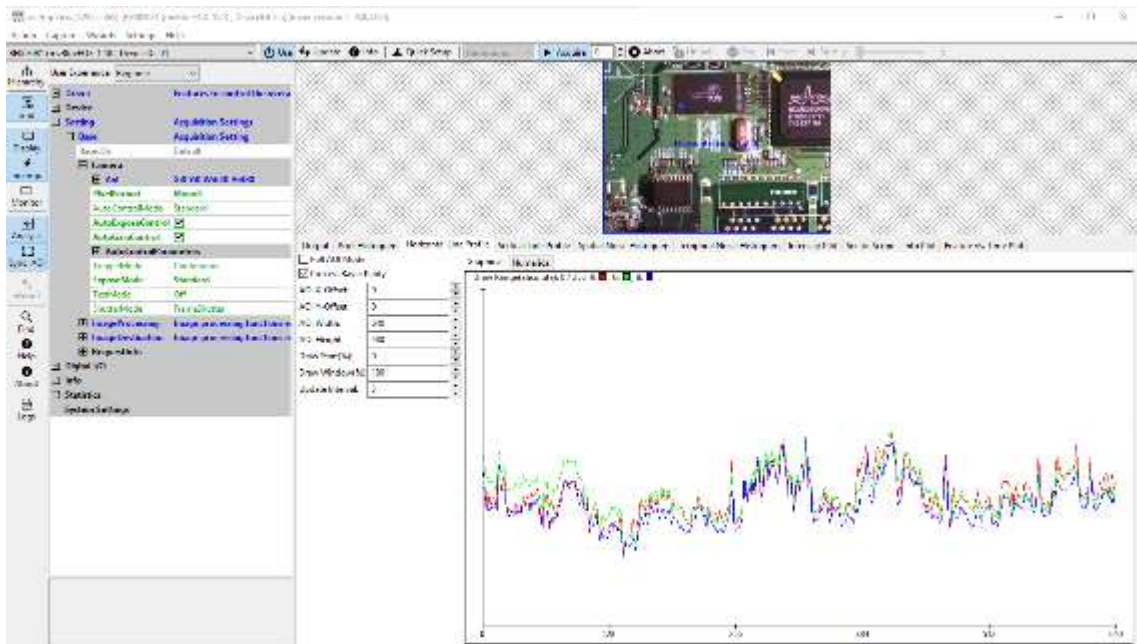
A Horizontal Line Profile és a Vertical Line Profile fülön a kép vízszintes és függőleges pixelszáma alapján kapjuk meg a kék, piros és zöld színek számát. Jelen esetünkben vízszintesen 640 és függőlegesen 480 képpont alapján. (17. melléklet)

Spatial Noise Histogram a térbeli zaj hisztogramja 256 biten ábrázolva, szemcsés kép esetén a pixelek szomszédjainak medián értékét figyelembe véve alkalmazható rá szűrő, így „impulzusok” nélküli lágy képet kapunk. Találó az angol megnevezése a fehér és fekete szemcsékre, mert só és bors zajnak hívják (S&P - "salt and pepper")

Temporal Noise Histogram az időbeli zaj mértéke, amely során egy meghatározott időtartományban vizsgálják a pixel értékeinek változását. Statikus képeknél ritkán alkalmazzák, de az önvezető autóknál a dinamikus képváltozásoknál, kitakaró szűrőként alkalmazzák a mozgó és nem mozgó tárgyak elkülönítésére. (18. melléklet)

Vector Scope alkalmazás gyökerei a színes televízió technikáig nyúlnak vissza, lehetőséget biztosított a PAL / Phase Alternating Line = fázist váltó sorok /, NTSC National Television System Committee = Nemzeti Televíziórendszer Bizottság/ és SECAM /Séquentiel couleur à memoire = egymás utáni sorok/ rendszereknél a színjel tartalom láthatóvá tételéhez. Itt a digitális technikában a Cb (Cb = kék színtkomponens aránya a zöld színtkomponenshez) és Cr (Cr = piros színtkomponens aránya a zöld színtkomponenshez) csatornákat veti össze. Az YCbCr formátum, szín-mintavételezési eljárás és 4:2:2 arányúak egymáshoz képest az Y (Y = világosság értéke), Cb és Cr komponensek. A fényességértékek (Y) jellemzően 8 biten, a színtkülönbségi jelek (Cb, Cr) 4-4 biten tárolhatók, így az egy képponthoz tartozó információtartalom összesen 2 Byte helyet foglal el. A melléklet felső képén az elektronikai alkatrészekkel beültetett panel vektorszóp ábrája látható, az alatta lévő képen 650 nanométeres vörös lézersugaras szintjelző vonallal került megvilágításra, amely a statikus eloszláson is jól láthatóvá vált. (19. melléklet és Matrix Vision, Manuals)

19. ábra: A WXPropView kezelőfelülete



(saját képernyőkép)

5.5. A mvIMPACT Acquire

Az mvIMPACT Acquire interface (API) 2.0 verziójával integrálható a kamera által küldött adatfolyam a C, C++; C# és Microsoft .NET környezetbe. A program fejlesztése SDK /Software Development Kit = szoftverfejlesztő készlet/ alkalmazásával történik, ami a fejlesztők számára készült. Lehetőséget ad egy adott program vagy platform szolgáltatásainak használatára és az adatformátumok egyesítésére. A fejlesztőkészletek a szükséges dokumentációkat, dinamikus könyvtárakat magukba foglalják. A kamera interfész programja zárt, függvénymeghívással és paraméter átadással vezérelhető. A kamerát triggerjellel vezérelni kell és az átadott formátum bitkép. A 32 bites és a 64 bites rendszerek közötti átjárás korlátozott, egyirányú. A 64 bites csomag tartalmazza a 32 bites felhasználó mód állományait és a 8 bites szűrkeskálás képfeldolgozás a .NET rendszerben már nem került beintegrálásra.

5.6. A megvilágítás

A fényforrás kiválasztása és a megvilágítás módja, valamint a kamera elhelyezése nagymértékben módosítja a képfelismerés lehetőségét. Az alkatrész körvonala elmosódhat vagy oldalirányú megvilágításnál az elektronikai elem által vetett árnyék megnehezíti a felismerést. A fény beesési szöge miatt árnyékolja az alkatrész meg nem világított részét, téves geometriai éldetektálás történik. Legcélravezetőbb megoldásnak tűnt, ha több irányból biztosítom a szükséges fényerőt, valamint a kamera és a fényforrás a lehetőleg legközelebb legyen egymáshoz és szórt fényt biztosítson. Csillogó alkatrész esetén polárszűrő alkalmazása ajánlott. (20. melléklet)

Két színű (piros és kék) megvilágítás esetén az egyik oldalról történő kék színű fény árnyékán az ellentétes oldali piros megvilágítás dominál. Az alapsíkból kiemelkedő testek magassága egyszerű módon a derékszögű háromszög matematikai tulajdonságai alapján meghatározható a vetett árnyék és a megvilágítás síktól eltérő szöge alapján, mert a szög tangense a szöggel szembeni oldal és a szög melletti oldal hányadosa.

$$\text{test magassága} = \text{tg}(\text{világítás és a sík bezárt szög}) * \text{árnyék szélessége}$$

A 640 soros felbontású Horizontal Line Profile grafikonon jól látszik a két megvilágítás által generált értékkülönbség. A gyakorlati megoldásnál maszkolni kell a környezetében lévő alkatrészeket, hogy a mérés a megfelelő helyen történjen. A mvBlueFOX kamera másodpercenként 104 képkocka detektálására és átvitelére képes. A képtér hossza 69 milliméter, így 7,18 méter/szekundum, azaz több mint 25 kilométer/órás sebességgel mozoghatnak a tárgyak a kamera látóterében, hogy megfelelő mérést tudjon végezni. Nem szükséges a palettákat szállító futószalagot megállítani a kép elkészítéséhez és analizálásához.

Az önvezető autóknál megoldandó probléma a nagy látószög és a standard Full HD és Ultra HD képfelbontás és a gépjármű sebessége kompromisszumos megoldásokat követel. A felbontás nem növelhető végtelen nagyságúra, több kamera képét kell feldolgozni, amelyek szegmentált látótér részeket közvetítenek, habár a párhuzamos, több processzoros feldolgozás képessége rendelkezésre áll, de nyomon kell követni az azonosított tárgyakat, hogy melyik képrészből lép át a másik szegmensképbe. (21. melléklet)

5.7. Az RGB LED megvilágítás hatása az eltérő színű alkatrészek esetében.

Ebben a fejezetben különféle tárgyak megvilágítására vonatkozó kísérleteimet szeretném bemutatni.

Jól látható, hogy nem megfelelő fényerő esetén nem csak a színcsatornák információi vesznek el, hanem a maga az alkatrész sem felismerhető, annak ellenére, hogy fizikai méretei meghaladják az 5x18 milliméteres méretet. A négy stiroflex polipropilén filmkondenzátor eltérő színű zöld, sárga, kék és fekete. Fehér és fekete alkatrészeknél a megvilágítás színe nem dominál, mert vagy elnyeli vagy visszaveri a fényt. A színes alkatrészek esetében, ha a megvilágítás színösszetevőjéből kihagyjuk az alkatrész színének megfelelő összetevőjét, „láthatatlanná” tudjuk tenni a mesterséges szem számára. A melléklet ábráin feltüntettem a színek változtatásával kapható felvételek minőségét és az alakfelismerhetőség változását. A hisztogramon jól látható a nyáklemez furatgalvanizált viáinak és a szélein lévő padeknek a detektálása. (22. és 23. mellékletek)

Fényes tükröződő felületek megvilágítására a kis sugárzási szögű és a kamera tengelyéhez közeli sugárzási szögben elhelyezett LED-ek nem alkalmasak, mert nagyon jól láthatóak a fényforrások, értékelhetetlenné teszik a képet. A fényérzékeny felület leggyakoribb anyaga üveg, ritkábban UV álló műanyag. Kialakításuknál törekednek, hogy antireflexiós tulajdonságokkal rendelkezzenek. A felületükön maratásos vagy homokszórt technológiával apró barázdákat vagy érdes felületeket hoznak létre, hogy a ferdén érkező napsugarakat kevésbé verje vissza. Ez azonban a határfok tekintetében nem lényeges kialakítási mód, hiszen a sima védőfelületével szemben alig van határfok különbsége. A felületi egyetlenség hosszú távon rontja a fényáteresztő képességét, mert lehetőséget biztosít a szennyeződés lerakódásához, ahol később moha vagy zuzmók családjába tartozó növények lelhetnek új otthonra. Természetesen az ultraviola fénytartományra érzékeny kamerákkal és a kamera tengelyével párhuzamosan megvilágított felület esetén a növények sötét foltként válnak láthatóvá, mert a növényi levelek UV fényelnyelő tulajdonságokkal rendelkeznek.

A növények nagy részének virága és termése a levelekkel ellentétben visszaveri az UV sugárzást, hogy az UV receptorokkal rendelkező állatok könnyebben megtalálhassák. Ezt a tulajdonságot az élelmiszeripari feldolgozásnál kihasználják a beérkező gyümölcsök és szennyező anyagok szétválogatásánál. (Természet világa és a 24. melléklet)

A tárgyak fényelnyelő képessége alapján egy napelem modul vizsgálata nem mindegy milyen színű fénnel történik, mert ugyanakkora fényerő mellett más világosságszinttel jelennek meg a különböző színek. A napelem az eltérő színű fénysugarakat másképp abszorbeálja, jól látható módon a vörös színt nyeli el legjobban, másodsorban a zöld színű fényt és legkevésbé a kék színt. Tehát a napcellák vizsgálatánál a felületi szennyeződések detektálására leginkább a kék fényt találtam legalkalmasabbnak. (25. és 26. melléklet)

Amikor egy lyukgalvanizált panelt világítottam meg 650 nanométeres lézer jelölő vonallal, csak a megvilágított sáv információt kaptam meg. A lézeres megvilágítás a felületen elhelyezett tárgyak magasságának megállapítására kiváló eszköz és pontossága a kamera felbontásától és elhelyezési távolságától függ, ami az objektívvel módosítható. Azonban a vezérsugaras jelölő vonal létrehozásának a legegyszerűbb módja, hogy egy forgó tükröt helyezünk el a lézernyalámban. A tükröt kivetíti a forgásirányára merőlegesen a lézerfoltot a környezetében lévő tárgyakra. Azonban létezik egy másik megoldás is, amely mechanikai elem nélkül végzi el ugyanezt a feladatot. 1986-ban Dr. Ian Powell alkotta meg, hogy a lencse henger alakú és tetején duplán csonkolt, azaz szimmetrikusan két hengerpata került levágásra a fedőlapjából az átlótól kezdve, így megtartva az egyenes tetővonalat. Hengerlencse és a prizma tulajdonságait egyesíti magában, de mivel a lézersugár egyik alapvető tulajdonsága, hogy azonos fázisú, hullámhosszú és koherens, a lézer által kibocsátott hullámok fázisa a sugár teljes keresztmetszetén ugyanolyan tulajdonságokat mutat, így nem tudja szétbontani összetevőire, mint a teljes színspektrumot tartalmazó fehér fényt. Az aszférikus görbe felületen belépő vékony lézersugarat egyenletesen megvilágított egyenes vonalra nyújtja, majd a vonal mentén újra elosztja a fényt, hogy csökkentse a fényerőt a középső területen, miközben összesűríti a fényt a vonal végén. Az eredmény egy nagyon egyenletesen megvilágított vonal. A létrehozott vékony lézerfénycsík fényereje a lézersugár Gauss eloszlásának megfelelően változik. (27. melléklet és Laserline Optics Canada)

5.7. A komplementer színű fény hatása

A kameraállvány elkészítésével és a három színnel történő megvilágítás lehetőségének kialakításával vizsgáltam a komplementer színpárok alapján történő megvilágítás hatását.

Komplementer színpároknak nevezzük azokat a színeket, amelyek keverékéből azonos intenzitás esetén semleges sötétszürke szín jön létre, ezért figyelembe kell venni a használt fény színspektrumát, ha színes kamerákat helyezünk el a rendszerben.

Ha a megvilágításnál egy színt távolítunk el a teljes spektrumból, akkor az eltávolított szín komplementer párja válik láthatóvá. A nagyobb kontrasztú kép eléréséhez kísérletezhetünk a megvilágítással, amit a három színű LED fényforrással megvalósíthatunk. (28. melléklet)

A következő alkatrészeket használtam a teszteléshez: a fekete színű QFP sirályszárnnyú integrált áramkört, a zöld színű felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosítékot /poly switch/, a barna színű SMD kerámia, a sárga színű SMD polimer és a fekete színű SMD polimer kondenzátort

A képek alapján megállapítható, hogy a fehér fénnel történő megvilágítás eredményezi az alkatrészek legjobb láthatóságát az alkatrész színétől függetlenül. (28-29. melléklet)

A hagyományos pontszerű megvilágításhoz először egy GE/Tungsrám kompakt spirál fénycsövet használtam /20W, 1152 lumen, 2700 K/ aminél a színhűséggel adódott probléma: a monitoron visszaadott színek nagymértékben eltértek a megvilágításnál szemmel látható színektől. (30. melléklet)

Másodszor egy LandLite halogén izzólámpát próbáltam ki /42 W, 570 lumen, 2800 K/, de itt az izzószálat körülvevő vastag kvarcüveg gyűjtőlencseként viselkedett és fényesebb foltok jelentek meg használatánál. (31. melléklet)

Harmadszor egy Philips Kryptone izzólámpánál /60 W, 680 lumen, 3400 K/ nagyon lágy és homogén megvilágítást figyelhettem meg, de Vector Scope ábrán jól látható a piros szín irányába történő elhajlás. (32. melléklet)

Utoljára egy IKEA Ryet LED fényforrást használtam /5W, 400 lumen, 2700 K/, nem várt módon elegendő fényerőt biztosított a képfelvevő számára. Homogén és színhű képvisszaadást eredményezett, amely oka a spektrumgrafikonon láthatóan szélesebb volt, mint az előző három világítótestnél. (33. melléklet)

5.8. Küszöbszint meghatározás, mérés

A megvilágítás szubjektív módon történő vizsgálata után a számítógépes fényfeldolgozás során keletkező adatokat elemzem. Célom a megvilágítás optimalizálásának elérése numerikus adatokkal.

A feladatot a GIMP 2.10 képszerkesztő programmal végeztem, binarizálással, amely egy olyan transzformáció, ahol egy küszöbértéket határozunk meg a pixelekhez tartozó maximális és minimális értéktartományon belül és a képpont értékét ehhez viszonyítjuk. Ha a küszöbérték felett helyezkedik el, akkor az értékét „1” -re, ha alatta, akkor „0”-ra módosítjuk. A kapott eredmény képpontjainak értéke csak kétféle lehet a transzformációs művelet után. A GIMP programban megtalálható a Színek menüpont, a Küszöbszint alkalmazás almenüjében. A binarizálási eljárás után fekete-fehér képet kaptam. A fehér és fekete képpontok számának meghatározásához a Színek / Információ / Hisztogram-export menüpontját használtam.

A binarizációs szint értékét szabályozva megkerestem azt az értéket, ahol az alkatrész és a hordozó panel legjobban elkülönül és csak az alkatrész dominál. A művelet után a fekete és fehér képpontok számát és a küszöbszint értékét táblázatban rögzítettem. A különböző módú megvilágítások küszöbszint értékét átlagoltam, hogy egy viszonyszámot képezzek, amivel szemléltethetem, hogy mekkora eltérést okozna, ha nem történne meg az optimalizálás az alkatrészekre. A fekete és fehér képpontok eloszlását százalékosan feltüntettem, amivel láthatóvá vált, hogy a két érték között minél nagyobb az eltérés, annál jobban elkülönül a háttér és a megfigyelt tárgy. Természetesen az optimális küszöbszint beállításnál minden esetben arra kellett törekednem, hogy a tárgy körvonalai alapján felismerhető legyen az alkatrész. Az optimális küszöbszint átlag értékénél végzett binarizáció minél távolabb esett az optimális binarizáció értékétől, annál kisebb lett a fekete és fehér képpontok megoszlásának aránya és így a gépi felismerhetőség nehezebbé vagy lehetetlenné vált.

A QFP sirályszárnyú integrált áramkör fekete színe jól elkülönül az alaplap zöld színétől. Fehér fénnel történő megvilágítás esetén az optimális küszöbszint az átlag körül alakult. Amikor csak egyszínű fényt használtam: zöldet vagy kéket, jól elkülöníthetővé vált az integrált áramkör sziluettje, piros fény használata során negatív képet kaptam, szintén jól felismerhető módon. A legjobban differenciált képet a kék megvilágításnál kaptam, itt volt a legnagyobb különbség a fekete és fehér képpontok száma között. Színcsatornák szerinti küszöbszint beállításnál látni lehet, hogy az izzószálas fényforrásoknál a

legkevesebb a zöld szín. Ellenben a kompakt fénycsőnél és a LED lámpáknál szinte a teljes színspektrumot átfogják, mert színcsatornánként az átlagos érték körül van a beállított szint. Piros, kék és zöld LED-es megvilágítás esetén az azonos színű színcsatorna értéke dominál, azaz itt válik legjobban láthatóvá az alkatrész. (34-35. melléklet)

Az SMD kerámia kondenzátor a szélességéhez képest magas, így amikor izzószálas vagy kompakt fénycsőes megvilágításnál árnyékot vetett, az felismerhetetlenné tette az alkatrészt. A LED-es megvilágítások eredményezték a legjobb felismerést a fekete-fehér pixelszám alapján. (36-37. melléklet)

Az SMD polimer kondenzátornál nem csak a magasság jelentett akadályt, hanem a szíkontraszt is. Az alkatrész túl világos volt az alaplaphoz képest, ezért itt negatív kép esetén ismerhettem fel a körvonalakat. LED-es fehér és kék szín használata eredményezte a legjobb eredményt, a többi megvilágításnál a legmagasabb értékre kellett állítani a küszöbszintet a felismerhetőséghez. (38-39. melléklet)

A felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/ zöld színe megegyezett az alaplappal színével. A kompakt fénycső, LED lámpa és a piros LED-es megvilágítás eredményezte a legjobb láthatóságot. (40-41. melléklet)

SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor világosbarna fényes felületével nagy kontrasztot képezett a lakkozott alaplappal. A LED-es megvilágítások használata eredményezte a legjobb felismerhetőséget. (42-43. melléklet)

Az általam vizsgált megvilágítási technikák közül a LED-es megvilágítás volt a legjobb módszer a felismerhetőség szempontjából, ezért külön csoportba foglaltam és grafikonon ábrázoltam az optimális megvilágítási szinteket. Így látható, hogy mindegyik alkatrész más és más küszöbszint beállítást igényel, amit a méretek és a színek befolyásolnak. Több alkatrész egyszerre történő vizsgálata esetén célszerű 3x3-as mátrixot létrehozni a piros, kék és zöld megvilágításhoz és a kamera három színcsatornájához. Ezzel kiküszöbölhető az alkatrészek változatossága miatti felismerési lehetőség, amit az átlagos optimális küszöbszinttel történő vizsgálat mutatott meg. (44. melléklet)

A háromszínű LED-es megvilágítás és a színcsatornák közötti összefüggés vizsgálatánál a piros színű megvilágítás jól elválik, azonban a kék és zöld csatorna az általam vásárolt LED szalagnál nem különül el teljes mértékben: a kiválasztott szín dominál, s ez arra vezethető vissza, hogy ez nem professzionális fényforrás. A kísérletek elvégzéséhez megfelelő volt, de a mérési hibák visszavezethetők a színhűség hiányára. (45-47. melléklet)

6. AZ AUTOMATIKUS OPTIKAI VIZSGÁLAT

Az AIO / Automated Optical Inspection / mint az ipari felületellenőrzés, különösen a hibadetektálás fontos alkalmazási területe az automatikus képfeldolgozásnak. A rendelkezésre álló szoftverrendszerek tervezéséhez és konfigurálásához gyártóspecifikus egyedi megoldásokat használnak. A szabványos képfeldolgozó algoritmusokat használják, amik általában szűrők és küszöbérték kezelők, de egyedi mintakönyvtárak alapján végzik a mintaillesztéseket. Az alkalmazások vizuális programozási környezetben szabhatók a feladatok elvégzésére, de a képfeldolgozási alapismeretek szükségesek a megfelelő megoldások kiválasztásához. A különböző osztályozási és értékelési módszerek rugalmas és hatékony kezelési lehetőséget biztosítanak. A textúraelemzés hagyományos módszereinek optimalizált alkalmazása általában jobb megoldásokat eredményez, mint a szabványos értékek használata vagy az éppen vizuálisan látható értékek paraméterezésének használata. A gyártásban történő képfeldolgozás vizuális rendszerével történő automatikus ellenőrzés döntő előnyöket biztosít a manuális, szubjektív emberi teszteléshez képest. Ezeknek a vizuális ellenőrzési rendszereknek az a célja, hogy minden egyes vizsgálati objektum racionális, objektív és meghatározható időegység alatt történjen, azaz 100%-os ellenőrzést biztosítson a termelési folyamatban, költséghatékonyabbá váljon.

Az elektronikai áramköröket leggyakrabban egy üvegszál-erősítésű epoxygyantás lemezre építik, amely felületén maratással huzalozást alakítanak ki a ráragasztott rézfóliából. Az alkatrészek méretének csökkentésével nagyobb alkatrész sűrűséget érhetnek el, de ez a technológia megváltoztatta az alkatrészek rögzítésének és a kontaktusok kialakításának módját. A felületszerelt alkatrészeket a nyomtatott áramkört lemez felületén rögzítik ragasztással, olyan módon, hogy az alkatrészeken kialakított kontaktusok (kivezetők) vagy lábak a rézfóliából kialakított pad-ekre kerüljenek. A kontaktok létrehozására két módszert alkalmaznak: a forraszpasztás esetben stencilnyomtatással viszik fel a gél állagú forraszanyagot az alkatrészek elhelyezése előtt és az alkatrészek elhelyezése után a forrasztókemencékben melegítik fel a forraszanyag megolvadási hőmérsékletére. A másik módszer az, hogy a beültetett alkatrészes nyomtatott áramkört lemezt hullámforrasz fürdőn vezetik keresztül, ahol az oxidáció elkerülése miatt általában nitrogén védőgázt alkalmaznak. A szelektív hullámforrasznál a nyomtatott áramkört lap egy meghatározott területén alkalmazzák ezt a technológiát. A

technológia alkalmazása során két fő hibacsoportot különböztethetünk meg: egyrészt az alkatrész beültetésekor keletkező hibákat (kimarad vagy nem megfelelő értékű elem kerül elhelyezésre). A másik csoportba a forrasztás közben keletkező hibákat soroljuk, ugyanis a hő hatására a rögzítő ragasztó elengedhet és leesik vagy a folyékony forrasztóanyag viszkozitási tulajdonságai miatt elmozdul az alkatrész, ilyen esetben ferde irányban elhúzódik vagy egyik oldala felemelkedik, amit sárga effektusnak nevezünk. A forrasztási művelet közben és a végén is szükséges a termék ellenőrzése. A vizuális ellenőrzésen kívül a legrégebbi ellenőrzési mód az áramköri elektromos bemérés, ahol az áramköri kialakításhoz illeszkedő „tűágyat” alakítanak ki. A tűágyat pozícionálva rányomják a beültetett panel felületére és a tűk kivezetési pontjain méréseket végeznek. Hátránya, hogy csak a készterméket vizsgálhatjuk meg vele és tervezése és gyártása az egyedi kivitel miatt költséges.

Korábban a panelen kialakított forrasztások megfelelőségét csak vizuálisan ellenőrizték, és a szubjektív döntéshozatal és a monotonitás miatt hamar fáradó minőségellenőrök sok esetben nem vették észre a hibákat.

Az optikai egységek és a számítástechnikai adatfeldolgozás teljesítménynövekedése hátrébe szorította a manuális termékellenőrzést és lehetőséget biztosított a folyamat automatizálására.

A gépesített minőségellenőrzés lehetővé tette a többlépcsős ellenőrzést a gyártási folyamat közben, amivel nagymértékben csökkenthető volt a selejtes termékek száma, mivel a folyamatba kerülő hibás műveletet detektálta, így a következő munkaállomás előtt már kiemelték a gyártási sorból. A megbízható és gyors hibafelismerés segítette az automatikus optikai vizsgálathoz szükséges berendezések elterjedését. Az AIO eszközök a termékről készült képek alapján vizsgálják a geometriai eltéréseket. (Elektronet, 2009. október)

Az AIO berendezések első vizsgálati pontja a stencil-eljárással felvitt forrasztóanyag mennyiségének ellenőrzése, mert a kevés mennyiség nem eredményez megfelelő kötést a túl sok a vezetősávok zárhatósá válását okozhatja. A forrasztóanyag 2 dimenziós koordináta-rendszerben színeltérés alapján állapították meg, az ólommentes forrasztóanyag színe szürke és matt a pad színe sárgás árnyalatú vagy fényes ezüstszerű. A felvitt mennyiséget a pasztavastagság alapján lehet megállapítani, ehhez lézersugaras vagy kis sugárzás szögű oldalirányú megvilágítást alkalmaznak. Ezt a módszert a dolgozatomban 5.6. pontjában vizsgáltam.

Amennyiben a NYÁK lemezen lévő paszta hiánytalan és megfelelő vastagságú, akkor továbbküldésre kerül az alkatrész beültető automatához, amely a passzív és aktív alkatrészeket elhelyezi a felületen és szárító kemencében rögzíti a felvitt ragasztóréteg segítségével. A következő optikai ellenőrzés során az alkatrészhiányok, padokon történő elhelyezkedés és a polaritáshelyesség kerül vizsgálatra éldetektálás módszerével. Ezt követően a végső munkafázis részhez érkezik, a forrasztáshoz. Mivel forrasztás technikát alkalmaznak, az elektromos vezetést biztosító kötőanyagot forraszkemencében futtatják fel. A hőkezelés után az alkatrészek kivezetésére felfutott forrasztóanyag vizsgálata és alkatrészek számának ellenőrzése következik. A forrasztóanyagok olvadáspontjuk elérése után a nedvesítő flux hatására felfutnak az alkatrészek kivezetésére és jellegzetes ívesen görbült felületeket hoznak létre, ezt meniszkusznak nevezzük. A meniszkuszok röntgenfelvétellel vizsgálhatók legpontosabban, de az optikai rendszerek az ívelt felület fényszórása alapján szintén alkalmasak az ellenőrzésre. (Elektronet, 2009. november)

Az automatikus optikai vizsgálat során minta összehasonlítás történik, amit a vezérlő és feldolgozó számítógép végez el. Minden egyes mérés eredményét eltárolják úgy, hogy a későbbiek során a készült kép és az alkatrész párosítható legyen, ezért a panelon egyedi azonosításra alkalmas vonalkódot vagy QR kódot helyeznek el. A vizsgáló berendezésben több kamerát helyeznek el, amelyek merőlegesen vagy oldalirányba helyezkedhetnek el. Nagyon fontos a megfelelő objektívek használata, hogy a lehető legjobb minőségű fényképet kapjuk és a látótér kitöltés illeszkedjen a vizsgált termék méretéhez. (Elektronet, 2009. december)

Az AIO berendezéseket SMT alkatrész beültető és forrasztó sorokon alkalmazzák és a kamera lineáris mozgást végez a félkész termék felett, működése a síkágys szkenneréhez hasonló. Sebességük eléri a 10-12 méter/szekundumot. A gyorsaság miatt fontos a kamerák felbontási képessége és az árnyékmentes megvilágítás, azonban a hibafelderítési eredményessége sosem lesz teljes mértékű. Oka, hogy a képfeldolgozási módszerek során változó paramétereket nem lehet szabályozni. Hibadetektálás esetén a folyamatmérnök vagy az operátor értesítése a feladata. A problémát a rendszer nem tudja elhárítani, csak a hiba lokalizációjában nyújt segítséget, mindenképpen emberi beavatkozás szükséges. (Elektronet, 2010. április)

Az automatikus optikai ellenőrző berendezés alkalmazásának előnye, hogy hibadetektálás esetén a gyártási folyamat megszakításával elkerülhetjük a termékek selejtsorozatának legyártását. A hatékony működés érdekében, hogy ne csak tárgyfelületi

információkkal rendelkezünk, a rendszer kombinálható röntgensugaras vizsgálóberendezéssel, így háromdimenziós kép áll rendelkezésünkre. Az eddig nem látható részek, mint a BGA tokozású alkatrészek forraszgolyóinak szétterülése és a furatkitöltés mennyisége ezáltal láthatóvá válik. (Elektronet, 2010. május)

ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozatom célja volt, hogy a mai világban egyre terjedő automatizálási folyamatok egyik fontos megoldandó problémájával foglalkozzak. Egyre nagyobb szerepet töltenek be életünkben a robotok, amelyek digitális programok alapján működnek. Fejlődésükhöz elengedhetetlen, hogy környezetükből visszacsatoló információt nyerjenek és ezzel magas szintű automatizálási célt érjenek el. A robotokkal az emberek munkáját kívánjuk helyettesíteni, ezért a saját képességeinkkel szeretnénk, hogy rendelkezzenek. A hő, hang és nyomásérzékelés megoldott jelenleg, de az ember számára legtöbb információt nyújtó látási képesség és ezzel együtt a képi információ feldolgozásának megvalósítása még sok kutatást és fejlesztést igényel.

Jelenleg a legelterjedtebb felhasználási terület műszaki területen a minőség-ellenőrzés, orvosi területen a képalkotó diagnosztikai berendezések által szolgáltatott képek előfeldolgozása, a biztonságtechnika területén a személyfelismerés és keresés. Az ipari célú felhasználás során mérési, pozicionálási feladatok megvalósítását teszik lehetővé, így nagyobb összetettségű feladatok hajthatók végre és növelik a termelékenységet és a termékek megbízhatóságát.

Életünk része a mozgás, eljutni „A” pontból „B” pontba, gyorsan és biztonságosan. Már most forradalmasítják a közlekedést az önvezető autók, bár emberi ellenőrzést még igényelnek. Ismereteimmel részt kívánok venni az új műszaki ág fejlesztésében, hogy előnyeit élvezni tudjam. Az élethosszig tartó tanulás a kitolódó nyugdíjkorhatár miatt egyre nagyobb jelentőséggel bír és a munkavállalók tevékenységét megkönnyítő robotok elterjedése maga után vonja, hogy ezeket a gépeket karbantartani, javítani szükséges. Az Ipar 4.0 fogalma az ipari termelés új folyamati formáját jelenti, ami a kiterjedt, sokrétű adatkommunikációra és a hálózatos működésre épül. Hatékony adatgyűjtést és információfeldolgozást igényel, amely létrehozásához új ismeretek megszerzése szükséges.

Távolabbi terveim között szerepel a sztereó látás megoldásának lehetősége egy kamerával, valamint annak megvalósíthatóságát is meg szeretném vizsgálni, ha ugyan egy kamera áll rendelkezésre, de a tárgyak két irányból kerülnek megvilágításra eltérő színű lézerefénnyel.

Szakedolgozatom készítése közben ismertem meg a gépi látás korlátait és a megoldandó problémák kapcsán felmerült megoldások és műveletek megvalósításának technikai

akadályait. A látszólag egyszerű feladatok, mint a vonalfelismerés és körvonalkeresés, ami egy óvodás korú gyermeknek könnyed, addig egy gép számára bonyolult feladat. Minél összetettebb képességekkel ruházzuk fel az informatikai eszközöket, annál nagyobb a hibázás lehetősége. Jelenleg a legbonyolultabb látórendszerek az önvezető gépjárművekben kapnak helyet és nem lehet összehasonlítani a légi járművek szintén bonyolult rendszerével. A légtérben kisebb a forgalom és a repülési magasság megváltoztathatósága még egy dimenziót biztosít az egymás akadályoztatásának csökkentése érdekében. Az önvezető gépjárművek nem csak maguk mozognak, de környezetük is állandóan változik a forgalomban résztvevő többi gépjárműtől, ezzel jelentős terhet ró a képfeldolgozó számítógépekre.

Szakmai gyakorlatom során szereztem tudomást arról, hogy az optikai hulladékválogató berendezések piacát fél tucat cég termékei fedik le és csak zárt rendszereket forgalmaznak. Alapvetően infravörös tartományra érzékeny kamerákat használnak, amelyek a különböző típusú műanyagok szétválogatását teszik lehetővé mechanikus vagy pneumatikus úton. Jelenleg is jelentős problémát okoz a hulladékkezelés az emberek számára elhelyezés és újrahasznosítás területén. A termelő cégek nincsenek rákényszerítve az újrahasznosított alapanyagok beszerzésére, mert még viszonylag olcsón tudnak hozzáférni a természeti erőforrásokból kinyert alapanyagokhoz. Amennyiben az erőforrások kimerülnek, előtérbe kerül az újrahasznosított alapanyagok felhasználása. Jelentős értékeket lehet kimenteni a most feltöltött szemétkukák helyekről, ehhez a legolcsóbb megoldást a vizuális szemétszétválogatás biztosítja majd. A megszerzett lézertechnológiai ismeretek alapján, lehetőséget látok abban, hogy kifejlesztésre kerüljön egy olyan eszköz, amely hatékonyabban ismeri fel a tárgyak anyagát. Elképzelésem szerint egy rövid impulzusú, de nagy energiasűrűségű lézersugárral célozzuk meg az optikai rendszer által, éldetektálással felismert tárgyat. A felületen történő elnyelődés során keletkezett fényjelenséget vagy füstöt széles színspektrummal rendelkező kamerával elemezhetjük, így több információt nyerhetünk az összetételéről.

Megvalósíthatóság esetén az „Ő találta fel az aranybányát” magyar közmondás pozitív jelentésre tenne szert.

Az érintésmentes érzékelők közül a legtöbb és legbonyolultabb információt a képek szolgáltatják, feldolgozásukra több eljárás létezik, de komplex eljárás nincs és nem helyettesíthetik az emberi látást, csak segíteni hivatottak.

„Egy kép többet ér, mint ezer szó.” (Arthur Brisbane, 1911.)

SUMMARY

The aim of my thesis was to address one of the most important problems in today's automation process. Robots based on digital programs are increasingly involved in our lives. For their development, it is essential to gather information from their environment and by this, they can achieve a high level of automation. With them, we want to replace human work, so we have to give them our capabilities. Heat, sound and pressure sensing is solved at present, but visual ability, which provides the most information for humans, requires a lot of research and development.

Currently, the most common usage of this in the technical field is quality-control, preprocessing of images taken by medical imaging devices in the medical field and person-recognition in safety technology field. During industrial application they are used for measurement and positioning tasks, so more complex tasks can be executed and they can increase productivity and the reliability of the products.

Movement is part of our life, getting from point A to point B quickly and safely. They are already revolutionizing self-driving cars, but these vehicles still need human supervision. With my knowledge, I would like to take part in the development of this new technological field to enjoy its benefits. Lifelong learning becomes more and more important because of the retirement age prolongation and the spread of robots facilitating the employees' involvement implies that these machines need to be maintained and improved. Industry 4.0 is a new process of industrial production, based on extensive, diverse data communications and networking. It requires efficient data collection and information processing, which requires the acquisition of new knowledge.

My distant plans include the possibility of solving stereoscopic vision with one camera furthermore I also would like to examine the feasibility of this with one camera, but the objects are illuminated from two different directions with different colour laser lights.

"Use a picture. It's worth a thousand words." (Arthur Brisbane, 1911.)

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Dr. Janóczki Mihálynak, aki előadásaival és érdekes problémák felvetésével, majd azok magyarázatával rávilágított környezetünk megszokott, de érdekes tulajdonságaira. Teljes mértékben igazzá tette a ne csak nézz, láss is közmondást és vállalta szakdolgozatom témavezetői szerepét és építő jellegű tanácsival, észrevételeivel valamint szakmai tapasztalataival felügyelte és segítette munkámat.

Tatabánya, 2018. november 24.

Márton József János

IRODALOMJEGYZÉK

Arató András: Világítástechnika

2003.<http://mek.oszk.hu/00500/00572/html/viltech1.htm>

Bevezetés az emberi látásba, BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, VIK,
letöltés dátuma: 2018.09.16. (TMIT-BME),

http://alpha.tmit.bme.hu/speech/docs/education/kongitiv_kontraszterzekenyseg.pdf

BME MOGI Cornet, letöltés dátuma: 2018.11.03.,

<http://mogi.bme.hu/?p=resdev&c=cornet&lang=hu>

Bob Sherbert, letöltés dátuma: 2018.11.07.

<http://www.pages.drexel.edu/~rs429/dasl/va2vi/>

Budai Attila - A számítógépes grafika LSI Budapest, 1999. Virtech Labs letöltés

dátuma: 2018.06.10. <https://gepilatas.wordpress.com/page/3/>

Cambridge in colour, letöltés dátuma 2018.11.13.

<https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-sensors.htm>

CCD sensor, Stemmer Imaging, letöltés dátuma: 2018.09.16. <https://www.stemmer-imaging.co.uk/en/knowledge-base/ccd/>

CD sensor, Stemmer Imaging, letöltés dátuma: 2018.09.16. <https://www.stemmer-imaging.co.uk/en/knowledge-base/cmos/>

Charge Coupled Device, NOKIA Bell Labs, letöltés dátuma: 2018.09.16. (NOKIA Bell Labs) <https://www.bell-labs.com/about/history-bell-labs/stories-changed-world/charge-coupled-device/>

Dichroic Prism, letöltés dátuma 2018.11.13.

<https://www.tested.com/forums/makers/452324-show-us-what-youve-made/?p=10>

Dienes Barnabás (1977) MOM A fotovoltaiikus PIN fotodiódák hibái, letöltés dátuma:

2018.09.16. http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1977/10/1977_10_06.PDF

Dr. Ábrahám György, Dr. Kovács Gábor, Dr. Antal Ákos, Németh Zoltán, Veres Ádám
László (2014) Jármű optika, Digitális Tankönyvtár. Letöltés dátuma: 2018. 09.16,

https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2011-0042_jamu_optika/index.html

Elektronet XIX. évfolyam 3. szám, 2010. április

Elektronet XIX. évfolyam 4. szám, 2010. május

Elektronet XVIII. évfolyam 6. szám, 2009. október

Elektronet XVIII. évfolyam 7. szám, 2009. november

Elektronet XVIII. évfolyam 8. szám, 2009. december

Fotótechnika története, letöltés dátuma 2018.11.13.
http://mek.oszk.hu/09600/09694/html/fototech_tort.html

GigE-Gépi látás, letöltés dátuma: 2018.11.03. <https://gepilatas.wordpress.com/tag/gige/>

Laserline Optics Canada, letöltés dátuma: 2018.11.07.
https://www.laserlineoptics.com/powell_primer.html

Mátrix Vision letöltés dátuma: 2018.06.10. <https://www.matrix-vision.com/USB2.0-single-board-camera-with-housing-mvBlueFOX-igc.html>

Matrix Vision, Manuals, letöltés dátuma: 2018.11.07. https://www.matrix-vision.com/manuals/mvBlueFOX/GUI_page_0.html#GUI_subsubsection_mvPropView_work_with_first_view

Meiji Techno Co., letöltés dátuma 2018.11.13.
http://meijitechno.com/meiji_old/instructions/camera_mounts.htm

Múlt-kor történelmi magazin, letöltés dátuma 2018.11.13, <https://mult-kor.hu/hiaba-keszितette-el-a-vilag-első-fényképet-másfél-évszázadra-megfeledeztek-rola-20160307>

MVTec Software GmbH – Halcon, letöltés dátuma 2018.11.10.
<https://www.mvtec.com/products/halcon/work-with-halcon/hdevelop/>

MVTec Software GmbH – Merlic, letöltés dátuma 2018.11.10.
<https://www.mvtec.com/products/merlic/>

NeuroCheck GmbH, letöltés dátuma:2018.11.10.
<https://www.neurocheck.com/software/neurocheck-software/>

NI LabView Vision Assistant – mvBlueFOX , letöltés dátuma: 2018.11.07.
<https://forums.ni.com/t5/Machine-Vision/vision-assistant-and-mvBlueFOX-on-x64-windows-DirectShow-driver/td-p/1280532>

NI LabView, letöltés dátuma: 2018.06.10 <http://www.ni.com/pdf/manuals/371007b.pdf>
Csánky Lajos - Multimédia PC-s környezetben LSI Budapest, 2000

NI LabView, letöltés dátuma: 2018.11.01.
ftp://ftp.ni.com/pub/branches/ee/news_release_archive/hu/2007/nagyteljesitmenyu_intelligens_kameracsad.pdf

Oktel Elektronikai Kft. letöltés dátuma: 2018.09.16.
<http://oktel.hu/szolgaltatas/kamerarendszer/kamerak/ccd-es-cmos-erzekelok/>

Sánta Imre (2012) Optika és látórendszerek, Digitális Tankönyvtár. letöltés dátuma: 2018.09.16, https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_45_optika_es_latorendszerek/ch04s02.html

SICK AG, letöltés dátuma: 2018.11.01. <https://www.sick.com/ag/en/>

Siemens AG , letöltés dátuma: 2018.11.01.
<https://w5.siemens.com/web/hu/hu/diviziok/ipar/iadttermekmegoldasok/automatizalasirendszerek/pages/simaticplc.aspx>

Természet világa, letöltés dátuma: 2018.11.07.
<http://www.termeszetvilaga.hu/tv9704/uv.html>

Texas Instruments, letöltés dátuma 2018.11.13.
<http://www.ti.com/corp/docs/kilbyctr/jackbuilt.shtml#>

Ukiva, letöltés dátuma: 2018.11.07. <http://www.ukiva.org/pdf/phonex/old/Photonex-2012-Alrad-Presentation.pdf>

1. melléklet

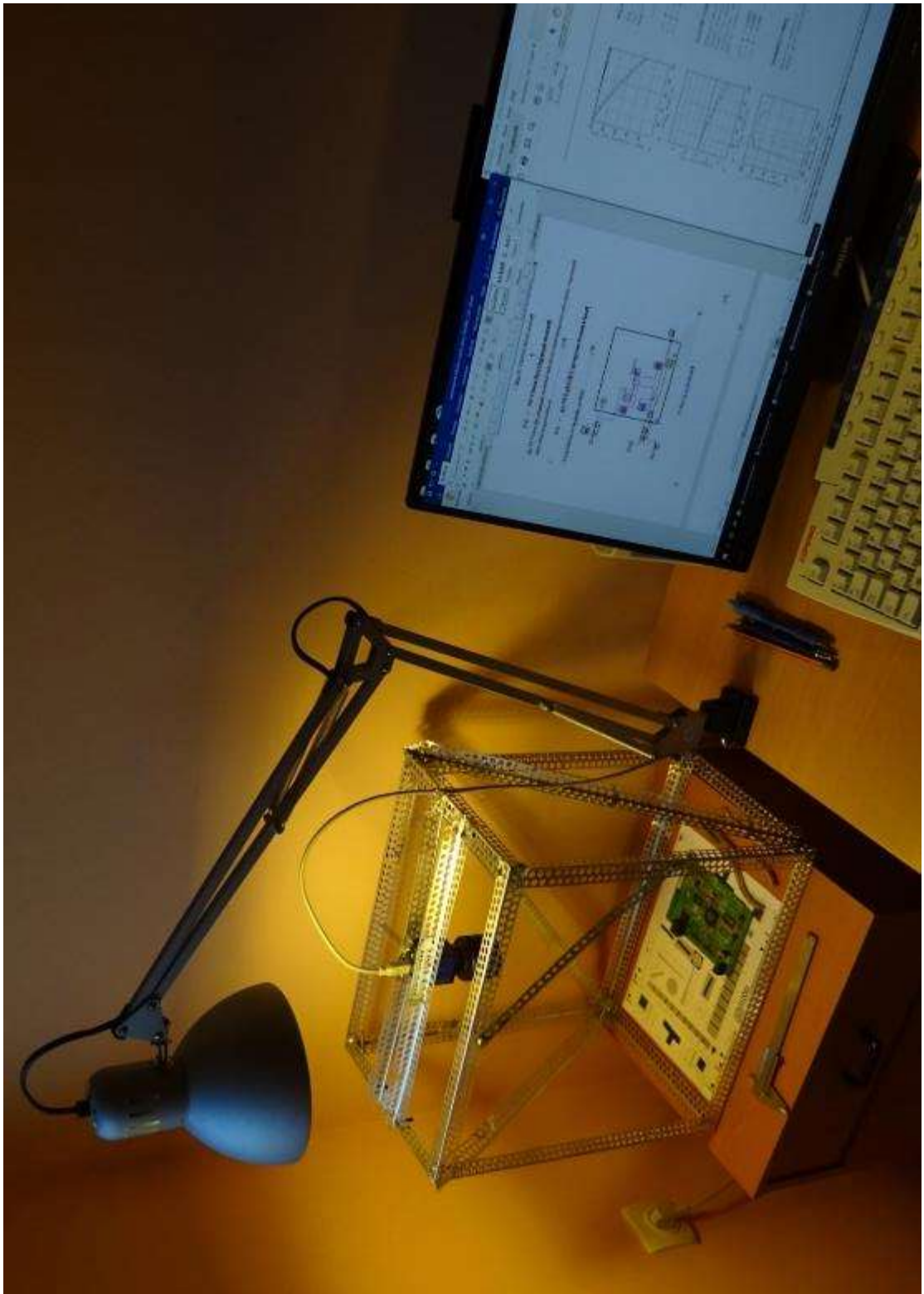
A kameratartó szerkezet és a megvilágítás



(saját kép)

2. melléklet

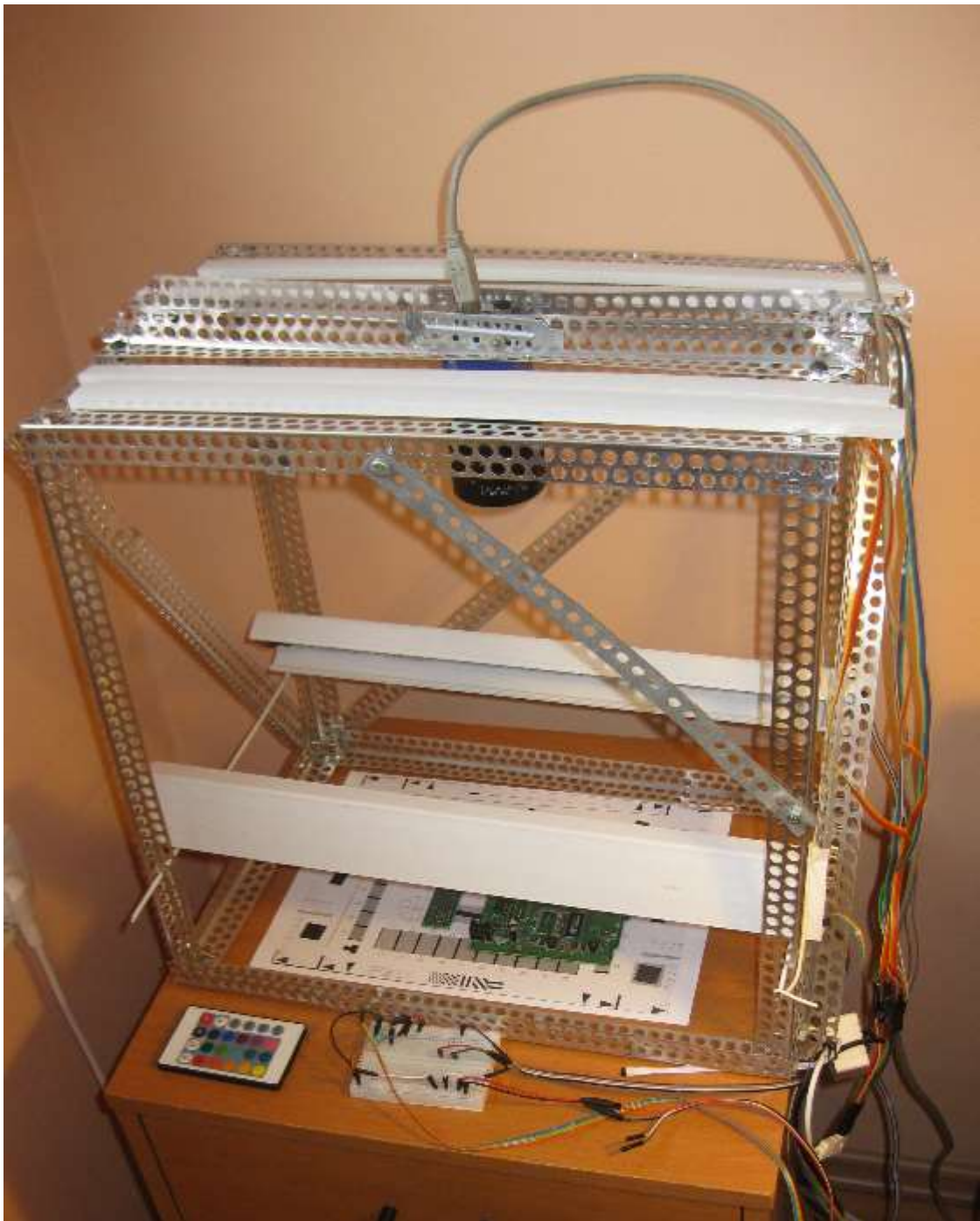
A munkakörnyezet



(saját kép)

3. melléklet

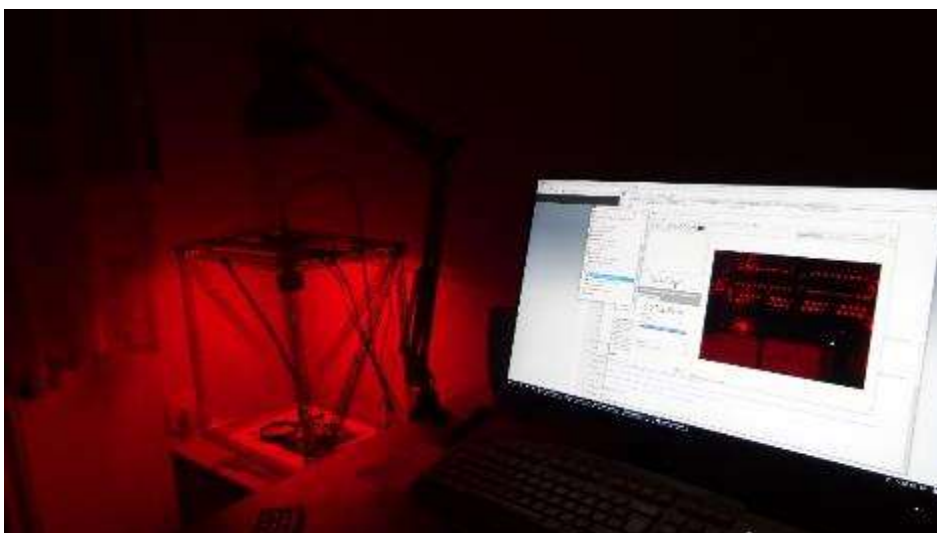
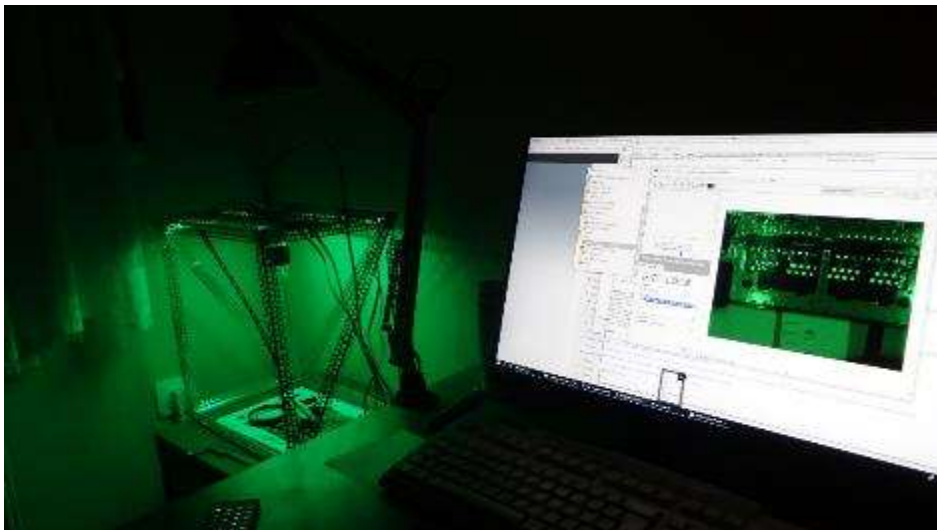
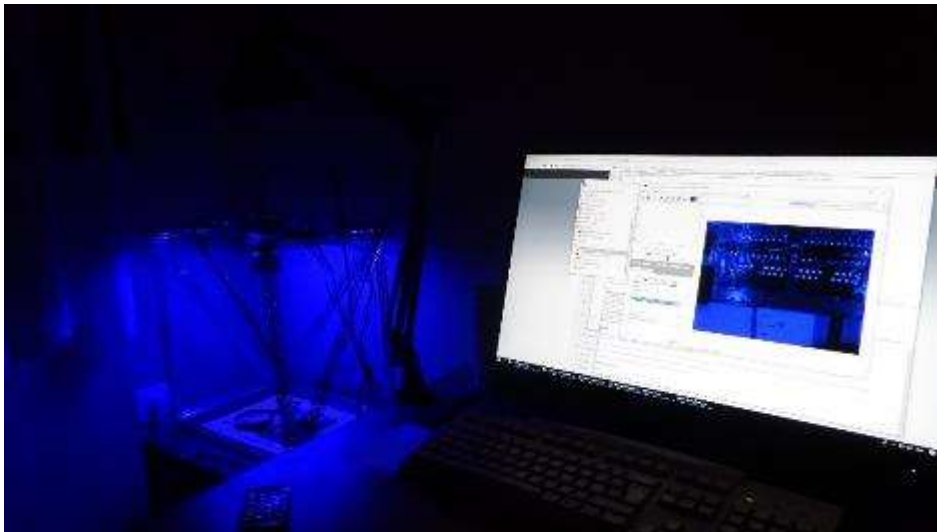
A LED-es munkakörnyezet



(saját kép)

4. melléklet

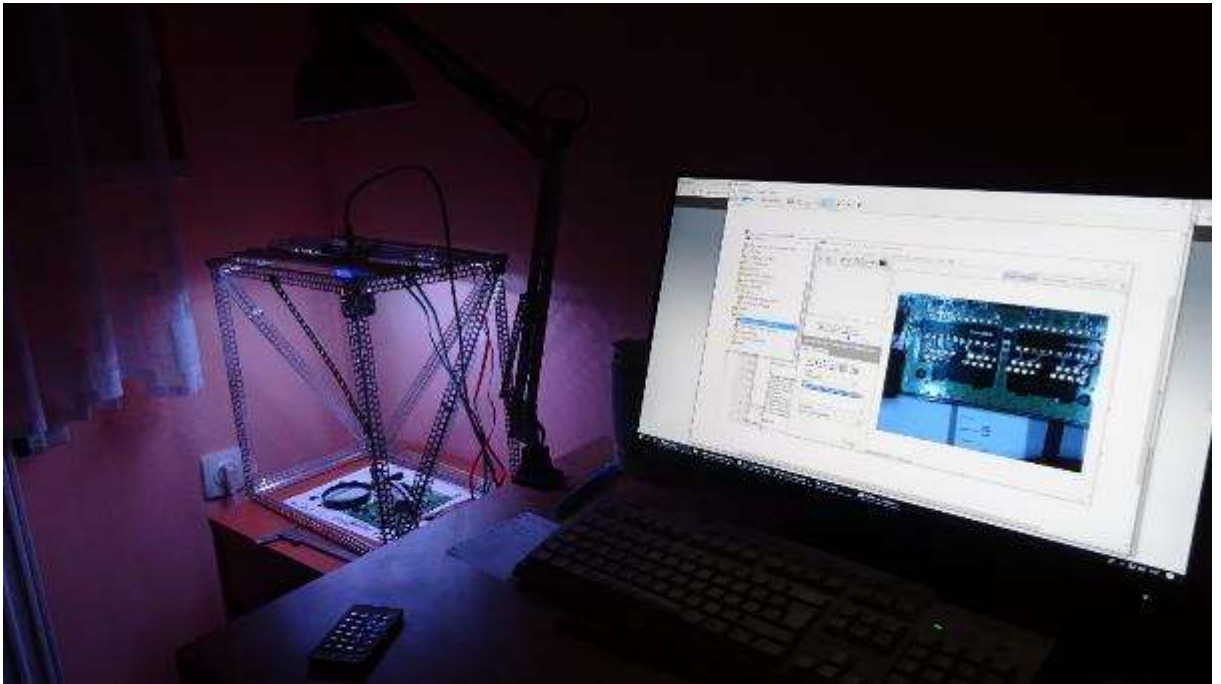
A RGB megvilágítás



(saját kép)

5. melléklet

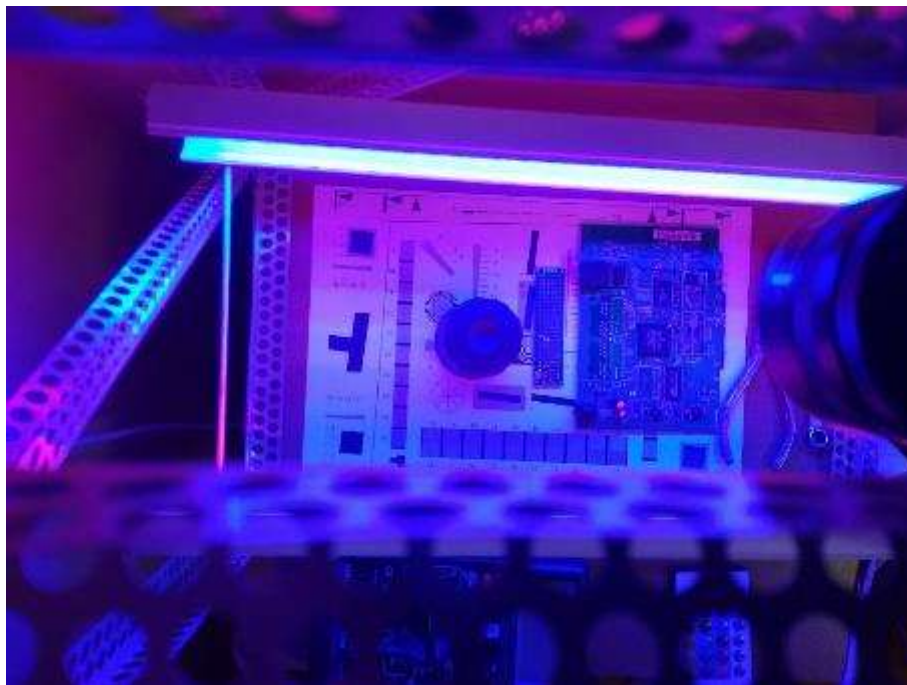
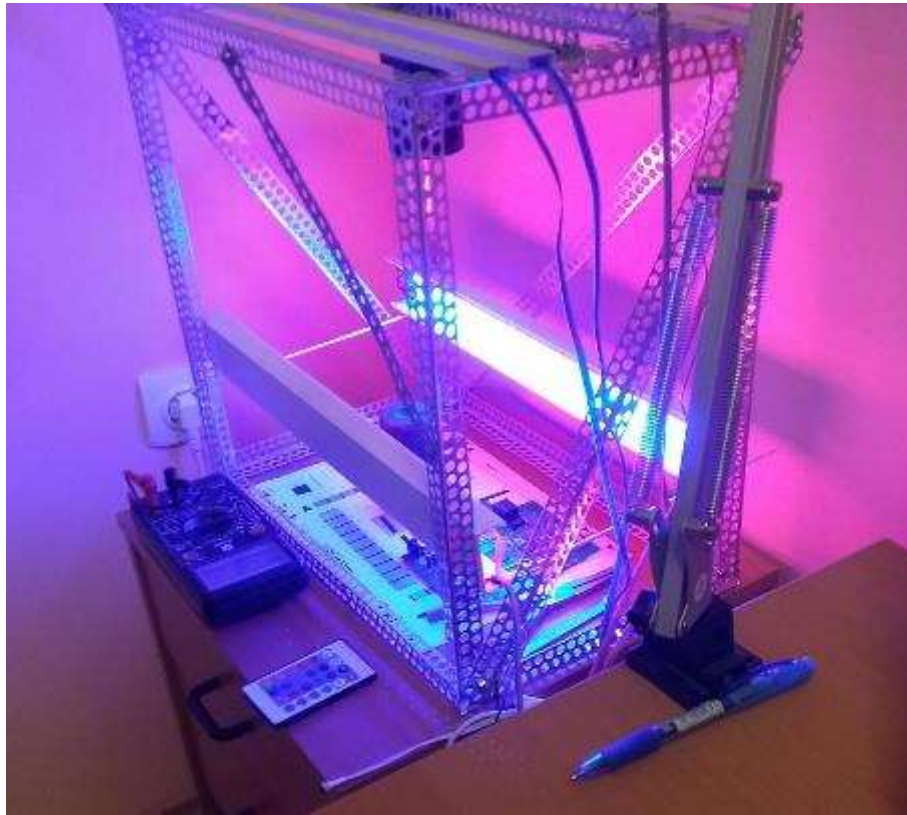
A teljes LED-es megvilágítás



(saját kép)

6. melléklet

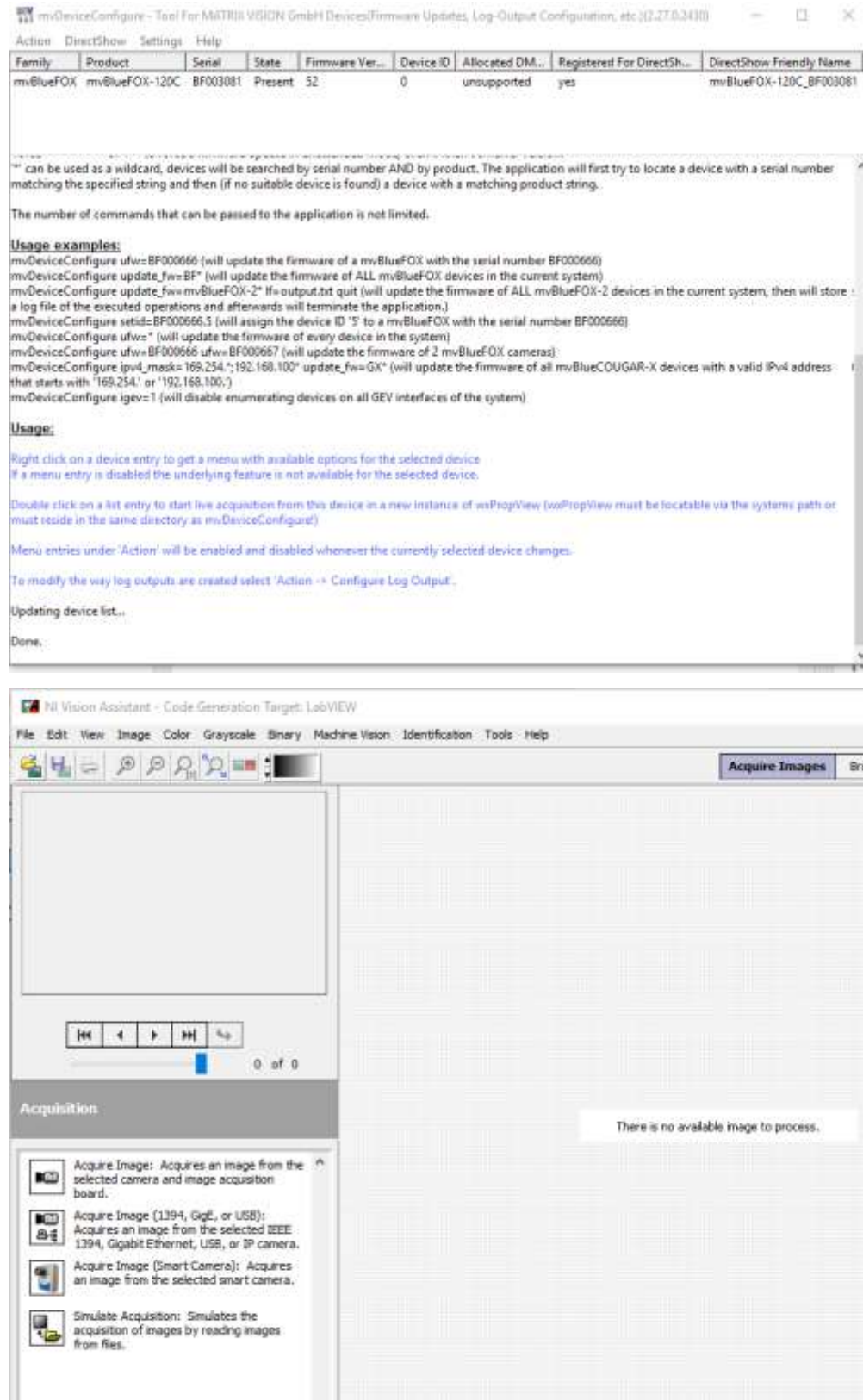
A kétoldalas LED-es megvilágítás (kék és piros)



(saját kép)

7. melléklet

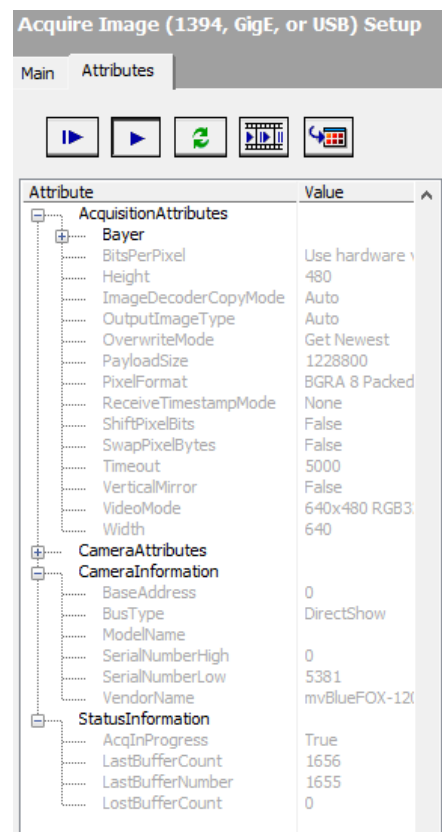
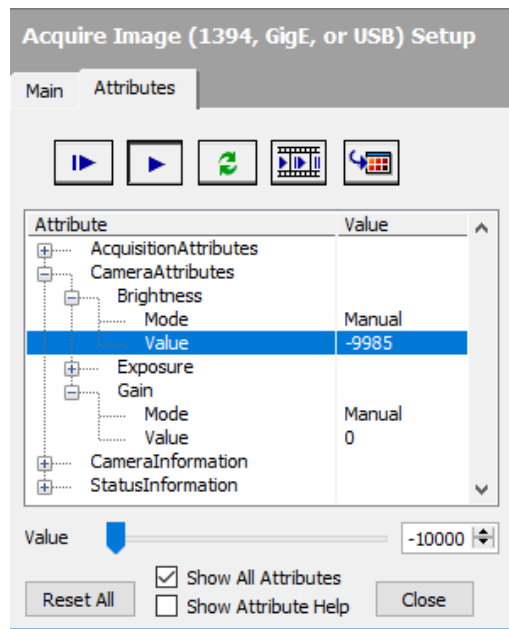
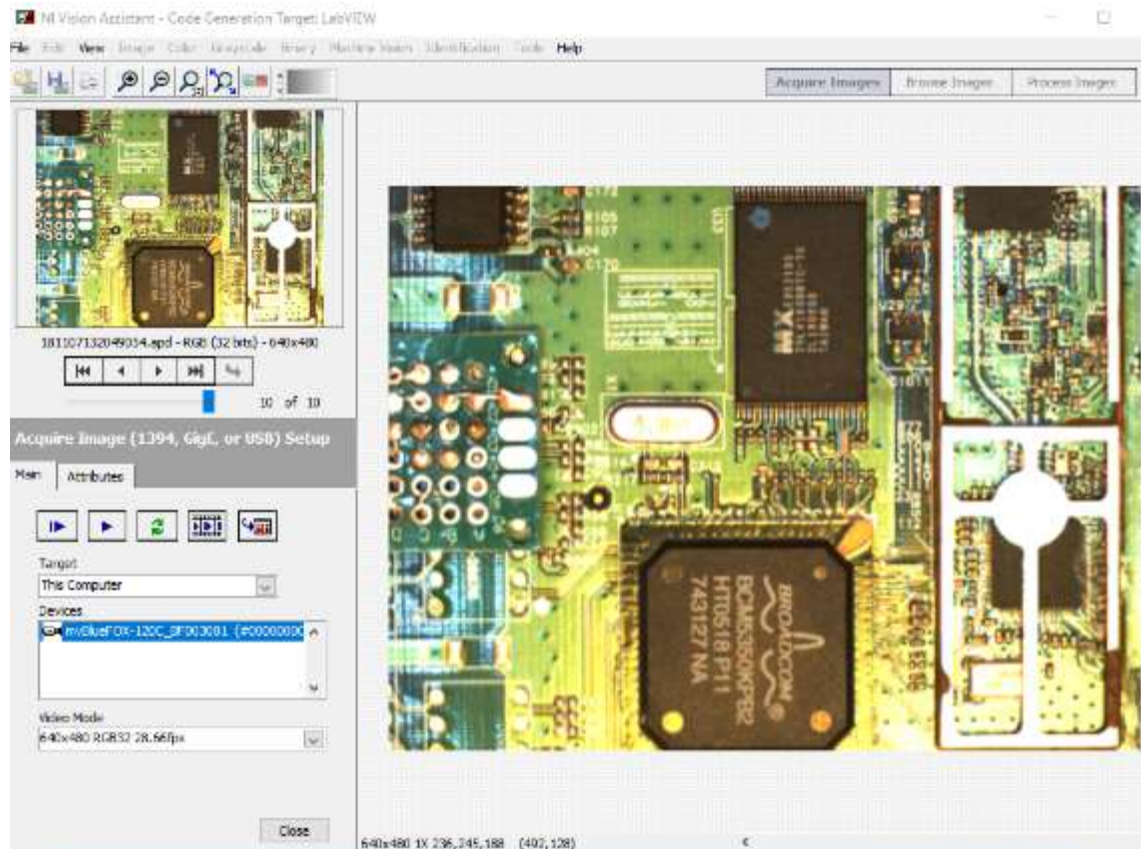
mvDevice Configure és a NI Vision Assistant illesztőprogram



(saját képernyőkép)

8. melléklet

NI Vision Assistant illesztőprogram



(saját képernyőkép)

9. melléklet

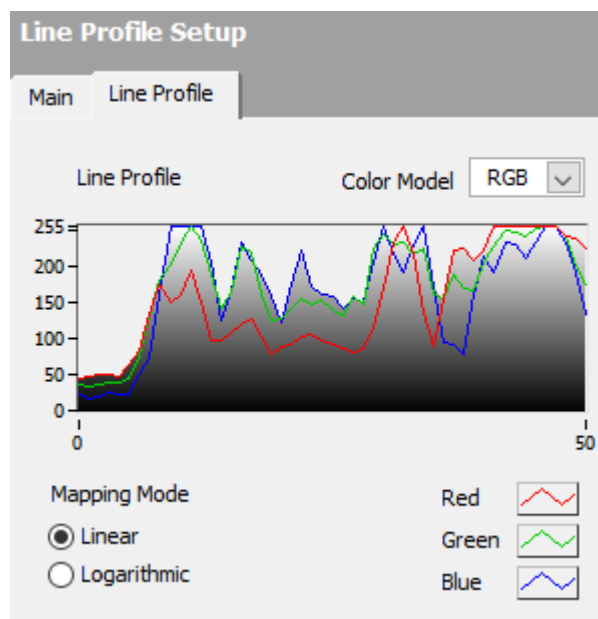
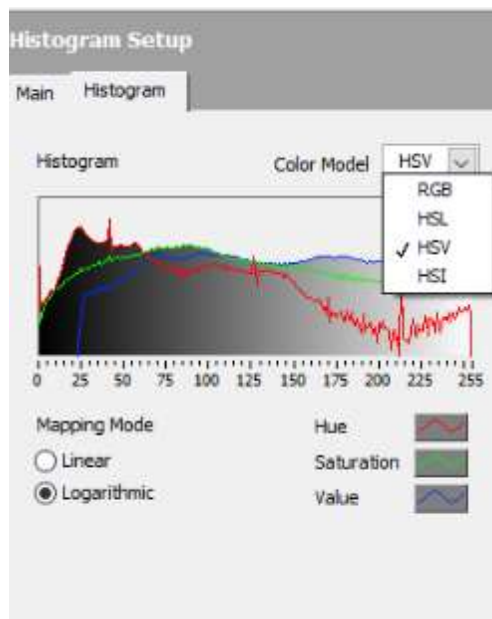
NI Vision Assistant (Processing Function) képfeldolgozási moduljai



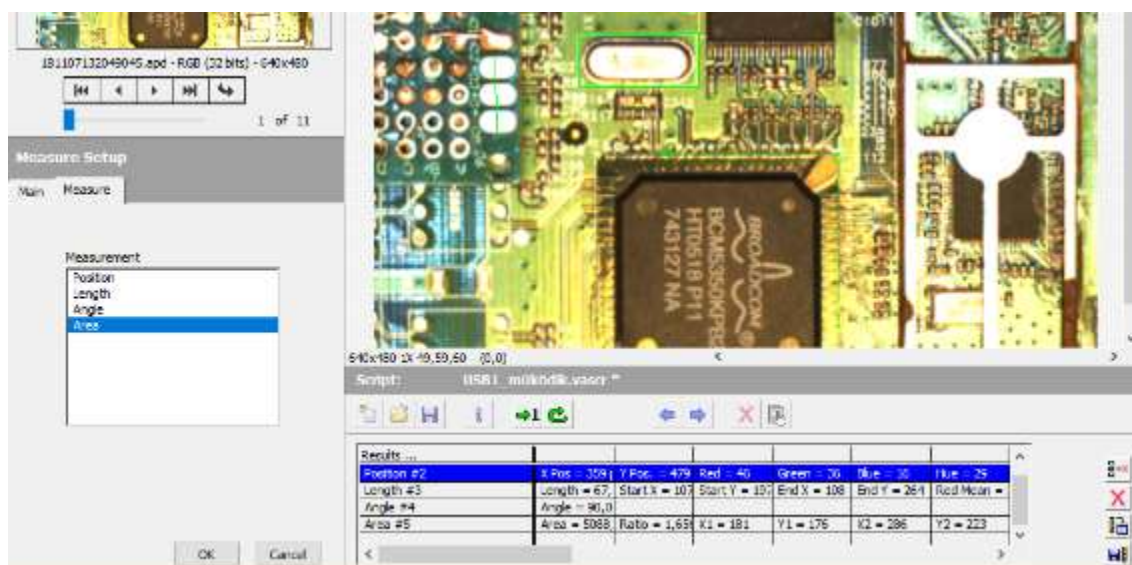
Histogram: Counts the total number of pixels in each grayscale value and graphs it.



Line Profile: Displays the pixel value distribution along a line of pixels in an image.



Measure: Calculates measurement statistics associated with a region of interest in the image.



(saját képernyőkép)

10. melléklet

NI Vision Assistant (Processing Function) képfeldolgozási moduljai

 Brightness: Alters the brightness, contrast, and gamma of an image.



The screenshot displays the 'Brightness Setup' dialog box on the left, which includes a 'Step Name' field set to 'Brightness 1', sliders for 'Brightness' (88), 'Contrast' (75.20), and 'Gamma' (1.19), and a 'Lookup Table' section. The main processing window on the right shows the 'Original Image' and 'Processed Image' side-by-side. The 'Processed Image' shows the result of the brightness adjustment. The script area at the bottom shows 'USB1_működik.vscr'.

 Color Plane Extraction: Extracts the three color planes (RGB, HSV, or HSL) from an image.



The screenshot displays the 'Color Operators Setup' dialog box on the left, which includes a 'Step Name' field set to 'Color Operators 1', a 'Color Operators' dropdown set to 'Add', and a 'Color Plane' dropdown set to 'All'. The main processing window on the right shows the 'Original Image' and 'Processed Image' side-by-side. The 'Processed Image' shows the result of the color plane extraction. The script area at the bottom shows 'USB1_működik.vscr'.

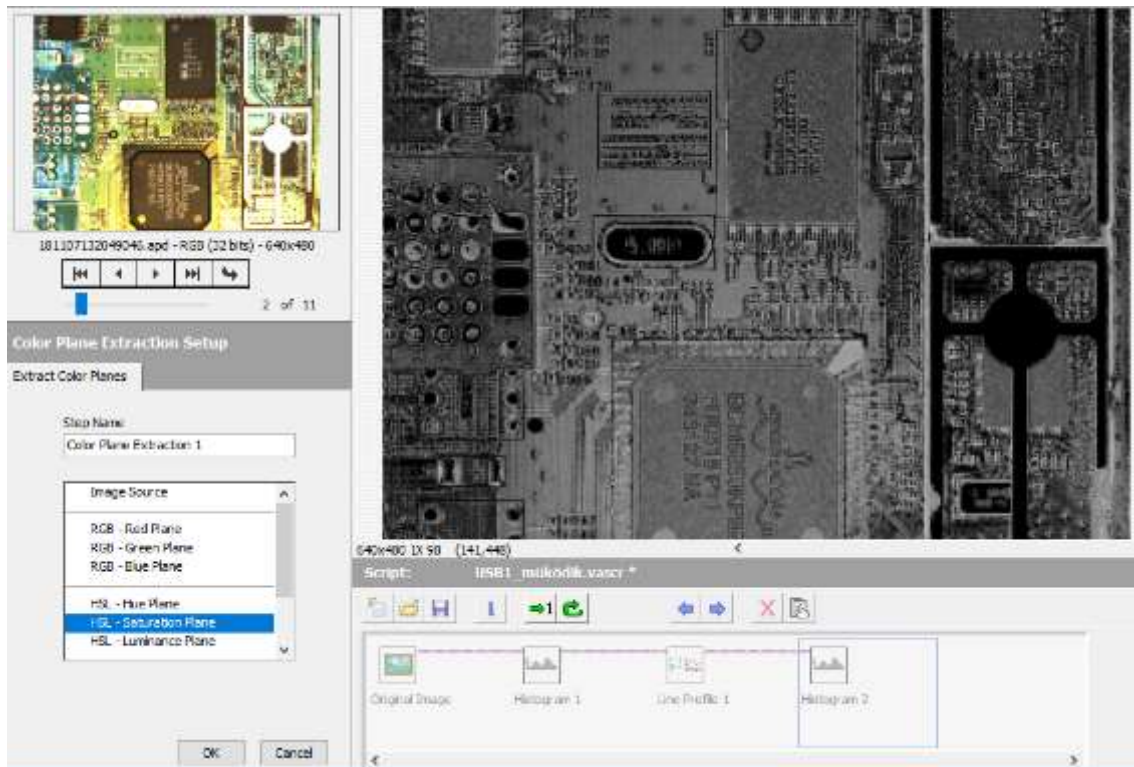
(saját képernyőkép)

11. melléklet

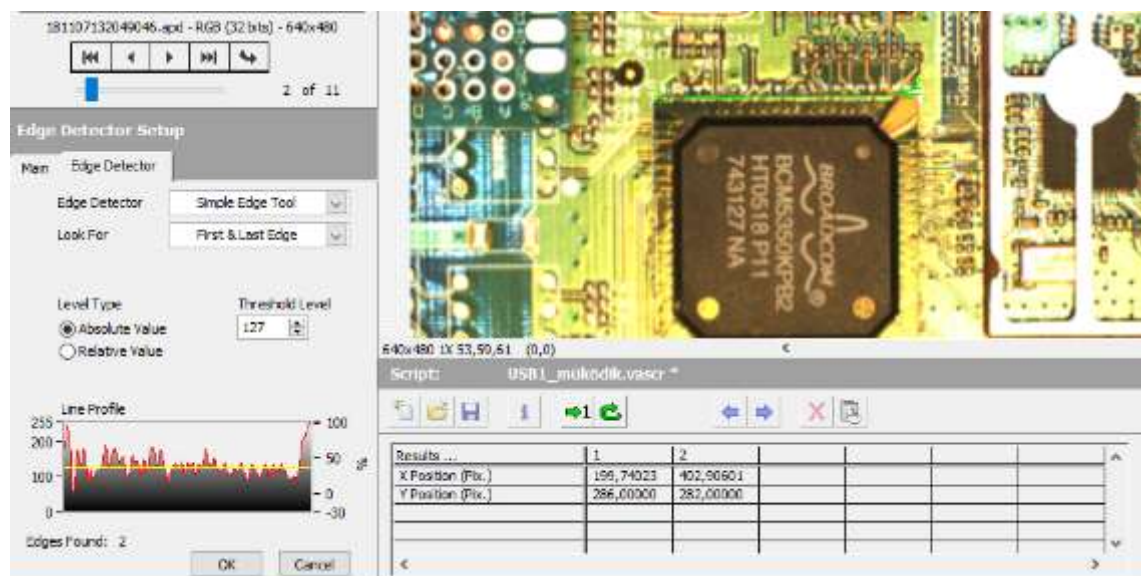
NI Vision Assistant (Processing Function) képfeldolgozási moduljai



Color Operators: Performs arithmetic and logical operations on images.



Edge Detector: Detects edges in grayscale images.



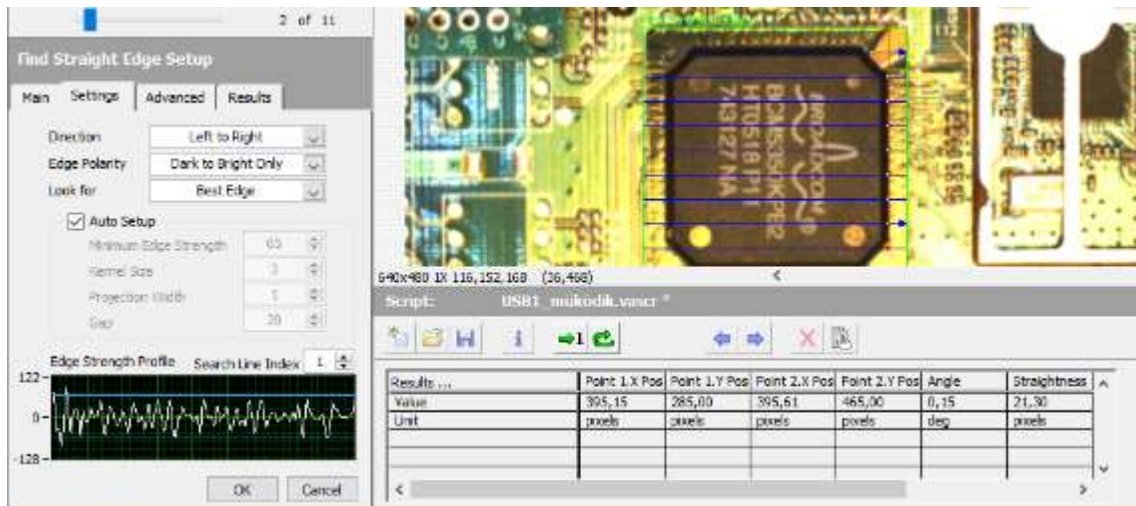
(saját képernyőkép)

12. melléklet

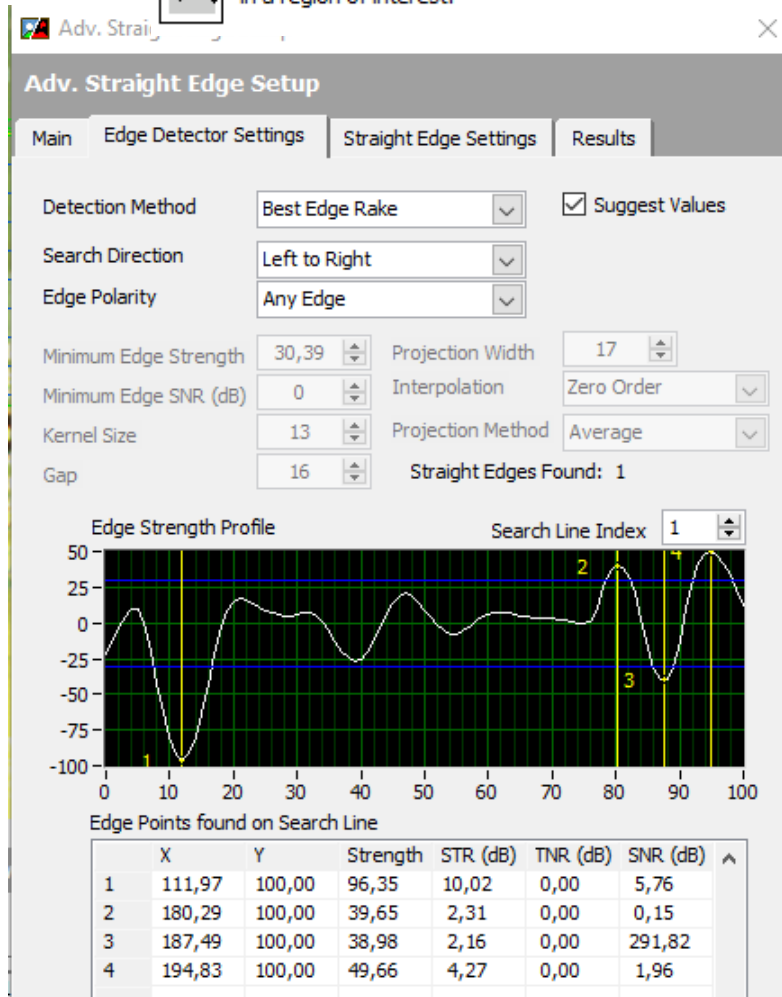
NI Vision Assistant (Processing Function) képfeldolgozási moduljai



Find Straight Edge: Locates a straight edge in a region of interest.



Find Straight Edge: Locates a straight edge in a region of interest.

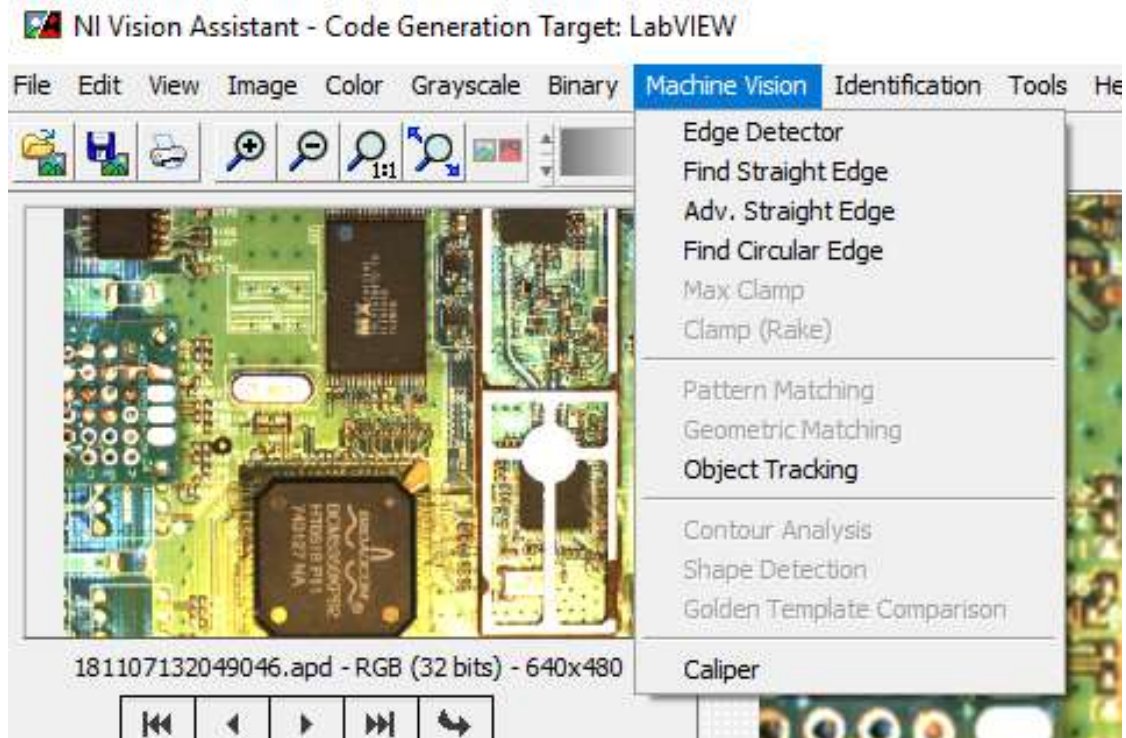
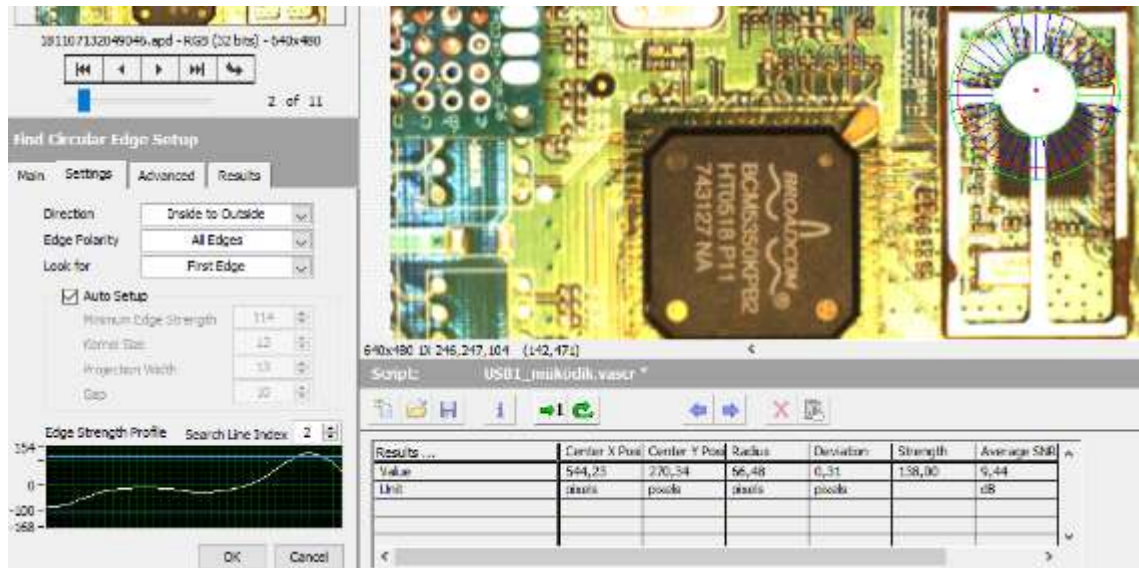


13. melléklet

NI Vision Assistant (Processing Function) képfeldolgozási moduljai



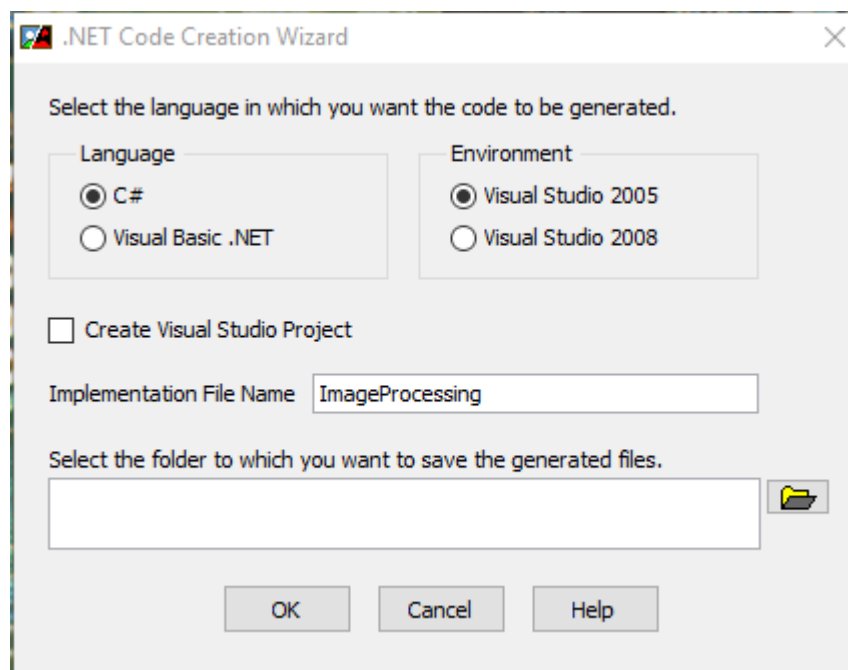
Find Circular Edge: Locates a circular edge in a region of interest.



(saját képernyőkép)

14. melléklet

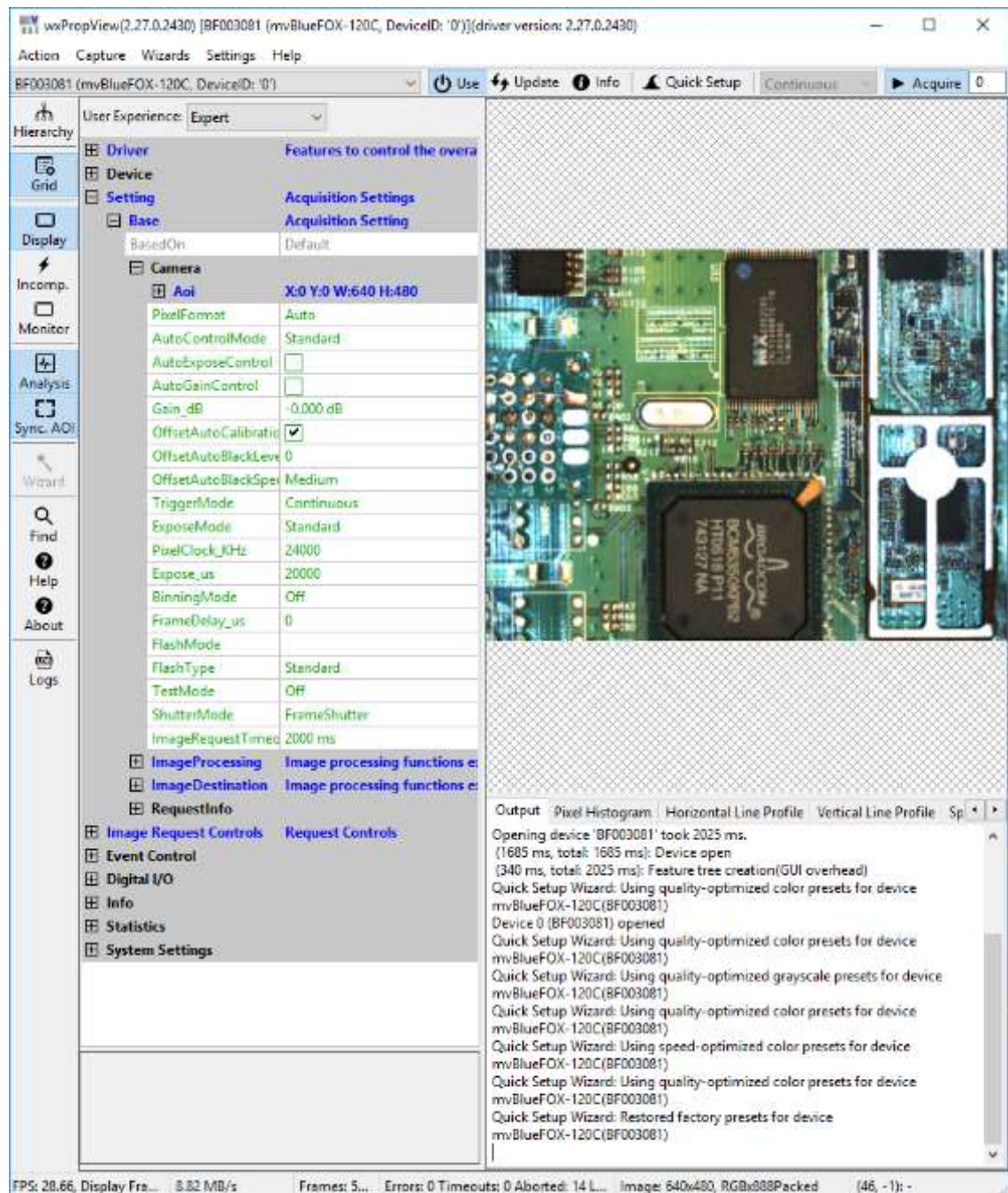
NI Vision Assistant (Tools) eszköztára



(saját képernyőkép)

15. melléklet

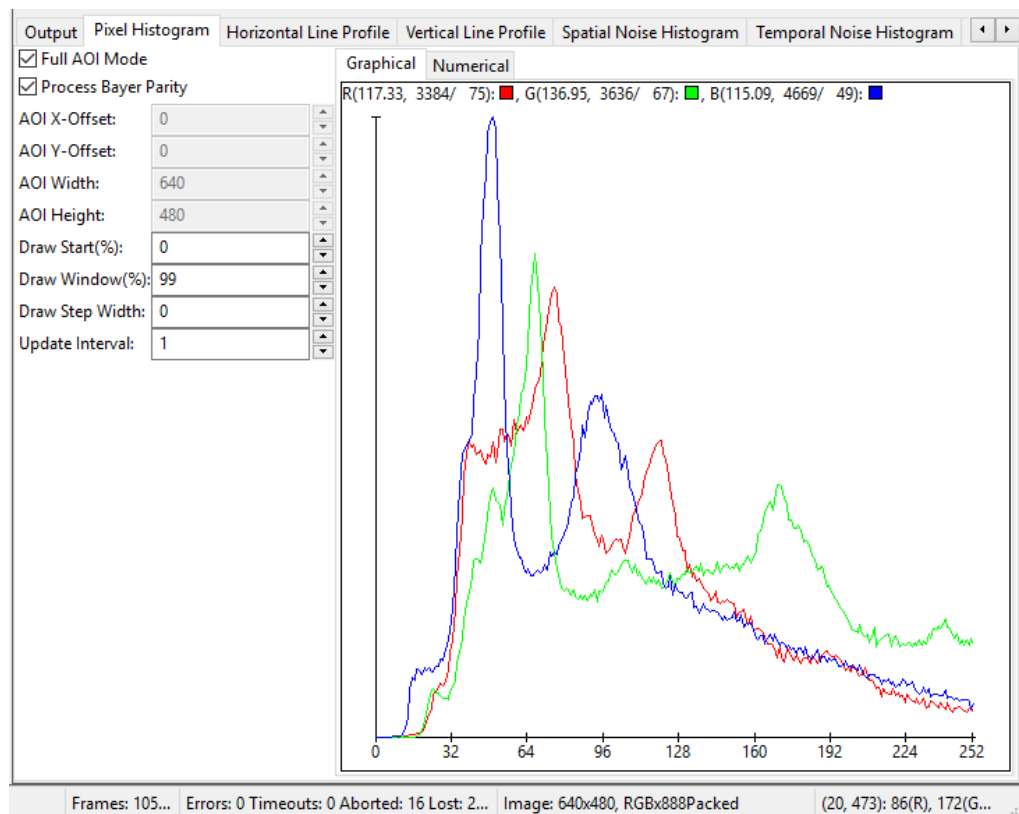
A wxPropView program felülete



(saját képernyőkép)

16. melléklet

A wxPropView, Pixel Histogram



Output

Pixel Histogram

Horizontal Line Profile

Vertical Line Profile

Spatial Noise Histogram

Temporal Noise Histogram

☒ Full AOI Mode
☒ Process Bayer Parity

Graphical

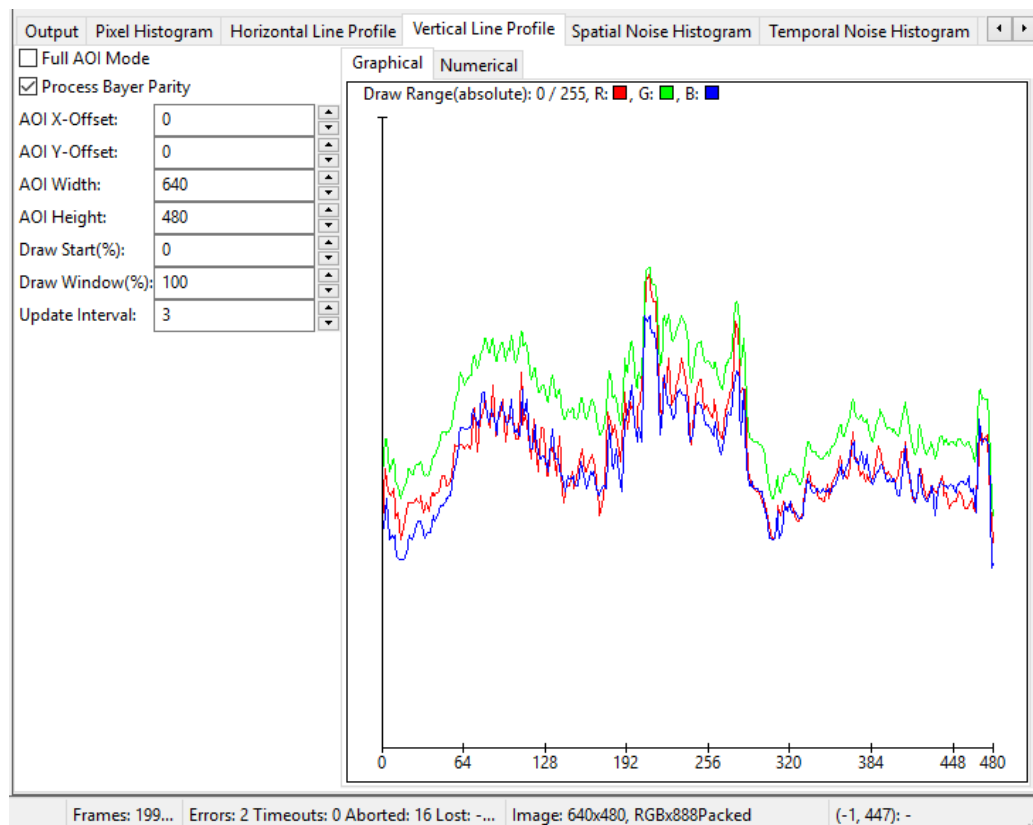
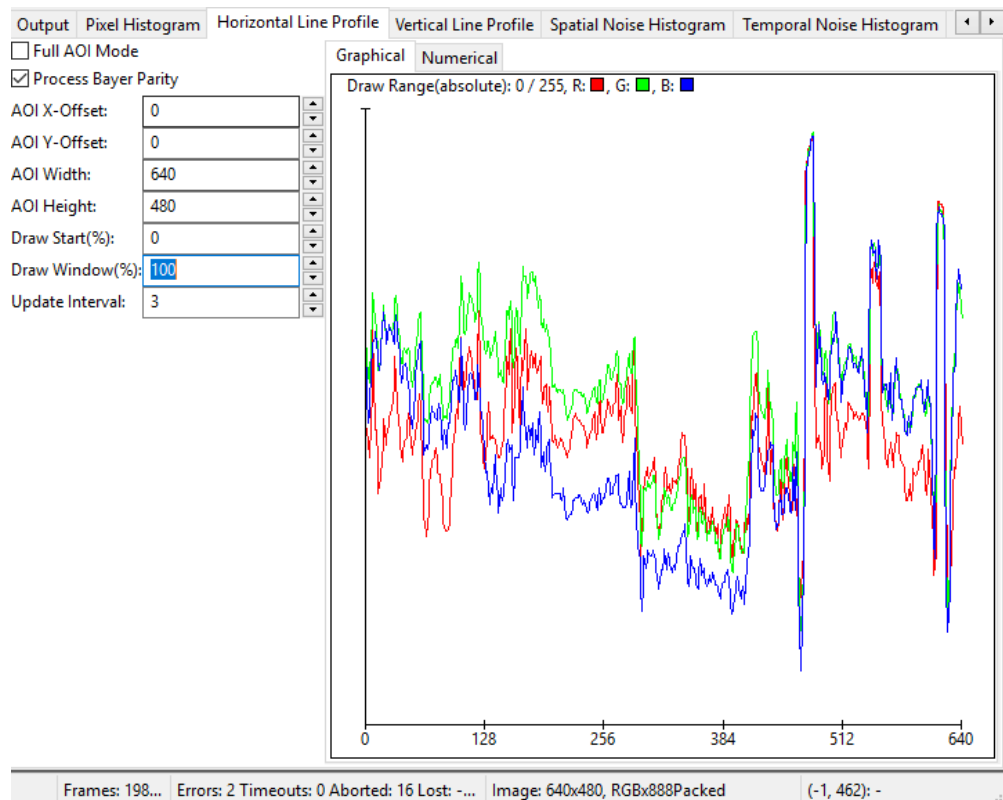
Numerical

	A	B	C	D
AOI X-Offset:	0	Pixel Value	R	G
AOI Y-Offset:	0	0	0	0
AOI Width:	640	1	0	0
AOI Height:	480	2	0	0
Draw Start(%):	0	3	0	0
Draw Window(%):	99	4	0	0
Draw Step Width:	0	5	0	0
Update Interval:	1	6	0	0
		7	0	0
		8	0	0
		9	0	0
		10	0	0
		11	0	17
		12	4	72
		13	5	177
		14	9	360
		15	15	458
		16	19	474
		17	23	472
		18	41	18
		19	47	56
		20	66	128
		21	102	177
		22	187	280
		23	287	523

(saját képernyőkép)

17. melléklet

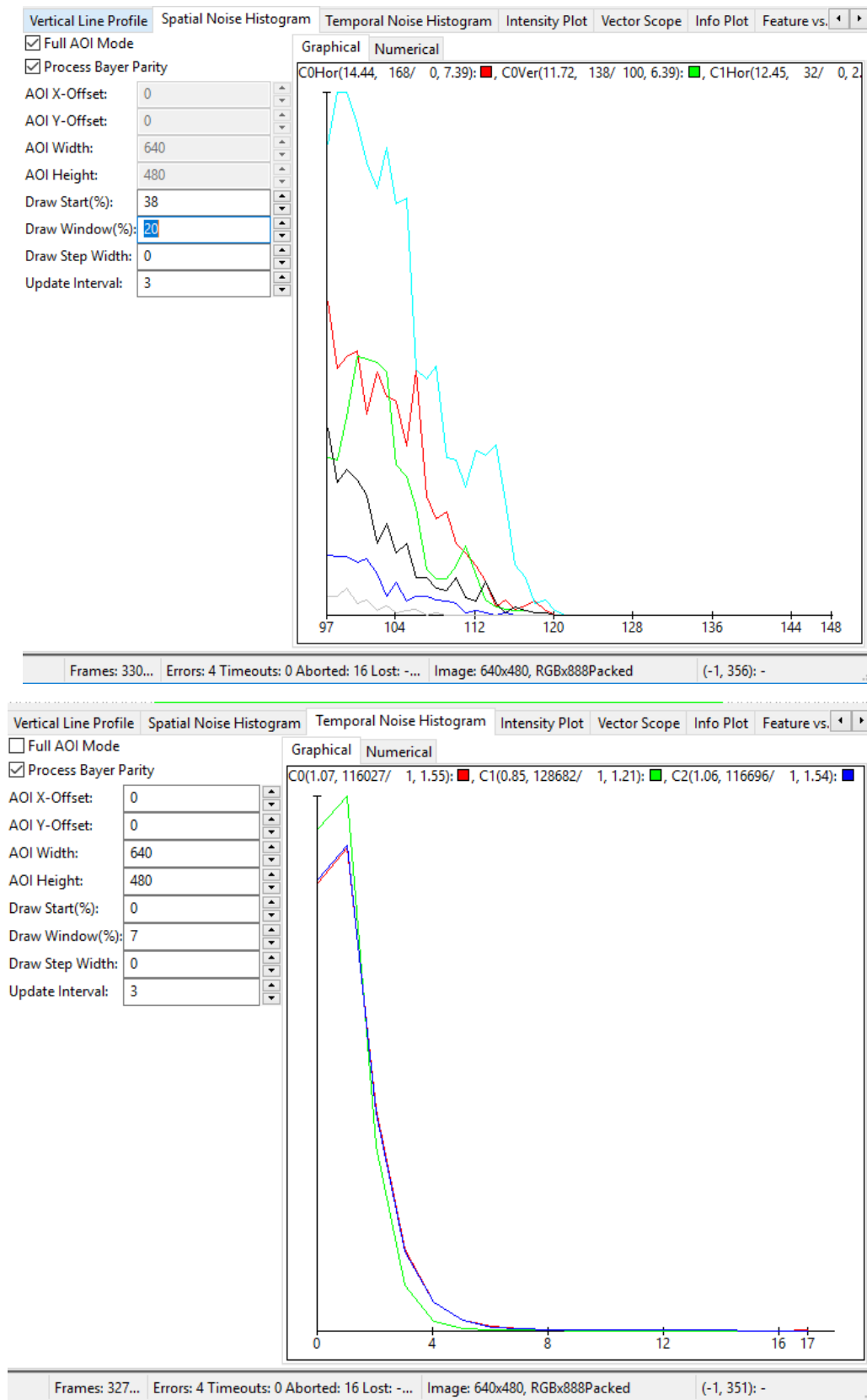
A wxPropView Horizontal & Vertical Line Profile



(saját képernyőkép)

18. melléklet

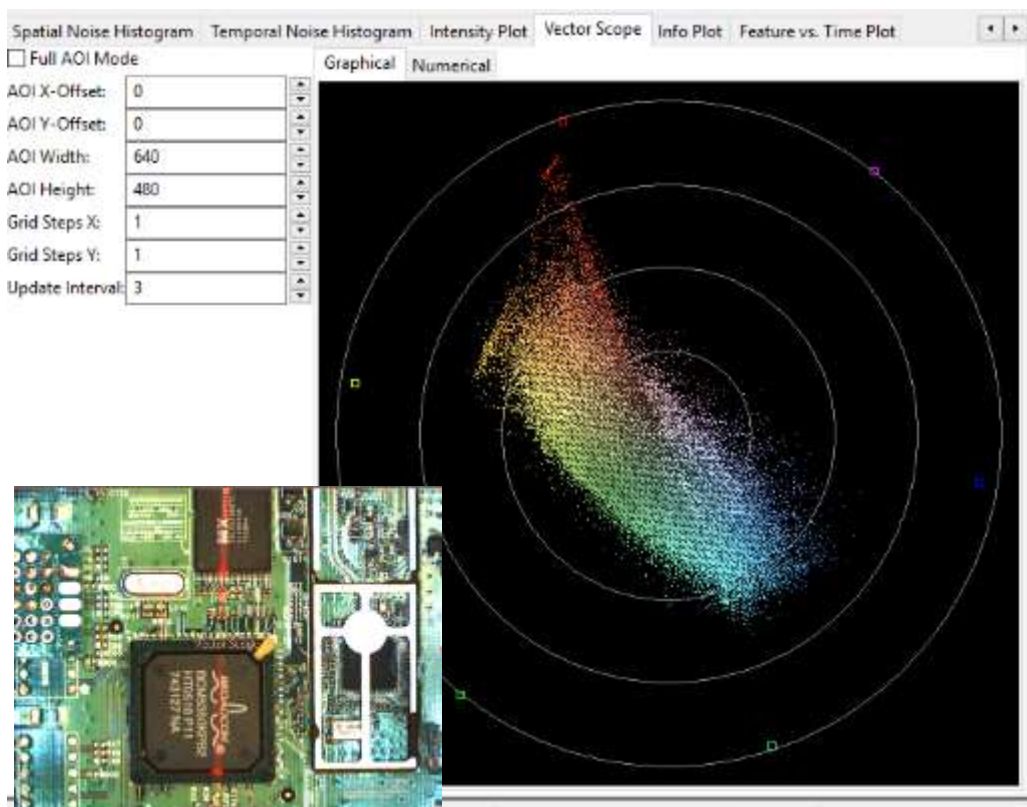
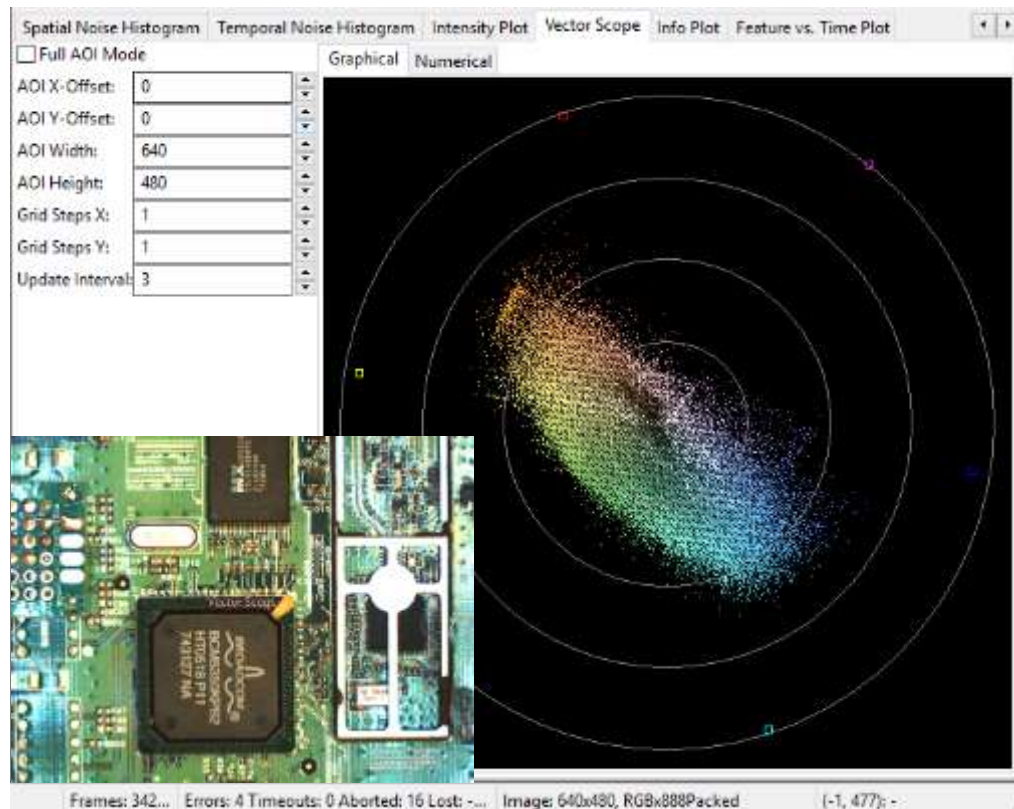
Az wxPropView Spatial & Temporal Noise



(saját képernyőkép)

19. melléklet

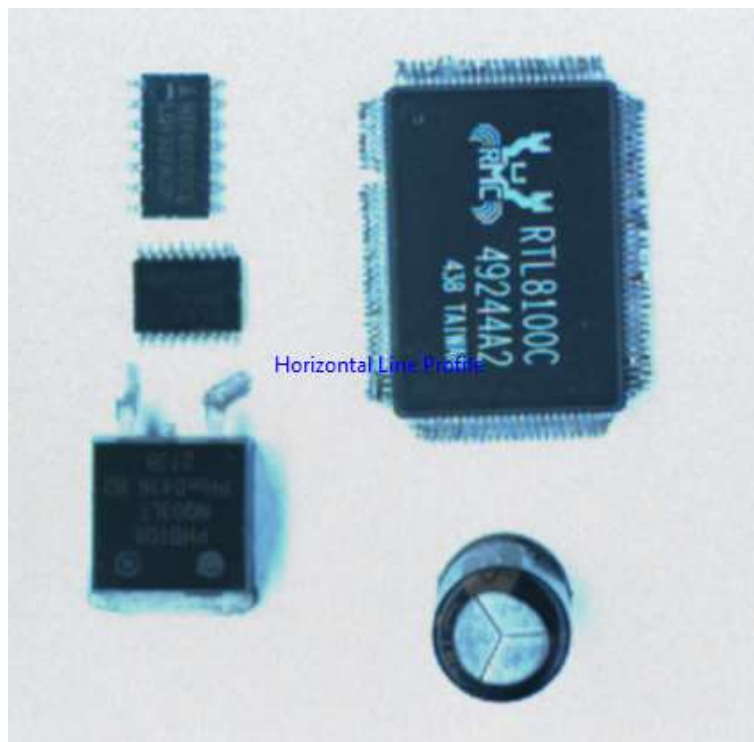
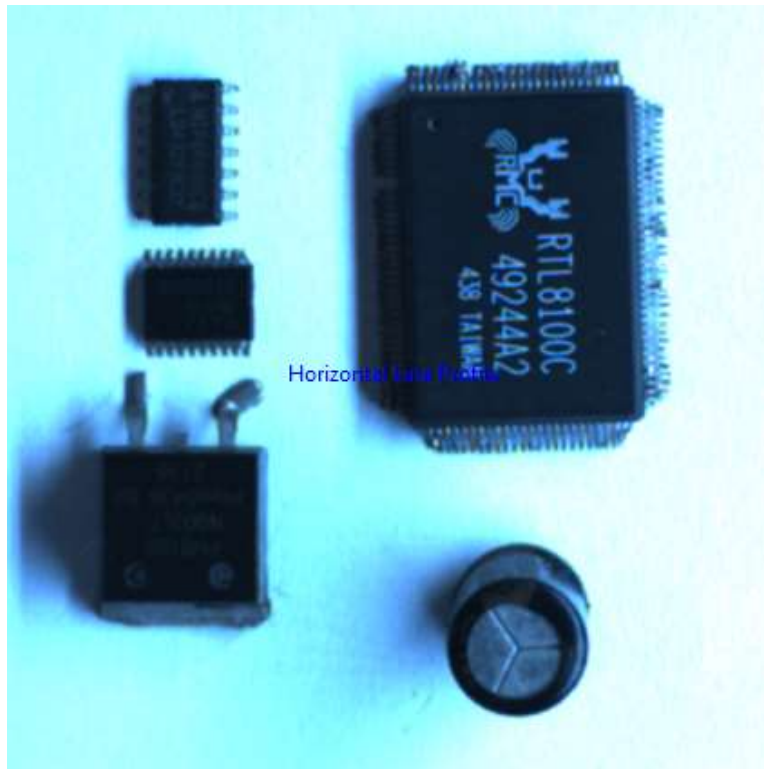
Az wxPropVector Scope



(saját képernyőkép)

20. melléklet

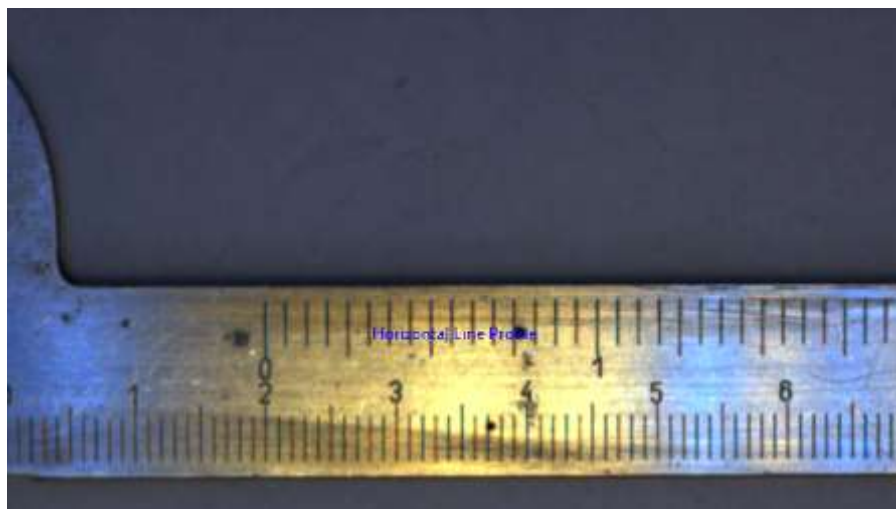
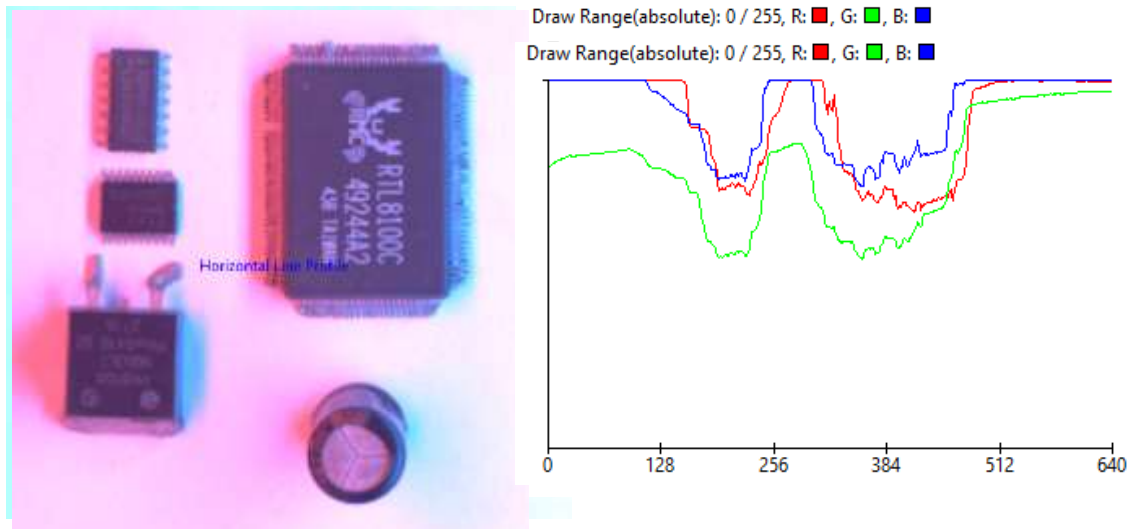
A ferdeszögben történő megvilágítás féloldalasan és teljesen



(saját képernyőkép)

21. melléklet

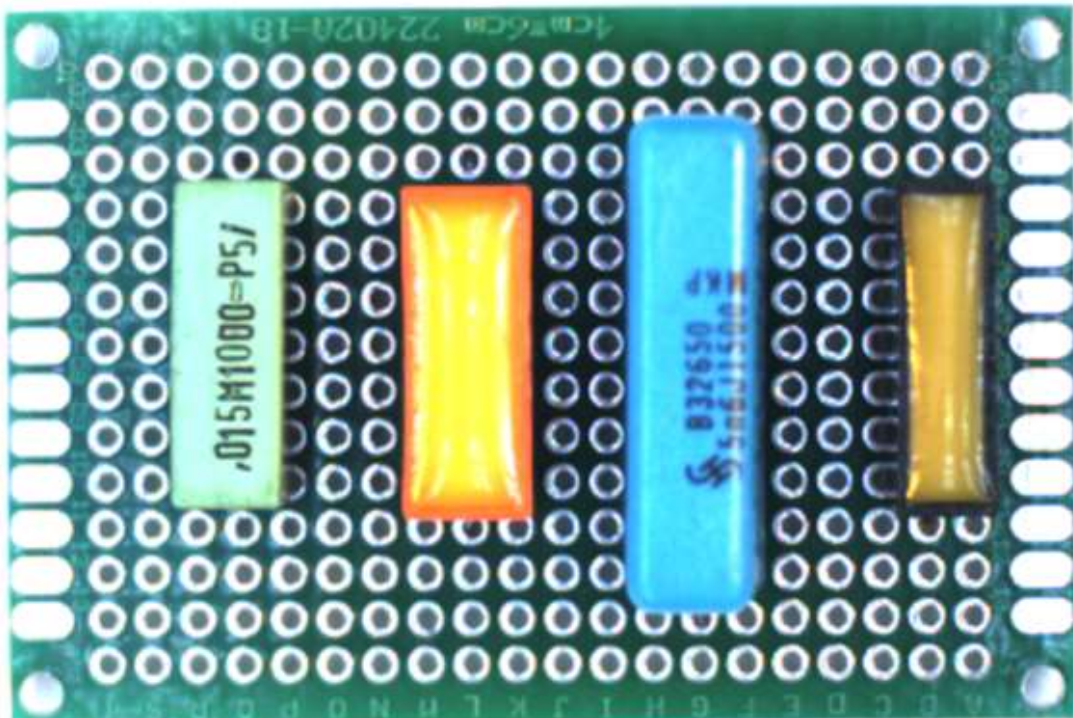
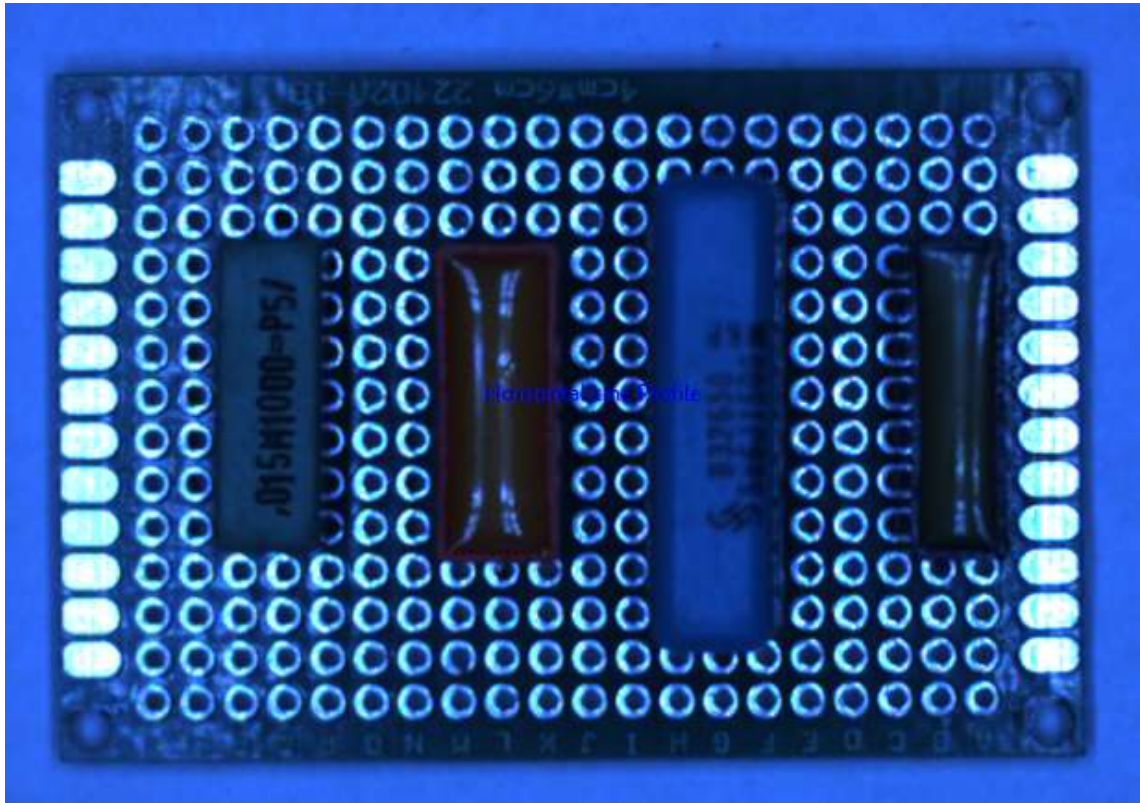
A ferdeszögben történő megvilágítás kék és piros színnel oldal felcseréléssel
és képtér vízszintes hossza



(saját képernyőkép)

22. melléklet

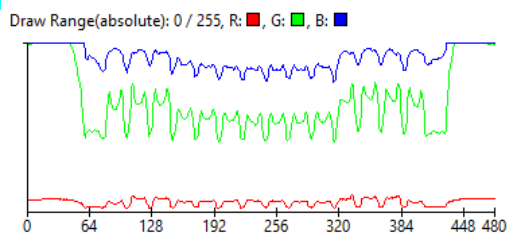
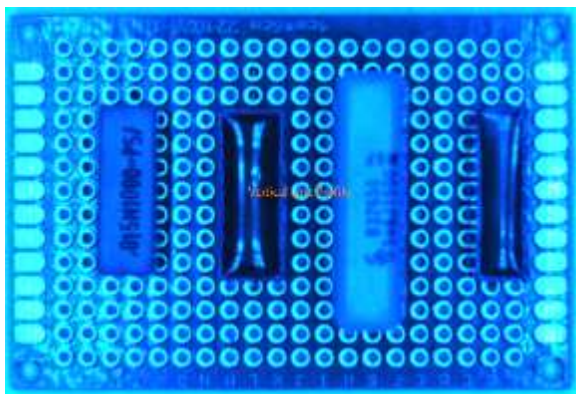
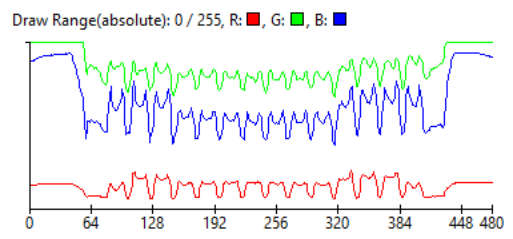
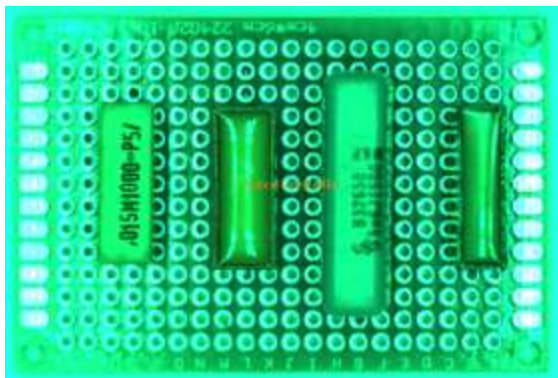
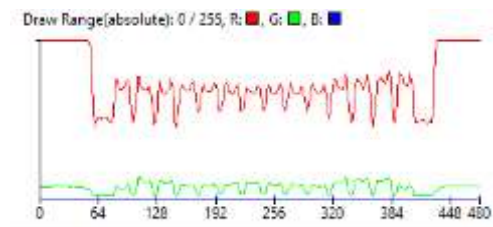
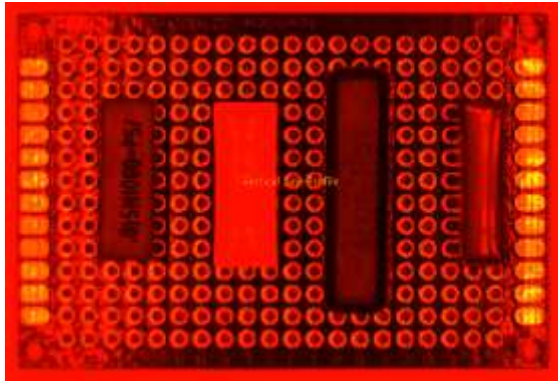
A ferdeszögben történő megvilágítás féloldalasan és teljes



(saját képernyőkép)

23. melléklet

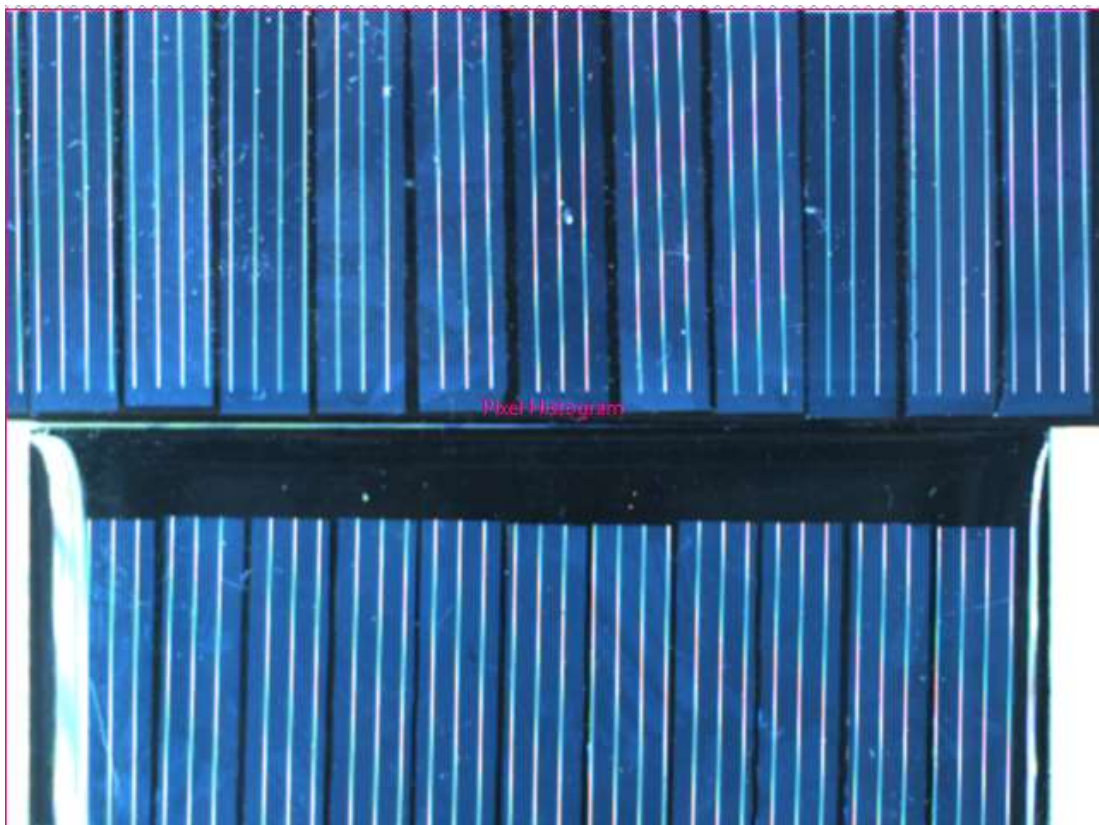
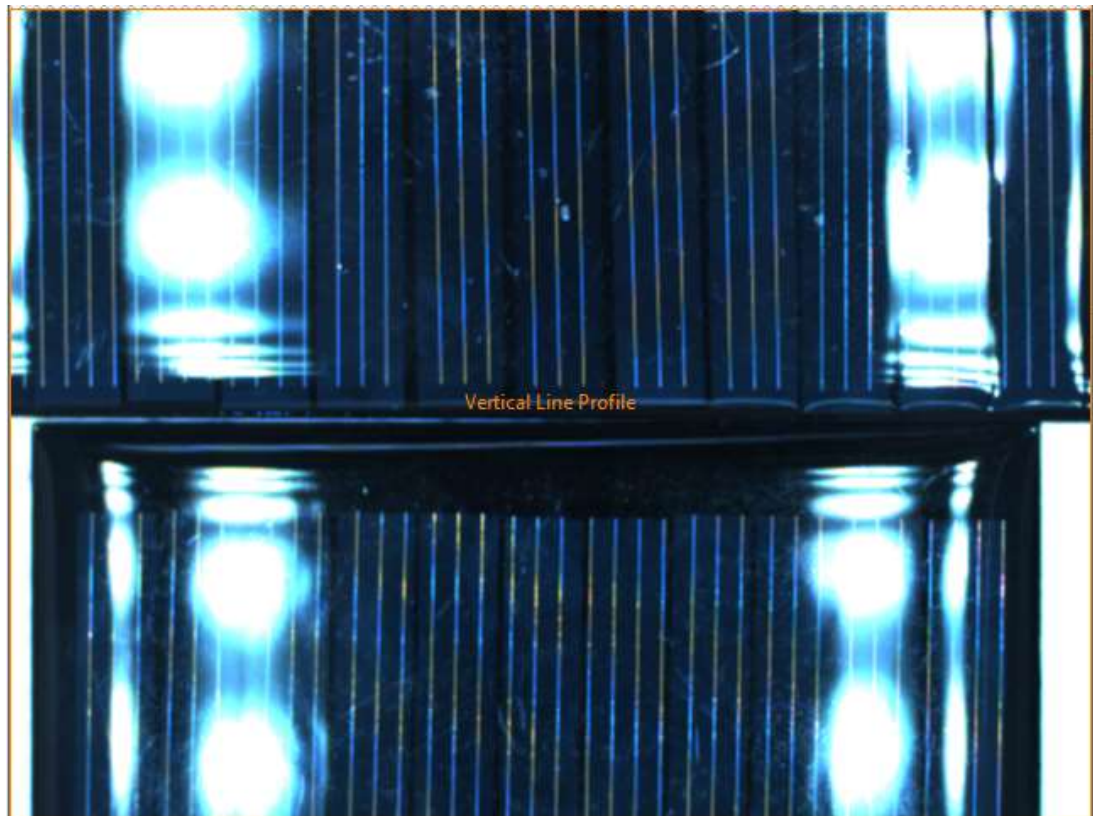
Az eltérő színű alkatrészek viselkedése RGB megvilágításnál



(saját képernyőkép)

24. melléklet

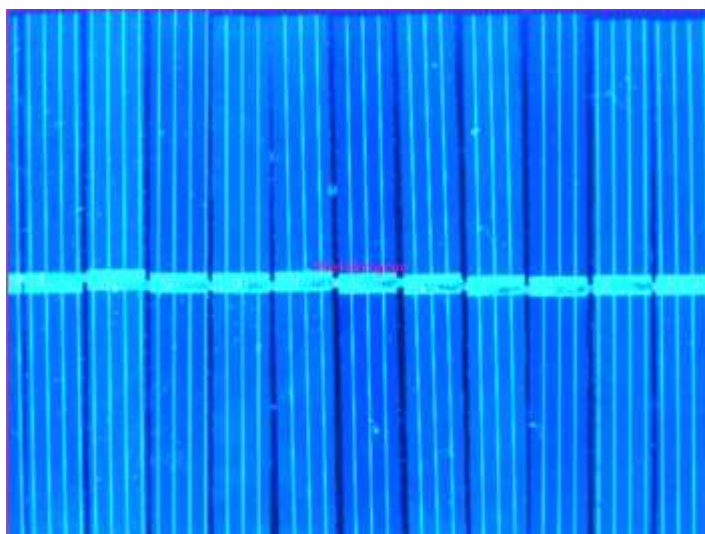
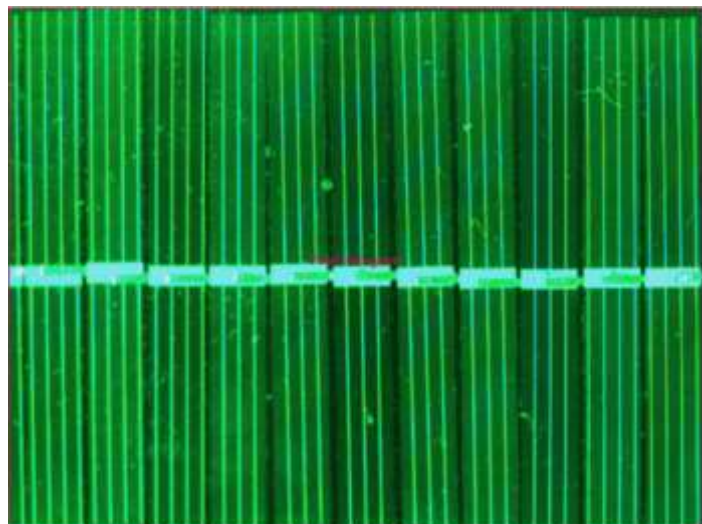
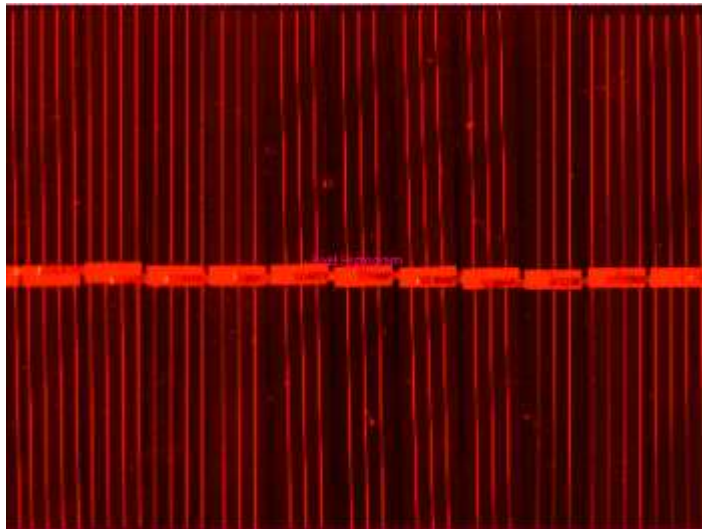
A tükröződő felületű tárgyak megvilágítása és reflexiója



(saját képernyőkép)

25. melléklet

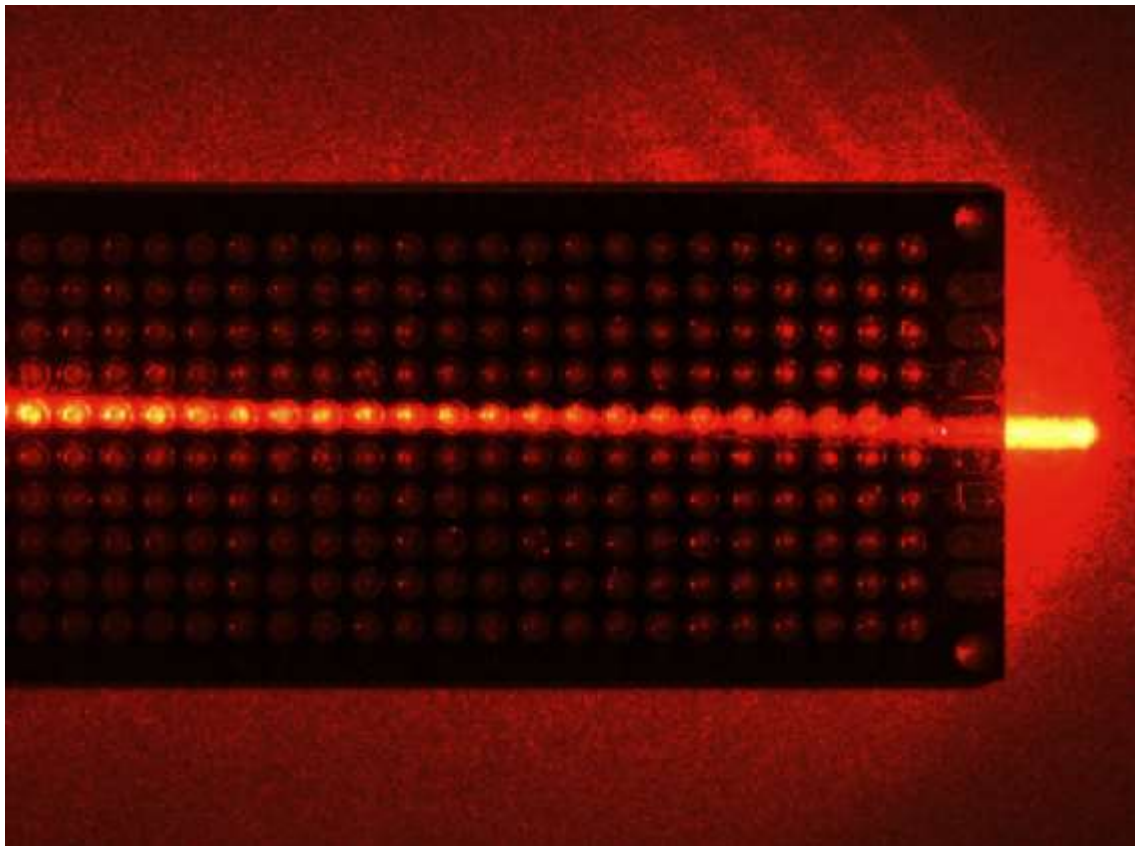
A tükröződő felületű tárgyak megvilágítása (napelem modul)



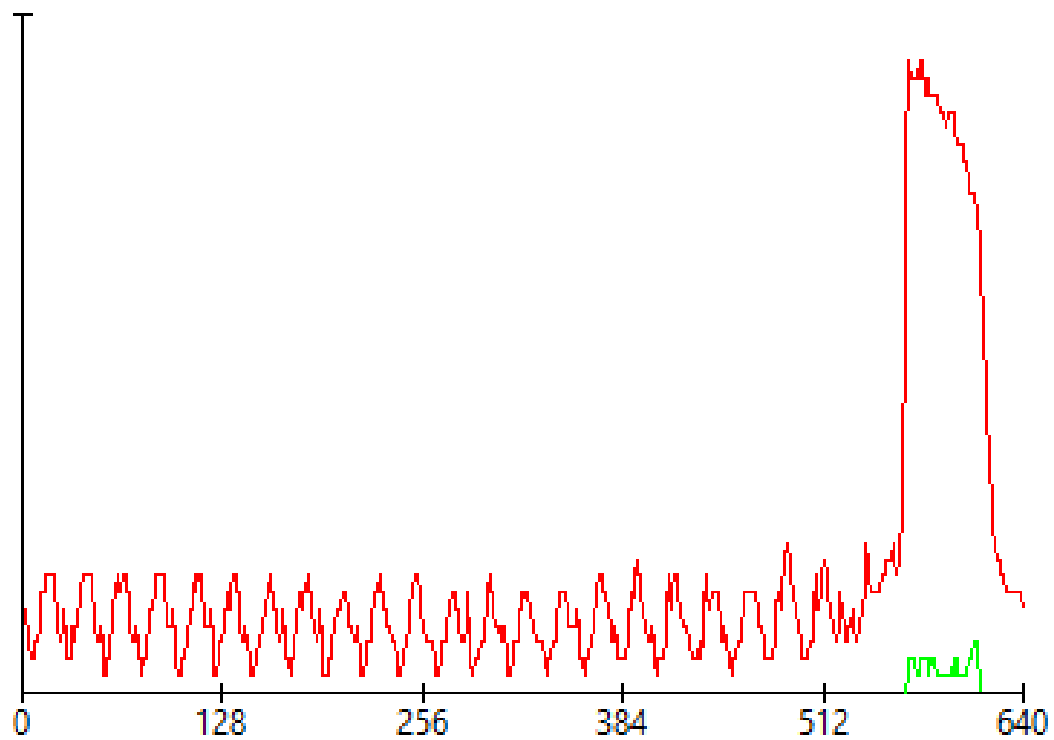
(saját képernyőkép)

26. melléklet

650 nanométeres lézersugárral megvilágítva



Draw Range(absolute): 2 / 42, R: ■, G: ■, B: ■



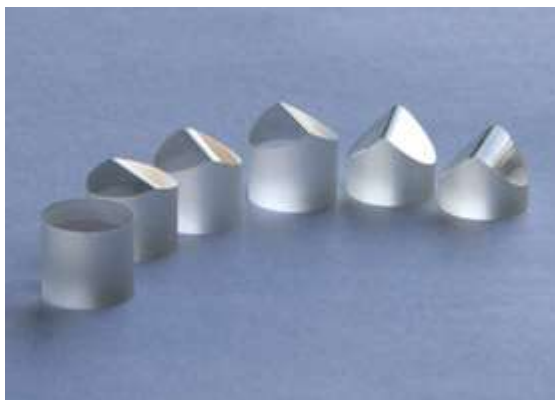
(saját képernyőkép)

27. melléklet

A Powell lencse és alkalmazása



(saját fotó)



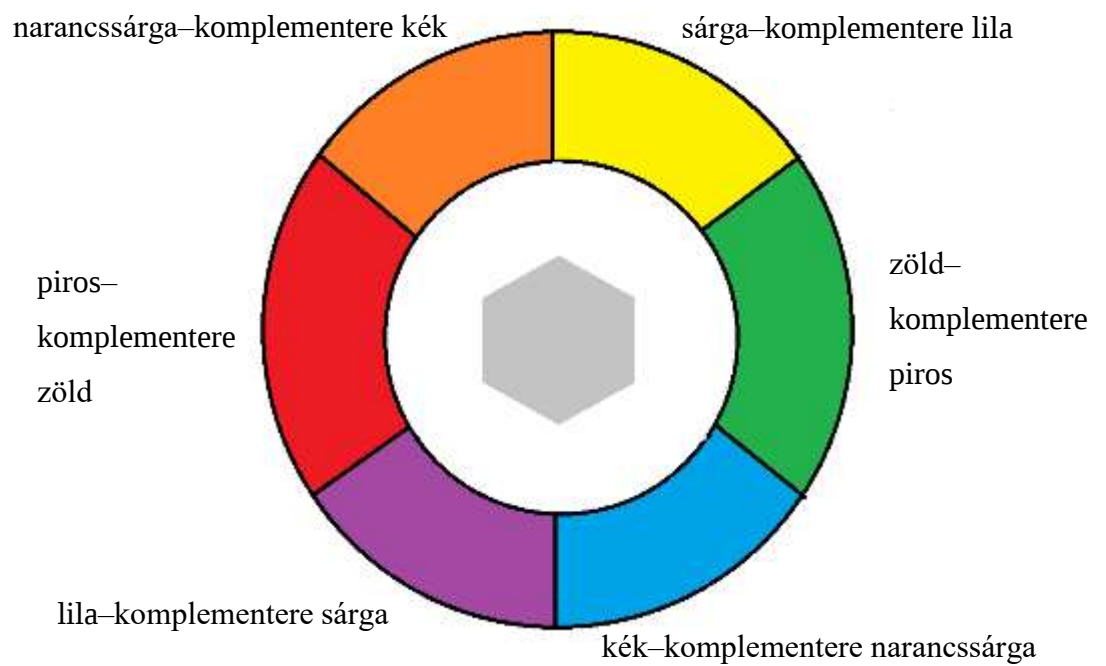
(Laserline Optics Canada)



(Laserline Optics Canada)

28. melléklet

A komplementer színpárok



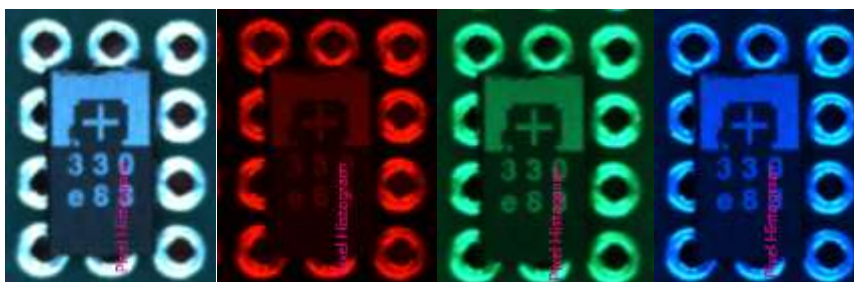
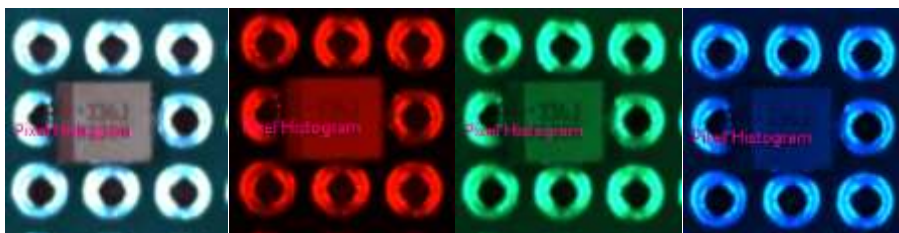
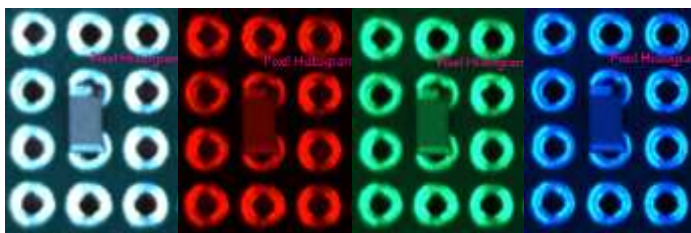
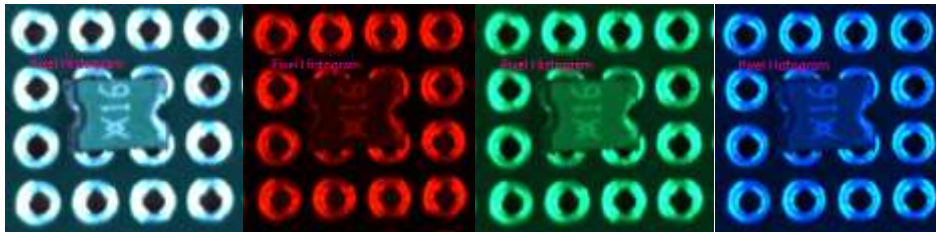
Az alkatrészek láthatósága a megvilágítás függvényében



(saját képernyőkép)

29. melléklet

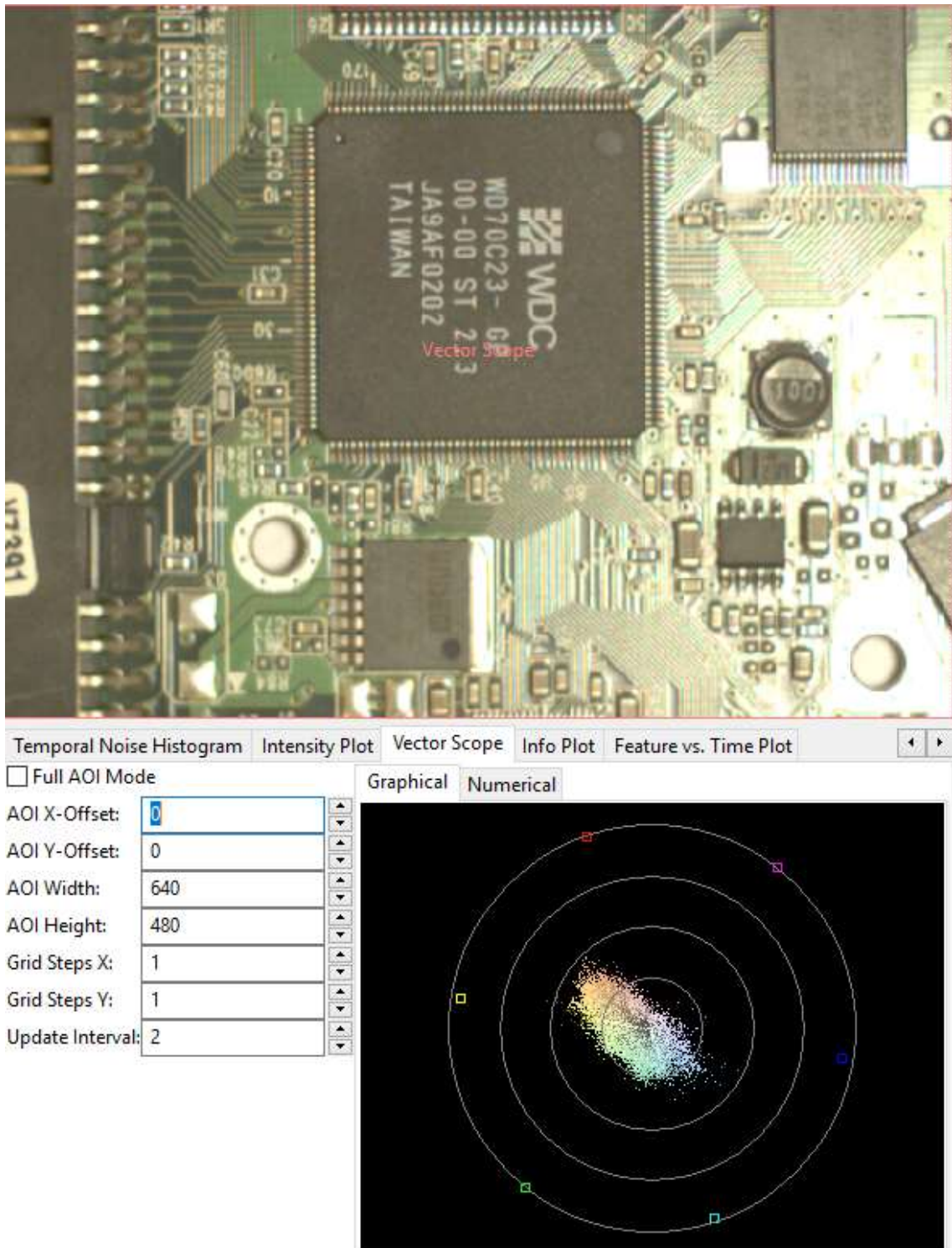
Az alkatrészek láthatósága a megvilágítás függvényében



(saját képernyőkép)

30. melléklet

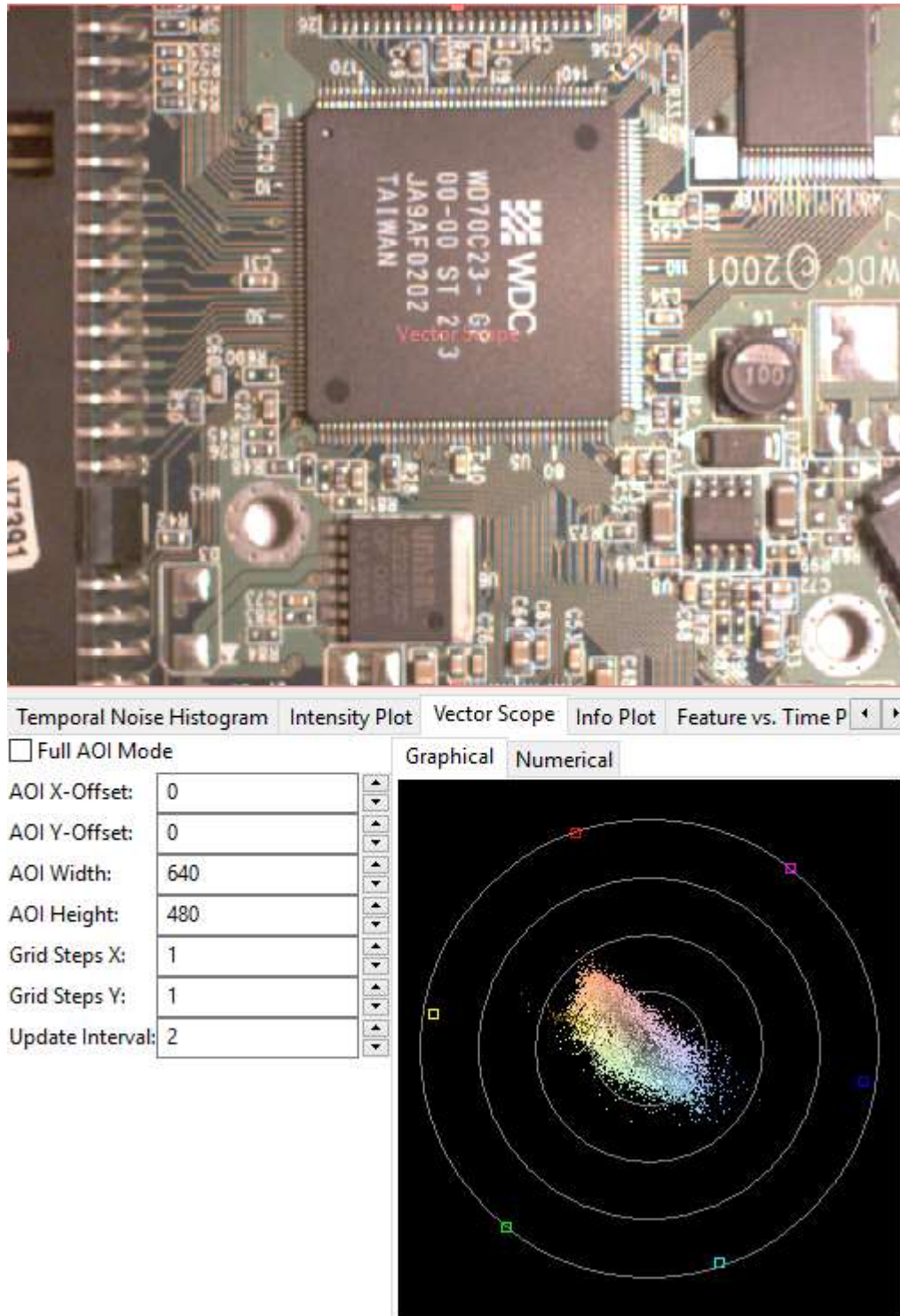
GE/Tungram kompakt spirál fénycsövet 20W, 1152 lumen, 2700 K



(saját képernyőkép)

31. melléklet

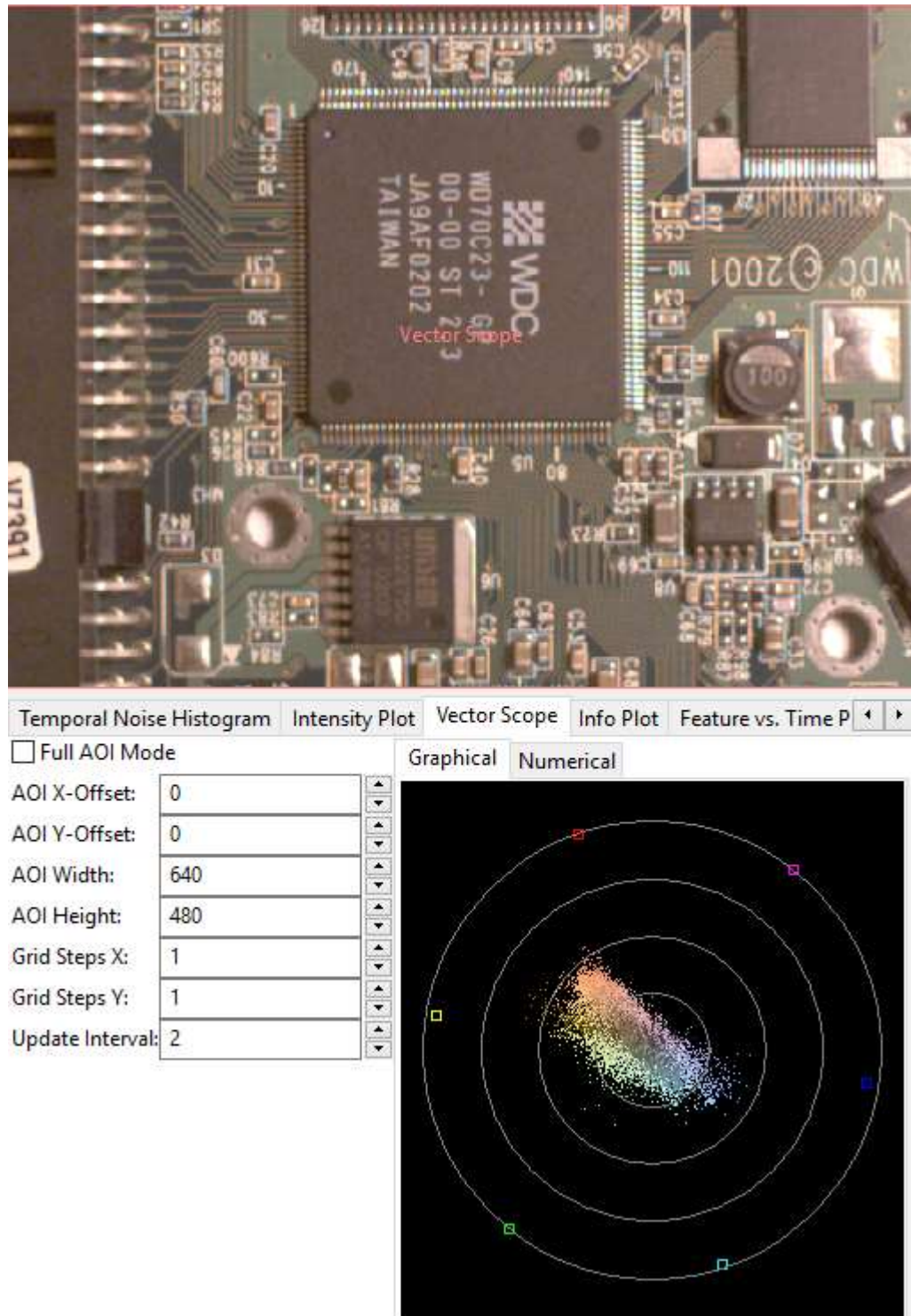
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K



(saját képernyőkép)

32. melléklet

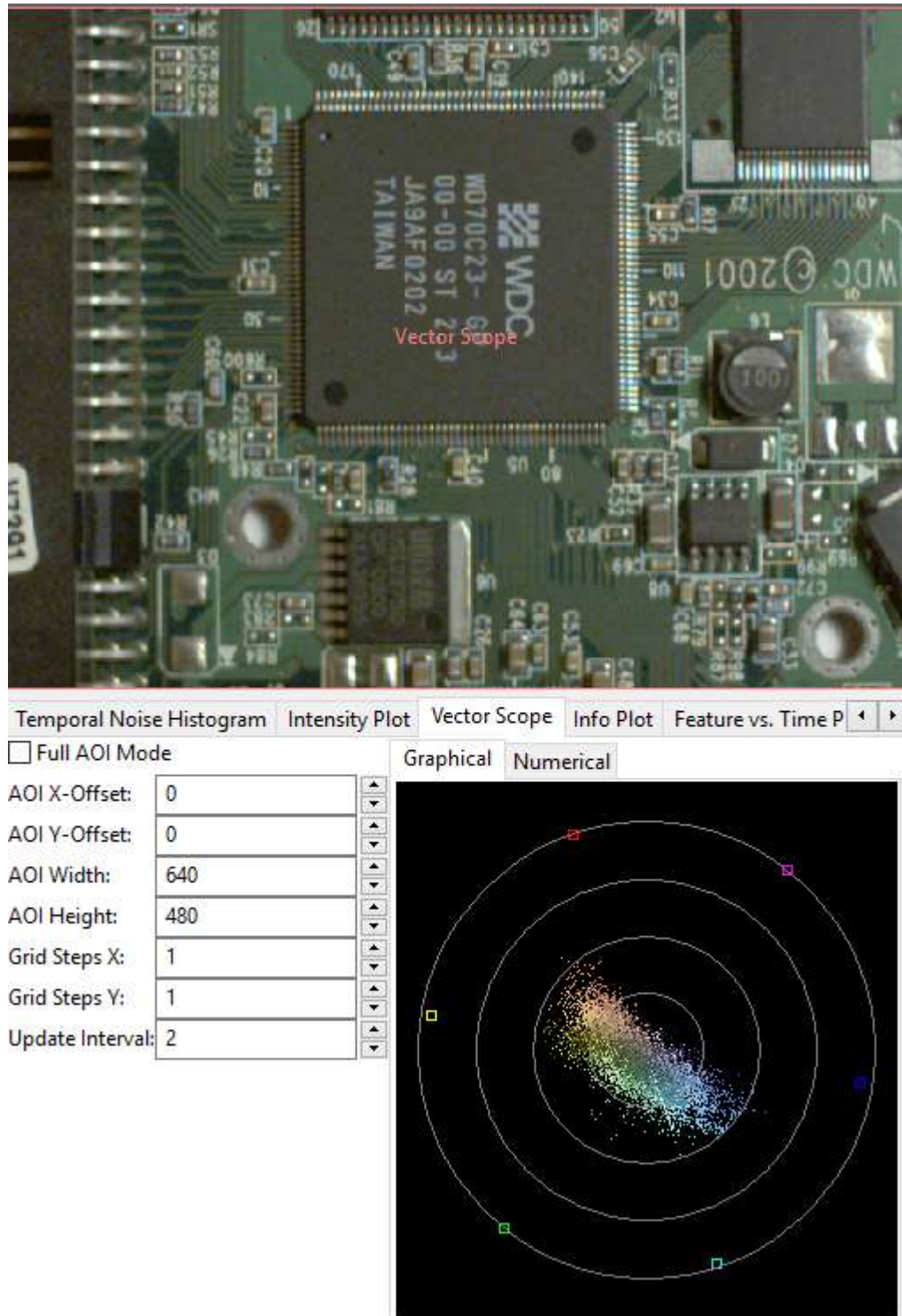
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K



(saját képernyőkép)

33. melléklet

IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700 K

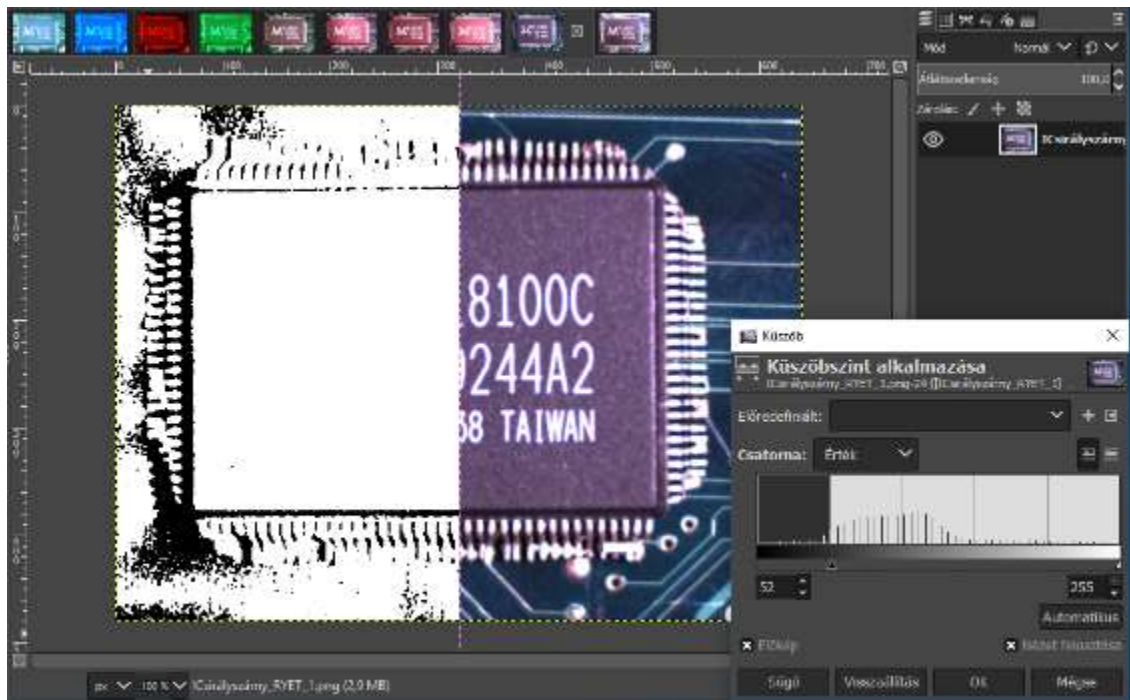


(saját képernyőkép)

34. melléklet

Binarizációs küszöbértékek és a kapott fekete-fehér pixelek száma a QFP sírályszárnyú integrált áramkör esetében

QFP sirályszárnyú integrált áramkör	Optimális küszöbszint [0 - 255]	Képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszintnél		Optimális küszöbszint átlagnál a képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszint átlagnál		Eltérés az optimális küszöbszint átlagtól
		Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	
Philips Krypton izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	132	226588	80612	74%	26%	253047	54153	82%	18%	21,2%
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	102	224742	82458	73%	27%	217701	89499	71%	29%	-2,0%
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	52	280482	26718	91%	9%	148019	159181	48%	52%	-100,0%
GE/Tungsrám kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	90	196343	110857	64%	36%	172469	134731	56%	44%	-15,6%
Fehér LED (2*96db-os)	112	288472	18728	94%	6%	294107	13093	96%	4%	7,1%
Piros LED (2*96db-os)	64	214897	92303	70%	30%	181210	125990	59%	41%	-62,5%
Zöld LED (2*96db-os)	83	296276	10924	96%	4%	281401	25799	92%	8%	-25,3%
Kék LED (2*96db-os)	197	290234	16966	94%	6%	306124	1076	100%	0%	47,2%
Optimális küszöbszint átlaga:	104									

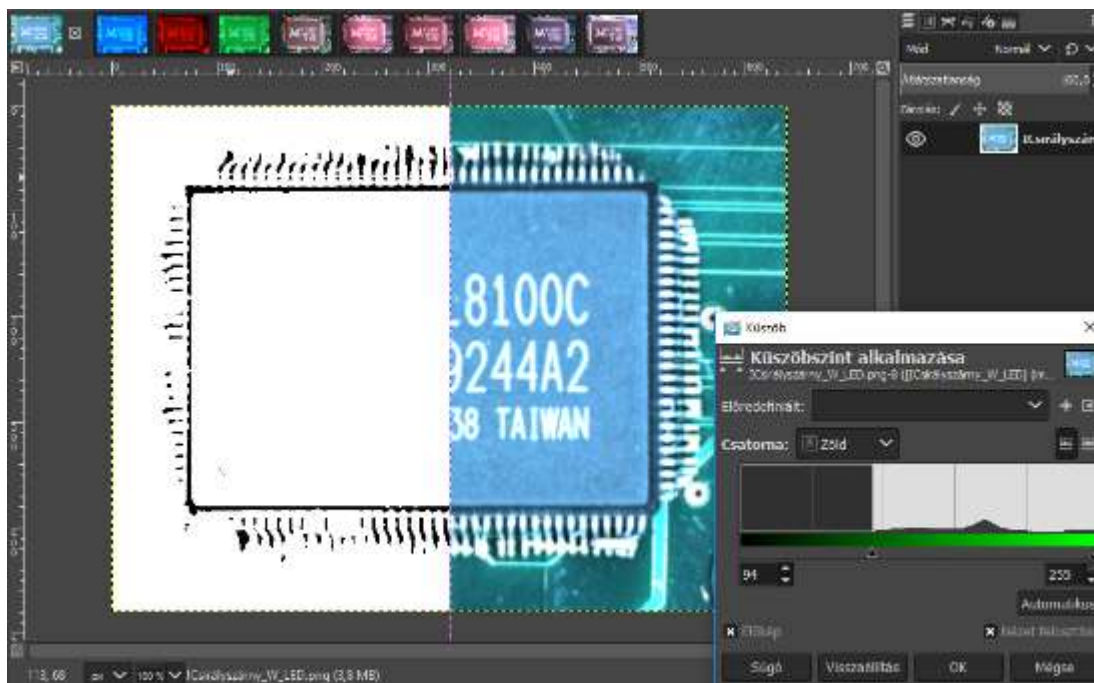


(saját képernyőkép)

35. melléklet

Optimális binarizációs küszöbértékek színcsatornánként a QFP sirályszárnnyú integrált áramkör esetében

QFP sirályszárnnyú integrált áramkör	Optimális küszöbszintek csatornák vagy összérték szerint [0 - 255]					
	Érték	Piros	Zöld	Kék	Fényesség	Átlag
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	98	101	42	58	56	71
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	108	96	55	72	70	80
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	79	69	56	86	64	71
GE/Tungsramp kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	82	77	64	64	64	70
Fehér LED (2*96db-os)	109	84	94	107	78	94
Piros LED (2*96db-os)	89	89	4	1	23	41
Zöld LED (2*96db-os)	94	9	89	24	68	57
Kék LED (2*96db-os)	212	6	63	216	63	112

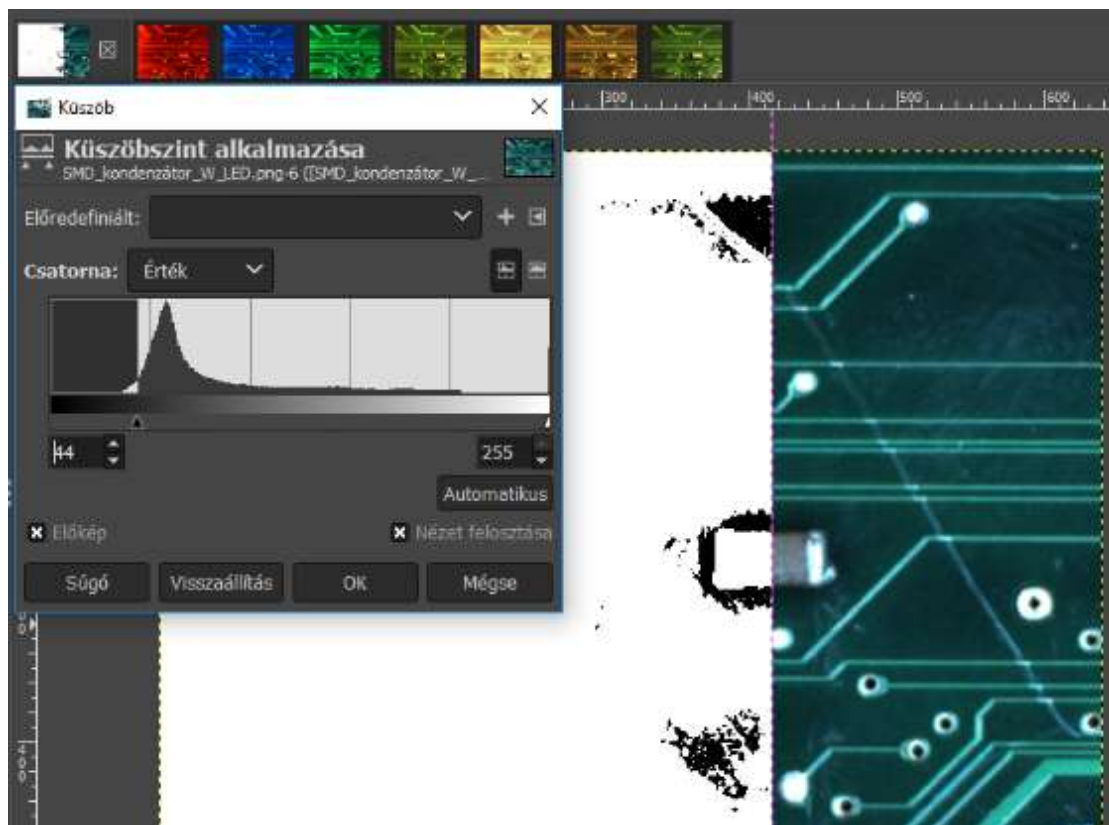


(saját képernyőkép)

36. melléklet

Binarizációs küszöbértékek és a kapott fekete-fehér pixelek száma a SMD kerámia kondenzátor esetében

SMD kerámia kondenzátor	Optimális küszöbszint [0 - 255]	Képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszintnél		Optimális küszöbszint átlagnál a képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszint átlagnál		Eltérés az optimális küszöbszint átlagtól
		Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	54	304526	2674	99%	1%	301707	5493	98%	2%	-30,8%
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	144	305137	2063	99%	1%	306259	941	100%	0%	51,0%
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	42	304893	2307	99%	1%	301707	5493	98%	2%	-68,2%
GE/Tungstam kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	41	305579	1621	99%	1%	239230	67970	78%	22%	-72,3%
Fehér LED (2*96db-os)	44	300652	6548	98%	2%	118412	188788	39%	61%	-60,5%
Piros LED (2*96db-os)	87	240528	66672	78%	22%	292793	14407	95%	5%	18,8%
Zöld LED (2*96db-os)	61	300268	6932	98%	2%	277162	30038	90%	10%	-15,8%
Kék LED (2*96db-os)	92	300193	7007	98%	2%	306626	574	100%	0%	23,2%
Optimális küszöbszint átlaga:	71									

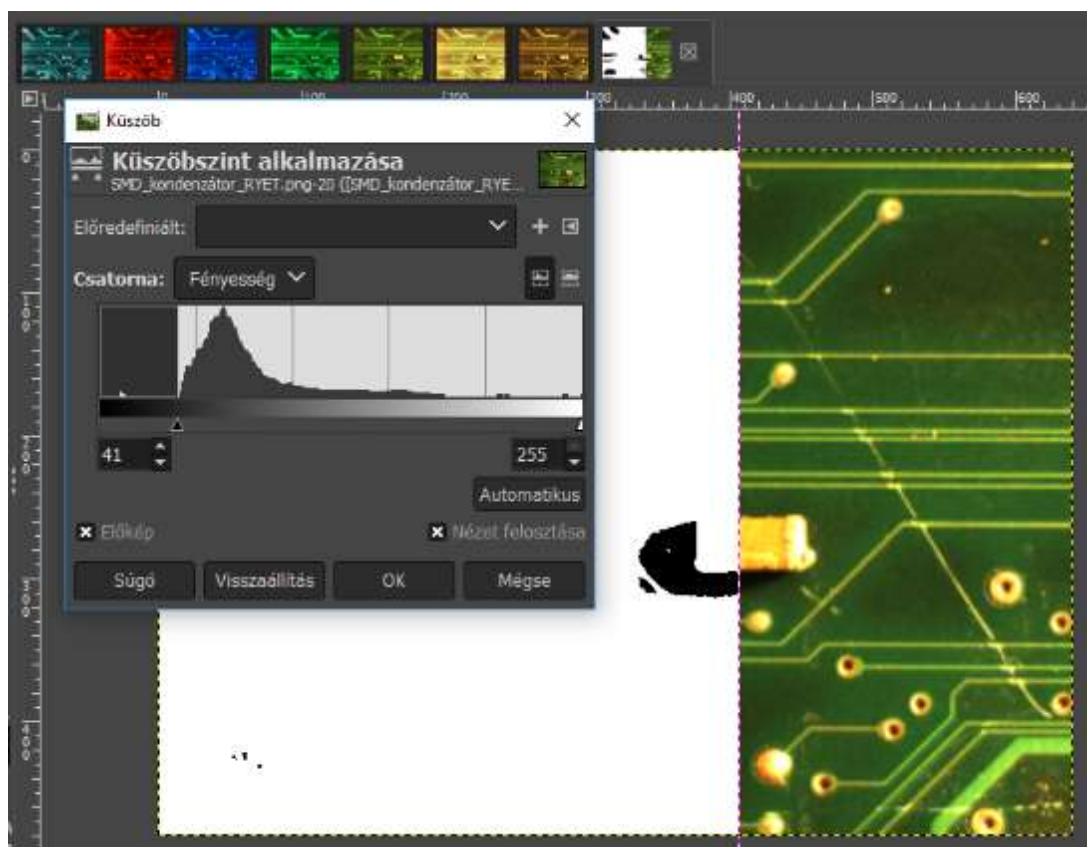


(saját képernyőkép)

37. melléklet

Optimális binarizációs küszöbértékek színcsatornánként az SMD kerámia kondenzátor esetében

SMD kerámia kondenzátor	Optimális küszöbszintek csatornák vagy összérték szerint [0 -					
	Érték	Piros	Zöld	Kék	Fényesség	Átlag
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	54	70	44	15	47	46
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	144	90	93	38	102	93
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	42	35	41	17	41	35
GE/Tungsrám kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	41	38	46	15	37	35
Fehér LED (2*96db-os)	44	14	41	42	30	34
Piros LED (2*96db-os)	87	79	5	1	20	38
Zöld LED (2*96db-os)	61	4	57	16	43	36
Kék LED (2*96db-os)	92	3	34	99	27	51

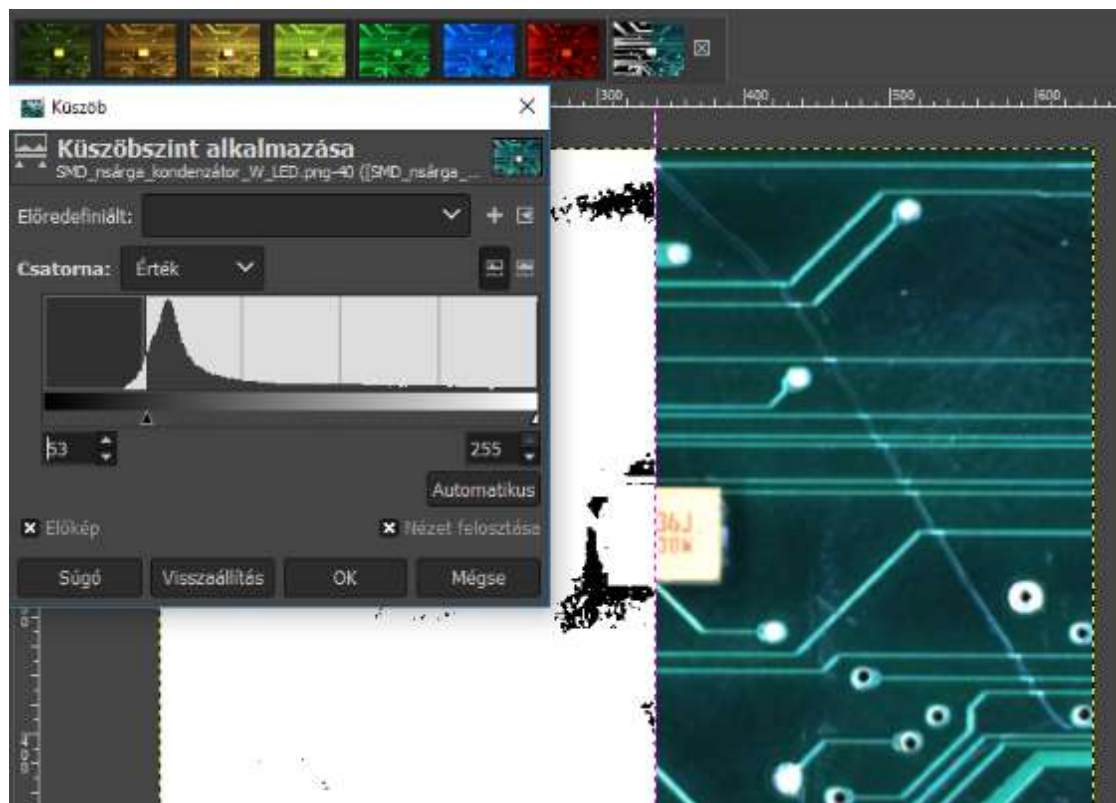


(saját képernyőkép)

38. melléklet

Binarizációs küszöbértékek és a kapott fekete-fehér pixelek száma az SMD polimer kondenzátor esetében

SMD polimer kondenzátor	Optimális küszöbszint [0 - 255]	Képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszintnél		Optimális küszöbszint átlagnál a képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszint átlagnál		Eltérés az optimális küszöbszint átlagtól
		Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	255	15665	291535	5%	95%	28006	279194	9%	91%	17,1%
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	255	35645	271555	12%	88%	51261	255939	17%	83%	17,1%
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	250	6854	300346	2%	98%	6804	300396	2%	98%	15,4%
GE/Tungstam kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	255	27976	279224	9%	91%	58774	248426	19%	81%	17,1%
Fehér LED (2*96db-os)	53	287451	19749	94%	6%	19334	287866	6%	94%	-299,1%
Piros LED (2*96db-os)	255	20908	286292	7%	93%	29332	277868	10%	90%	17,1%
Zöld LED (2*96db-os)	232	24311	282889	8%	92%	30546	276654	10%	90%	8,8%
Kék LED (2*96db-os)	137	291885	15315	95%	5%	99034	208166	32%	68%	-54,4%
Optimális küszöbszint átlaga:	212									

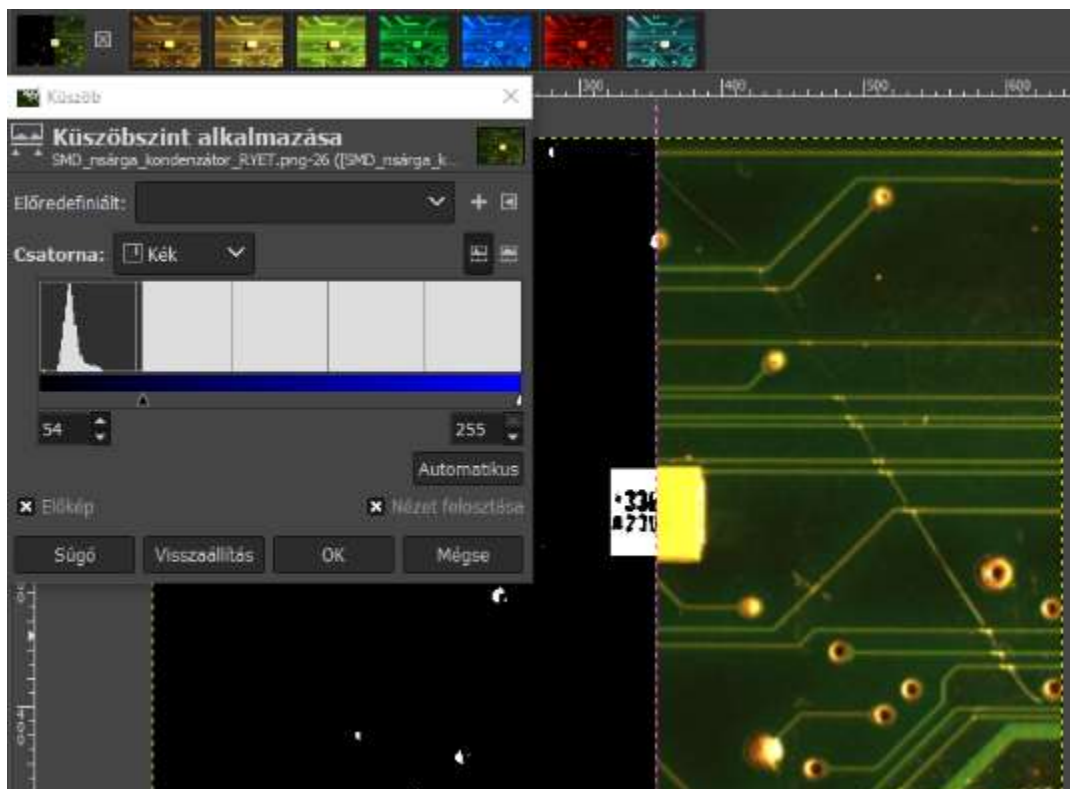


(saját képernyőkép)

39. melléklet

Optimális binarizációs küszöbértékek színcsatornánként az SMD polimer kondenzátoresetében

SMD polimer kondenzátor	Optimális küszöbszintek csatornák vagy összérték szerint [0 - 255]					
	Érték	Piros	Zöld	Kék	Fényesség	Átlag
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	255	255	220	53	176	192
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	255	255	244	83	255	218
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	250	163	140	54	117	145
GE/Tungsramp kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	255	255	254	83	241	218
Fehér LED (2*96db-os)	53	162	216	48	43	104
Piros LED (2*96db-os)	255	233	37	1	64	118
Zöld LED (2*96db-os)	232	36	255	77	194	159
Kék LED (2*96db-os)	120	16	46	132	95	82



(saját képernyőkép)

40. melléklet

Binarizációs küszöbértékek és a kapott fekete-fehér pixelek száma a felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/ esetében

Felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/	Optimális küszöbszint [0 - 255]	Képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszintnél		Optimális küszöbszint átlagnál a képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszint átlagnál		Eltérés az optimális küszöbszint átlagtól
		Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	255	57966	249234	19%	81%	70186	237014	23%	77%	7,2%
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	255	50415	256785	16%	84%	57194	250006	19%	81%	7,2%
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	250	17091	290109	6%	94%	24784	282416	8%	92%	5,3%
GE/Tungsramp kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	253	12222	294978	4%	96%	18437	288763	6%	94%	6,4%
Fehér LED (2*96db-os)	225	69315	237885	23%	77%	62479	244721	20%	80%	-5,2%
Piros LED (2*96db-os)	146	31515	275685	10%	90%	12167	295033	4%	96%	-62,2%
Zöld LED (2*96db-os)	255	55668	251532	18%	82%	86182	221018	28%	72%	7,2%
Kék LED (2*96db-os)	255	112238	194962	37%	63%	162889	144311	53%	47%	7,2%
Optimális küszöbszint átlaga:	237									

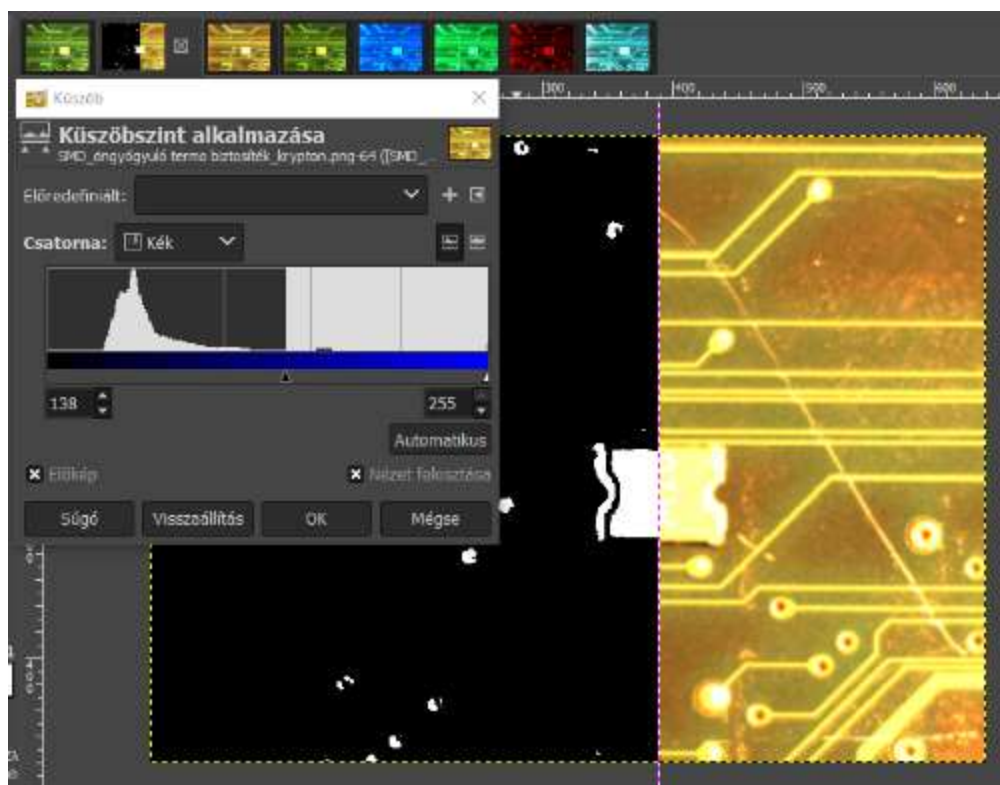


(saját képernyőkép)

41. melléklet

Optimális binarizációs küszöbértékek színcsatornánként a felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/ esetében

Felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/	Optimális küszöbszintek csatornák vagy összérték szerint [0 - 255]					
	Érték	Piros	Zöld	Kék	Fényesség	Átlag
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	255	255	229	138	247	225
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	255	246	255	117	244	223
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	250	234	235	93	228	208
GE/Tungsramp kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	253	249	241	57	213	203
Fehér LED (2*96db-os)	225	134	255	254	216	217
Piros LED (2*96db-os)	146	136	8	0	33	65
Zöld LED (2*96db-os)	255	53	213	145	194	172
Kék LED (2*96db-os)	255	17	130	255	158	163

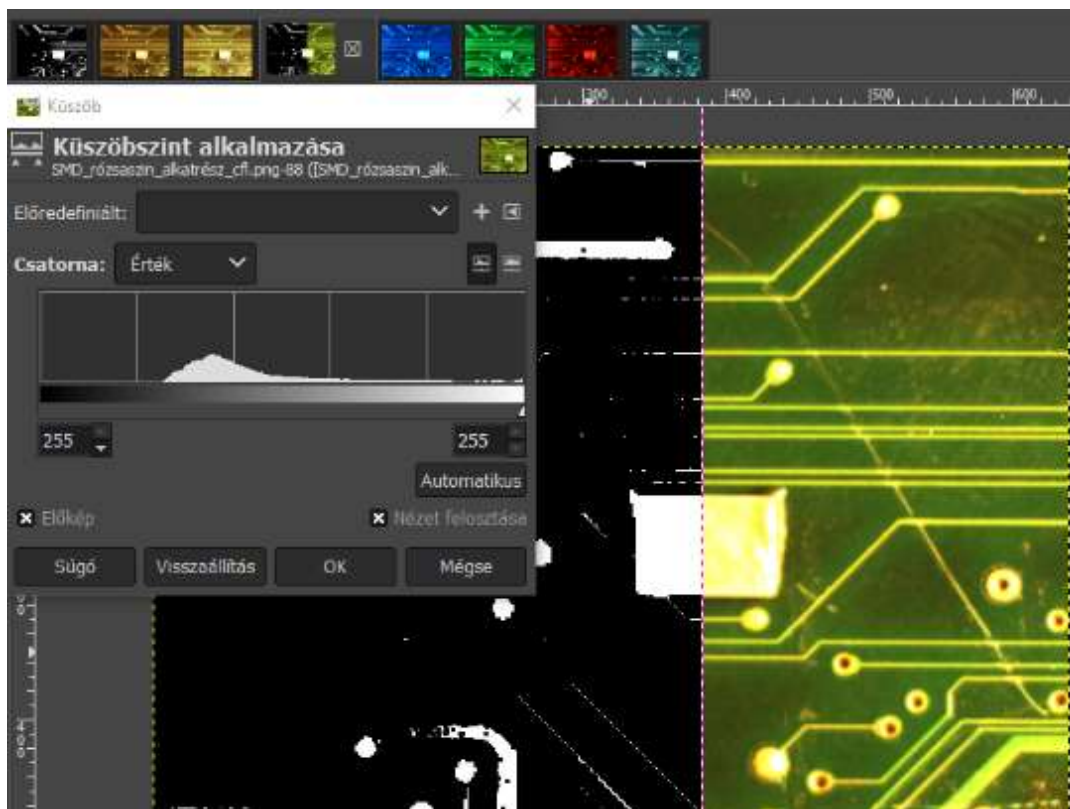


(saját képernyőkép)

42. melléklet

Binarizációs küszöbértékek és a kapott fekete-fehér pixelek száma az SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor esetében

SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor	Optimális küszöbszint [0 - 255]	Képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszintnél		Optimális küszöbszint átlagnál a képpontok száma		Képpont megoszlás optimális küszöbszint átlagnál		Eltérés az optimális küszöbszint átlagtól
		Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	Fehér	Fekete	
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	255	23676	283524	8%	92%	28997	278203	9%	91%	6,0%
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	255	46381	260819	15%	85%	52964	254236	17%	83%	6,0%
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	255	22978	284222	7%	93%	29085	278115	9%	91%	6,0%
GE/Tungsum kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	250	19598	287602	6%	94%	25012	282188	8%	92%	4,2%
Fehér LED (2*96db-os)	187	25418	281782	8%	92%	14052	293148	5%	95%	-28,1%
Piros LED (2*96db-os)	205	19118	288082	6%	94%	21271	285929	7%	93%	-16,9%
Zöld LED (2*96db-os)	255	21606	285594	7%	93%	29612	277588	10%	90%	6,0%
Kék LED (2*96db-os)	255	44224	262976	14%	86%	50690	256510	17%	83%	6,0%
Optimális küszöbszint átlaga:	240									

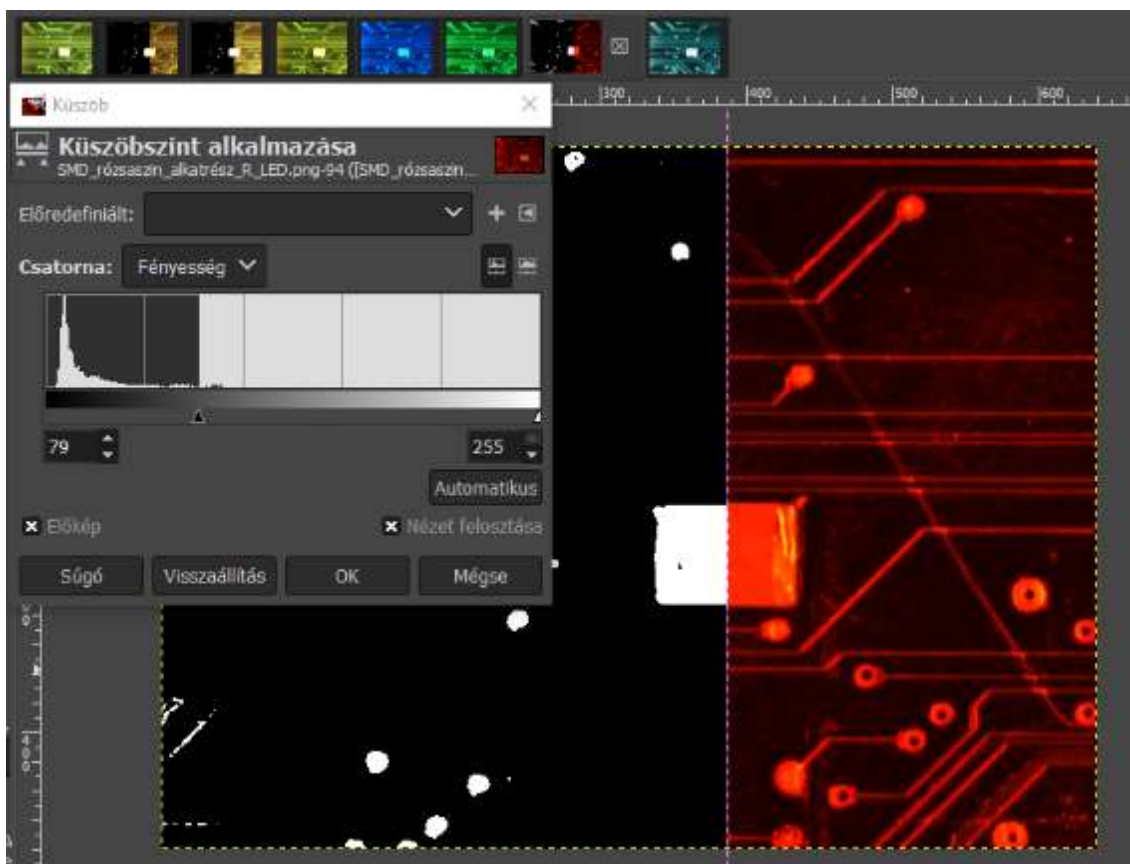


(saját képernyőkép)

43. melléklet

Optimális binarizációs küszöbértékek színcsatornánként az SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor esetében

SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor	Optimális küszöbszintek csatornák vagy összérték szerint [0 - 255]					
	Érték	Piros	Zöld	Kék	Fényesség	Átlag
Philips Kryptone izzólámpa 60 W, 680 lumen, 3400 K	255	255	160	72	192	187
LandLite halogén izzólámpa 42 W, 570 lumen, 2800 K	255	255	250	138	249	229
IKEA Ryet LED lámpa 5W, 400 lumen, 2700	255	255	246	98	209	213
GE/Tungsum kompakt spirál fénycső 20W 1152 lumen, 2700 K.	250	252	225	65	207	200
Fehér LED (2*96db-os)	187	121	188	194	201	178
Piros LED (2*96db-os)	205	200	27	0	79	102
Zöld LED (2*96db-os)	255	33	231	95	190	161
Kék LED (2*96db-os)	255	15	112	179	130	138

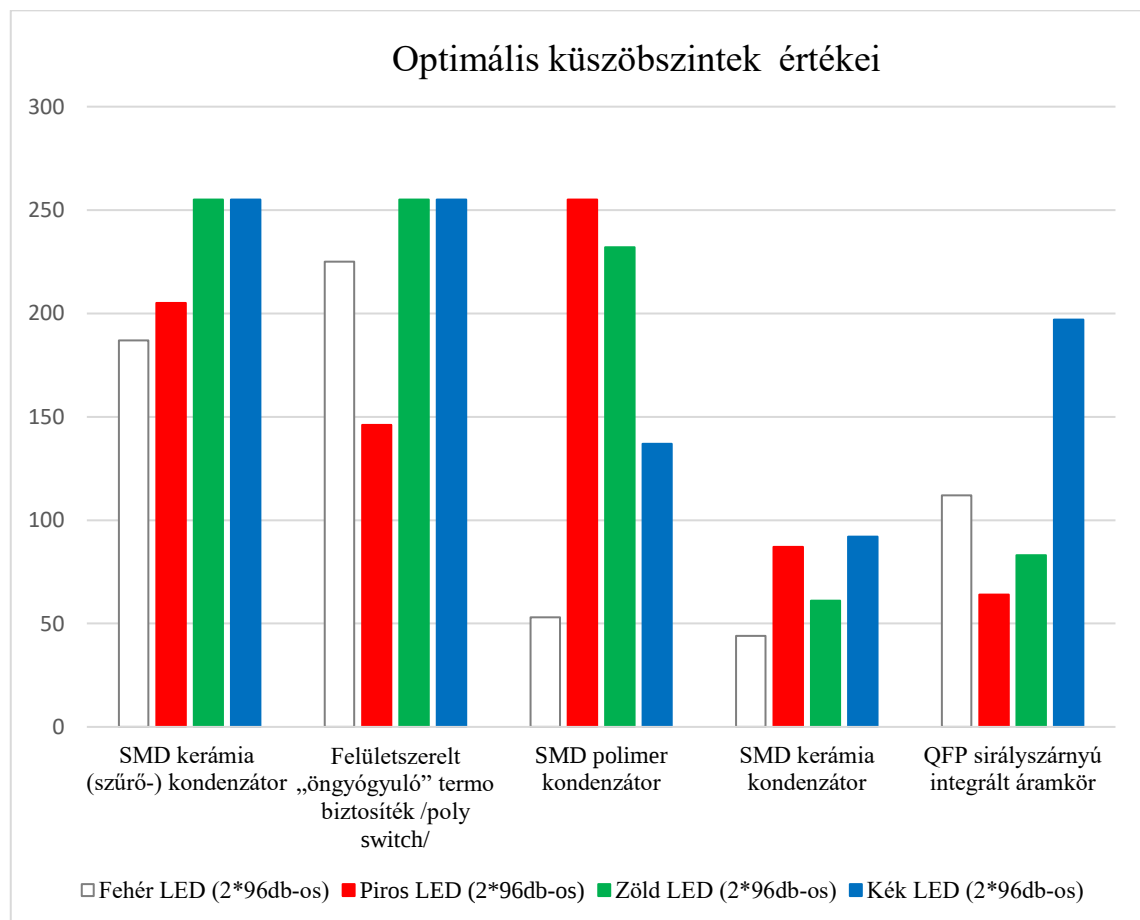


(saját képernyőkép)

44. melléklet

LED-es megvilágításnál az optimális küszöbszintek értékei alkatrészenként

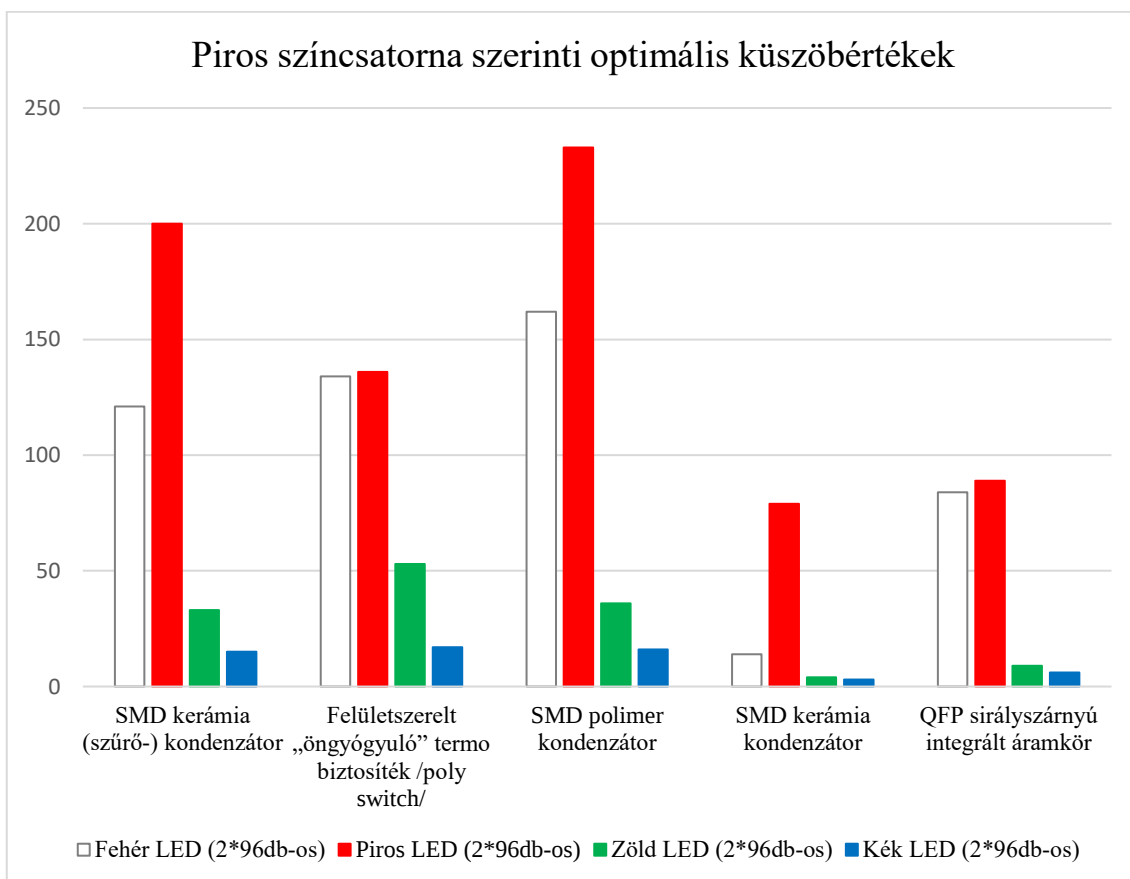
	SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor	Felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/	SMD polimer kondenzátor	SMD kerámia kondenzátor	QFP siralyszárnyú integrált áramkör
Fehér LED (2*96db-os)	187	225	53	44	112
Piros LED (2*96db-os)	205	146	255	87	64
Zöld LED (2*96db-os)	255	255	232	61	83
Kék LED (2*96db-os)	255	255	137	92	197



45. melléklet

A LED-es megvilágítás színe és a piros színsatorna szerinti optimális küszöbérték

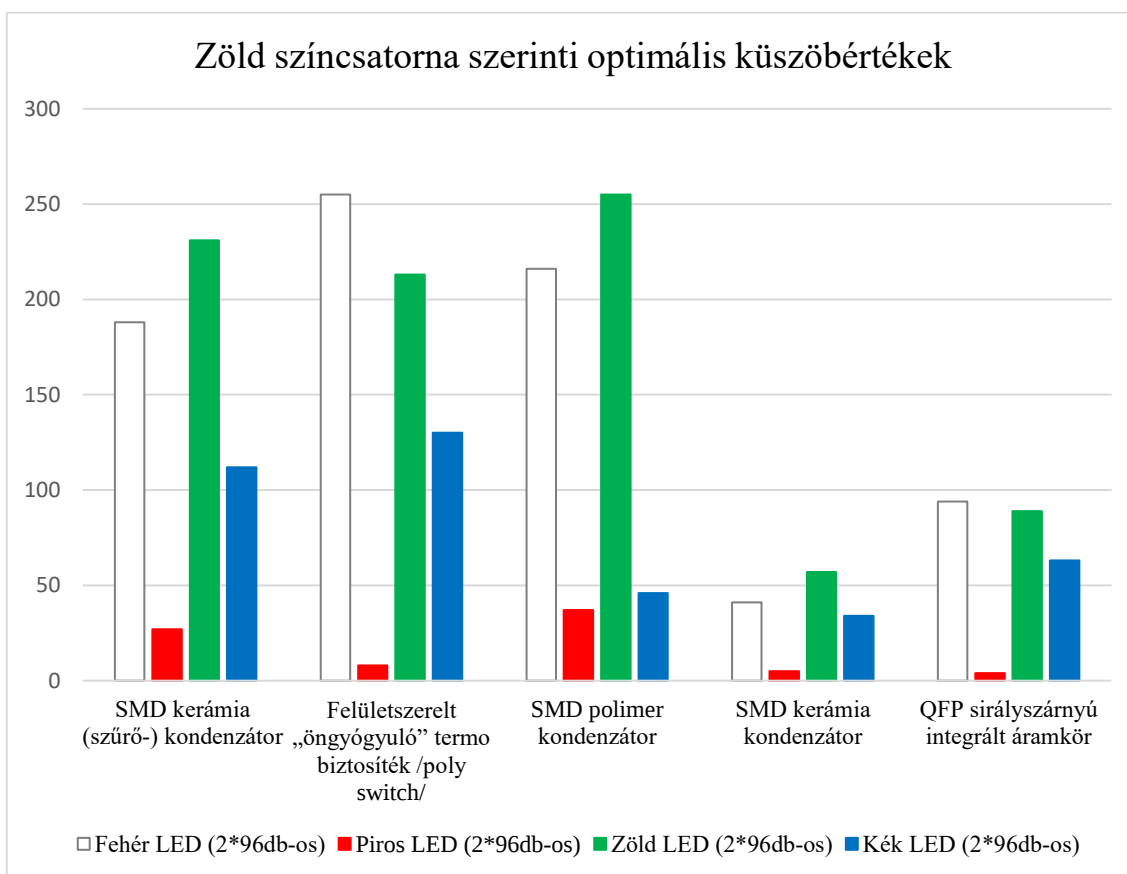
Piros színsatorna szerinti optimális küszöbértékek	SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor	Felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/	SMD polimer kondenzátor	SMD kerámia kondenzátor	QFP sirályszárnyú integrált áramkör
Fehér LED (2*96db-os)	121	134	162	14	84
Piros LED (2*96db-os)	200	136	233	79	89
Zöld LED (2*96db-os)	33	53	36	4	9
Kék LED (2*96db-os)	15	17	16	3	6



46. melléklet

A LED-es megvilágítás színe és a zöld színcsatorna szerinti optimális küszöbérték

Zöld színcsatorna szerinti optimális küszöbértékek	SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor	Felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/	SMD polimer kondenzátor	SMD kerámia kondenzátor	QFP sirályszárnyú integrált áramkör
Fehér LED (2*96db-os)	188	255	216	41	94
Piros LED (2*96db-os)	27	8	37	5	4
Zöld LED (2*96db-os)	231	213	255	57	89
Kék LED (2*96db-os)	112	130	46	34	63



47. melléklet

A LED-es megvilágítás színe és a kék színsatorna szerinti optimális küszöbérték

Kék színsatorna szerinti optimális küszöbértékek	SMD kerámia (szűrő-) kondenzátor	Felületszerelt „öngyógyuló” termo biztosíték /poly switch/	SMD polimer kondenzátor	SMD kerámia kondenzátor	QFP sirályszárnyú integrált áramkör
Fehér LED (2*96db-os)	194	254	48	42	107
Piros LED (2*96db-os)	0	0	1	1	1
Zöld LED (2*96db-os)	95	145	77	16	24
Kék LED (2*96db-os)	179	255	132	99	216

