



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet**

Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Digitális képfeldolgozás az élelmiszermínőségellenőrzésben

TDK dolgozat

Somogyi Tamás (IIVY7S)

Élelmiszermérnök Msc. II.évfolyam

Témavezető:

Dr. Zsomé dr Muha Viktória – egyetemi adjunktus

Budapest, 2021.

Tartalom

1	Bevezetés	1
2	A munka célja.....	3
3	Irodalmi áttekintés	4
3.1	Élelmiszer feldolgozás	4
3.2	Élelmiszerbiztonság	5
3.3	Csomagolás figyelés	6
3.4	Idegen tárgy észlelése	6
3.5	Látórendszerek	7
3.5.1	Látórendszerek felépítése	7
3.5.2	Objektív	8
3.5.3	Csatlakozási típusok	8
3.5.4	Objektívvel kapcsolatos alapfogalmak	9
3.5.5	Objektív típusok	10
3.6	Képbeviteli eszközök	10
3.6.1	Videókamera.....	10
3.6.2	Fényképezőgép	11
3.6.3	Scanner, Line-scan kamera.....	11
3.6.4	Speciális hullámhossz-tartományok	11
3.7	Megvilágítás.....	11
3.7.1	Megvilágítási technikák.....	12
3.8	Képfeldolgozás	14
3.8.1	Alacsony szintű képfeldolgozás	14
3.8.2	Középszintű képfeldolgozás	14
3.8.3	Magas szintű képfeldolgozás	14
3.8.4	Szegmentáció.....	15
3.8.5	Morfológiai operátorok.....	15

3.9	Képkészítés, továbbítás.....	16
3.9.1	Hiperspektrális képalkotás.....	16
3.9.2	Hőképalkotás	17
3.9.3	Röntgen (X-Ray)	18
3.9.4	Mágneses rezonancia képalkotás (MRI).....	19
3.10	A kép tárolása.....	21
4	Anyag és módszer.....	22
4.1	Felhasznált anyagok.....	22
4.1.1	Konzervben lévő anyagok megoszlása.....	22
4.2	Módszerek.....	23
4.2.1	Előkísérletek	23
4.2.2	Képek szegmentálása.....	23
4.2.3	Berendezés kialakítása.....	26
4.2.4	Berendezés tesztelése	27
5	Eredmények és kiértékelésük	29
5.1	Szegmentálás (terület meghatározás).....	29
5.2	Diszkriminancia-analízis	31
5.3	Rangkorreláció	33
5.4	Modell építés.....	34
5.5	Durbin Watson, Reziduum analízis	36
5.6	Berendezés építése	39
6	Összefoglalás	41
7	További cél	43
8	Felhasznált irodalom	45

1 Bevezetés

Életünket egyre jobban körbeveszi a technika, gondoljunk csak bele az elmúlt két évtized technikai újításaira eleinte milyen nagy gépekre volt szükség ugyanazon munka elvégzésére, amit ma is megejtünk mindennapjaink során. Ennek következtében egyre professzionálisabb gépek, berendezések láttak napvilágot, amik már nem csak a nagyipari vállalatok számára, hanem akár a hétköznapi ember részére is könnyedséget okozhat a mindennapokban. A legtöbb üzemben azonban nehéz megfelelő technikai újításokat bevezetni, mert azok a megvásárolt célra nem minden esetben megfelelőek.

Az iparban bekövetkezett újítások következtében korábban akár több ember munkáját jelenleg egyetlen egy ember végzi robotok, kamerák vagy egyes gépek kapcsolatának segítségével. Vitathatatlan az ipar számára ez az irány, miszerint minél kevesebb embert foglalkoztatva a korábbi vagy akár nagyobb teljesítmény elérése a cél a minőség megőrzése mellett. Ennek hátterében állhat az is, hogy nagyobb nyereséget szeretnének elérni a vállalatok a kiadásaik csökkentése mellett. Ugyanakkor cél lehet az ember, mint hibaforrás kiváltása vagy az emberek munkájának segítése, mely következtében megbízhatóbb eredményeket kaphatunk.

Ennek következtében foglalkozom dolgozatomban a számítógépes látórendszerekkel és képfeldolgozással az élelmiszerek minőségellenőrzésének elősegítése érdekében.

A Bonduelle Central Europe Kft. nagykőrösi telephelyén számos kukorica alapú keverék előállítása zajlik. Ilyenek a kukorica/zöldborsó, kukorica/vörösbab, kukorica/zöldborsó/paprika, kukorica/piros színű paprika. Ezeknek a keverékeknek meghatározott (specifikációba foglalt) előírásoknak kell megfelelniük. Ezek az előírások kiterjednek magára a felöntőlére (pH, ref.) és nettó töltő tömegre egyaránt. Munkám ezeknek a keverékeknek a növényi alapanyagmegoszlásának a vizsgálatára törekedett. Ennek oka nem más, mint hogy egyre inkább cél a fogyasztók teljeskörű tájékoztatása a megvásárolni kívánt élelmiszerekkel kapcsolatban, így különböző jelölési előírásoknak is eleget kell tennie az élelmiszer gyártóknak/forgalmazóknak. Esetünkben a keverékeket alkotó növényi nyersanyagok tömegszázalékban való megoszlását is fel kell tüntetni a konzervdobozok címkéjén, amelynek meghatározására emberi munkaerőt veszünk igénybe. Ezért ez az ötlet azért lehet nagy segítség a minőségellenőrzés számára, mivel ezek ellenőrzése teljes mértékben emberi erőforrást igényel. Értem azt ez alatt, hogy a gyártásközi ellenőrnek egyesével kell szétválogatnia adott időközönként, előre meghatározott mennyiségű konzervdoboz tartalmát, majd ezeknek a frakcióknak a tömegét egyesével mérleg segítségével meghatározni, dokumentálni. Ez egyes esetekben teljes embert kíván, mivel ennek ellenőrzése nem csupán

egyszer történik meg, hanem a 8 órás műszak alatt minden vonalon (egy üzem esetén akár több vonal is működhet egyszerre) óránként. Ami, ha belegondolunk igencsak időigényes egy folyamat. Továbbá, ha figyelembe vesszük, hogy mennyi más lényeges dologgal kell foglalkoznia a gyártásközi ellenőröknek az arány vizsgálata mellett, például a töltő, nettó tömegek, vákuumos termékek esetén a vákuumok ellenőrzésével, esetleg ezeknek a tényezőknek -amennyiben szükséges- beállításainak módosításával és a rendszeres dokumentációról nem is beszélve, akkor beláthatjuk, hogy ezen feladatok mellett igen nagy a hibaforrás.

Így munkám célja a gyártásközi ellenőrzés segítésére egy olyan képfeldolgozó rendszer kiépítése volt, ami egy felülnézeti kép segítségével százalékos megoszlásban képes meghatározni a konzervdoboz növényi alapanyagtartalmának százalékos megoszlást. Ennek segítségével jelentős időmegtakarítást érhetnénk el a gyártásközi ellenőrzésben, továbbá az ellenőrök számára ezzel párhuzamosan több idejük jutna más fontos tényezők ellenőrzésére, nyomonkövetésére.

2 A munka célja

Munkám célja tehát nem más, mint egy olyan képfeldolgozó rendszer kialakítása volt, amely alkalmas arra, hogy a konzervkeverékek gyártásközi ellenőrzését jelentősen lerövidítve, pontos mérési adatokat biztosítson a növényi alapanyagok megoszlásáról.

Ezért a következő célokat tűztem ki a munkám során.

- Referencia mérések segítségével meghatározni a tömeg és pixelek közti összefüggéseket, majd különböző statisztikai módszerek segítségével a kapott összefüggéseket alátámasztani.
- Egyes, a mérést befolyásoló tényezők meghatározása és a megfelelő elrendezés, mérési körülmények kialakítása.
- A tényleges berendezés kiépítése. A feladat elvégzéséhez szükséges paraméterek beállítása.
- A képfeldolgozási módszer esetében a mérési paraméterek (megvilágítás, háttér színe, réteg vastagság) hatásának vizsgálata a kapott eredményekre és azok paramétereire.
- A képfeldolgozó módszer alkalmazhatóságának meghatározása.

3 Irodalmi áttekintés

Manapság a fogyasztók számára egyre fontosabb, hogy az élelmiszerek minősége és biztonsága megfelelő legyen. Egyre inkább fogyasztói elvárás, hogy kiváló minőségű termékeket vásárolhassanak, ami kiterjed többek között az adott élelmiszer ízére, állományára és megjelenésére egyaránt.

A kiváló minőségű termék tehát több tényező együttes megfelelését teszi szükségessé miszerint ne veszélyeztesse az emberek egészségét vagy, hogy egy adott fogyasztói csomagoláson belül is mindig megfelelő méretű, alakú, színű és összetételű termékeket találjunk. Ezek tudatában nyugodtan mondhatjuk, hogy az élelmiszerek minőségének biztosítása igen összetett folyamat azért is, mivel az élelmiszerelőállítás minden szakaszát figyelemmel kell kísérni a termesztéstől, egészen a fogyasztásig bezáróan.

Viszont, ha azt nézzük minden élelmiszer előállítás, így a konzerv zöldségkeverékek előállítása során is a növényi nyersanyagok számos folyamaton esnek át míg eljutnak a fogyasztóig. Gondoljunk csak bele, hogy egy egyszerű keverék, mint a kukorica-zöldborsó összességében a kukoricát le kell aratni, el kell szállítani az üzemig, ahol átesik a fosztáson, morzsoláson, flotációs mosáson, optikai válogatáson. Míg, ha a zöldborsót nézzük, ami már kicsépelet állapotba érkezik az üzembe (ennek ellenére előfordulhat, hogy hüvelyes nyersanyag is kerül a vonalra) szintén át esik a légszelektáláson, flotációs mosáson, optikai válogatáson. Ezekből az anyagokból napi szinten több tonna érkezik az üzemekbe, ami azt vetíti előre, hogy már a megfelelő minőség és termelékenység fenntarthatósága miatt is elengedhetetlen az élelmiszeripar területén is a képfeldolgozó rendszerek használata, mivel igen nagy létszámú emberre lenne szükség adott folyamatok ellenőrzésére. Így kiemelten fontos a képfeldolgozó rendszerek fejlesztése, ami nagyban segítheti az iparágat az élelmiszerelőállítás hatékonyságának javításában.

A nagyipari képfeldolgozás egyre nagyobb kereteket ölt és ennek következtében az élelmiszerek előállítása során is egyre nagyobb számban megfigyelhetünk valamilyen kamerás megfigyelő rendszert. A gépi látórendszerek folyamatos fejlesztésével olyan feladatokat valósíthatunk már meg, mint az ételek osztályozása, a hibás foltos szemek esetleg idegen anyagok helyének felderítése és ennek következtében valamilyen segédrendszerrel pl.: sűrítettlevegővel történő szennyeződések eltávolítása.

3.1 Élelmiszer feldolgozás

Élelmiszerfeldolgozás során a nyersanyagokat emberifogyasztásra alkalmas állapotba való hozását értjük.

A feldolgozást elő- és utófeldolgozásra bonthatjuk, ami szerint az előfeldolgozás nem más, mint a kertészeti termékek betakarítását követő műveletek, amik egyben a feldolgozást is segítő eljárások. Ide tartozhat ennek ismeretében a mosás, légszelektálás, fosztás, morzsolás, optikai válogatás.

Utofeldolgozás alatt viszont olyan összetettebb eljárásokat értünk, mint az előfőzés vagy a hőkezelés, mondhatni, hogy azoknak a folyamatoknak az összessége, amelyek révén a mezőgazdasági termékek gazdasági értékét növeljük (Fellows, 2009).

Azonban, ha megfigyeljük az emberi populáció folyamatos és nem mellékesen gyors növekedését, ami mindenekelőtt hatalmas nyomást gyakorol az élelmiszeripar egészére, akkor azt is láthatjuk, hogy a folyamatos növekvő igény inkább a minőségi élelmiszerek iránt egyre nagyobb. Ezeket nem lehet csak igen munkaigényes műveletekkel biztosítani, ami magas munkaerőköltséget is jelent és így sajnos az élelmiszerfeldolgozási modell nem hozhat egyszerre magas minőséget és alacsony árat egyaránt. Ezért különösen fontos, hogy az élelmiszeripari szakemberek és kutatók folyamatosan dolgozzanak az innovatív feldolgozási technikákon, amelyek az élelmiszerfeldolgozás elősegítését célozzák a költségek csökkentése, és az élelmiszer minőségének növelése révén (Zhu és mtsai 2021).

3.2 Élelmiszerbiztonság

A kamerás megfigyelő rendszerek azonban nem csak egyszerű ellenőrzésekre (darabszám, csomagolás stb.) használhatjuk, hanem akár élelmiszerbiztonsági tényezőket is vizsgálhatunk vele. Az élelmiszerbiztonság annak biztosítását jelenti, hogy az élelmiszerben ne legyen jelen semmilyen mérgező anyag, amely a fogyasztó egészségét veszélyeztetné. Így tulajdonképpen az élelmiszerbiztonság egy interdiszciplináris megközelítést igényel, ami az élelmiszerek feldolgozására, tárolására és értékesítésére egyaránt kiterjed úgy, hogy a biotikus és abiotikus szennyeződési kockázatok lehető legnagyobb mértékű csökkentését biztosítja. Eleinte leginkább csak morfológiai jellemzőit, mint méretét és alakját vizsgálták kamerás rendszerekkel az élelmiszereknek és ennek következtében általában csak az élelmiszerek osztályozására használták, használják. Ennek oka nem más, mint hogy a szokatlan vagy egyenetlen formájú termékek befolyásolják az adott élelmiszer népszerűségét a piacon mivel a fogyasztó először a termék küllemével találkozik, arról alkot véleményt. Azonban a kertészeti termékek küllemében bekövetkező fizikai változások érés során utalhatnak azok kémiai állapotára is, amivel már a romlás jelei is detektálhatóak lesznek (Zhu és mtsai 2021).

3.3 Csomagolás figyelés

A csomagolás az egyik legfontosabb folyamat az élelmiszer tárolása, szállítása és végfelhasználásának szempontjából. Egy jó csomagolás nemcsak megőrzi az élelmiszer minőségét, hanem ezek mellett csökkenti a minőségromlást és elősegítheti a termékek értékesítését egyaránt, valamint védi a terméket a környezeti hatásoktól elősegíti a tárolhatóságot és nem utolsósorban a fogyasztók ösztönzése is növelhető egy megfelelő csomagolás kialakításával (Han J. H. 2005).

Ennek ellenőrzésére volt már példa. Ilyen munka volt Lopez-Rubio és mtsai (2005) munkája, akik szinkrotron röntgenanalízist használtak az élelmiszerekben és az élelmiszer-csomagolóanyagokban az ipari folyamatok során bekövetkező esetleges változások figyelésére. Mivel vannak az élelmiszeriparban olyan termékek, mint a konzerv is, amit nem feltétlen éppen a hőkezelés után csomagolnak, hanem mondjuk egy-két hónappal később, abban az esetben előfordulhat az a probléma, amikor a különböző cikkszámú termékek jönnek a csomagoló soron egymásután és összekeverednek. Ebben az esetben fennáll a veszélye annak, hogy egy konzervre nem a megfelelő címke kerül, így tévesen vásárolhat meg a fogyasztó olyan terméket, amire nem vágyna, mert a konzerv tartalma nem egyezik meg a kívánt szükséglettel. Ebben az esetben nem csak a fogyasztónak kellemetlen az a szituáció, hogy nem a megfelelő termékhez jutott, hanem a cégnek is, aki esetleg ennek következtében egy vásárlóját vesztheti el. Mivel egy ilyen csomagolás során a konzervdobozok igen nagy sebességgel is követhetik egymást lehetetlen feladatnak minősül szabadszemmel meghatározni az egyes konzervek alján lévő cikkszámokat. Erre a feladatra is rendkívül jó megoldást biztosítanak a különböző kamerás megfigyelő rendszerek, amelyekkel alkalmunk adódik több száz darab konzerv cikkszámának ellenőrzésére percenként.

3.4 Idegen tárgy észlelése

A nagyobb veszélyt azonban az jelenti, ami egyben az élelmiszervisszahívások egyik fő okát is eredményezi, amikor esetleg valamilyen idegen tárgy kerül a termékbe, ez lehet rovar, gumi, üveg, fém, apró kő vagy kavics és sok más egyéb idegenanyag. Ezek a szennyezőanyagok az élelmiszerfeldolgozás bármely lépése során belekerülhetnek az élelmiszerbe vagy annak csomagolásába, amely akár a márkahűség elvesztéséhez is vezethet.

Az élelmiszeriparban ezért egyre növekvő figyelmet fordítanak az élelmiszerek biztonságára és minőségére, amivel párhuzamosan az idegen tárgyak jelenléte is fokozatosan csökken az élelmiszereken. Az is tény, hogy a fogyasztók egyre kényelmesebb hozzáállása véget az egyéni felelősség (hogy gondosan ellenőrizték az esetleges idegen anyagok jelenlétét) egyre csökken

és a mai kor fogyasztójára továbbá az is igaz, hogy ezeknek az anyagoknak az esetleges jelenlétét nehezebben viseli el. Mindezen élelmiszerbiztonságot és minőséget befolyásoló tényező ellenőrzésére kialakult technológiák és felismerési módszerek, mint a röntgen, az ultrahang és a hőképalkotás könnyen felismerhetővé teszik az idegen tárgyakat (Mohd Khairi és mtsai, 2018).

3.5 Látórendszerek

Kezdetben a képfeldolgozás módszerei főként az űr- és haditechnikában volt alkalmazásban. Az idő előrehaladtával, valamint a technikai fejlődésnek egyaránt köszönhetően azonban a képfelvevő, digitalizáló eszközök egyre jobban a mindennapjaink részévé váltak, aminek következtében nem csak az ipari automatizálásban, de a minőségellenőrzésben is szerepet tudnak vállalni.

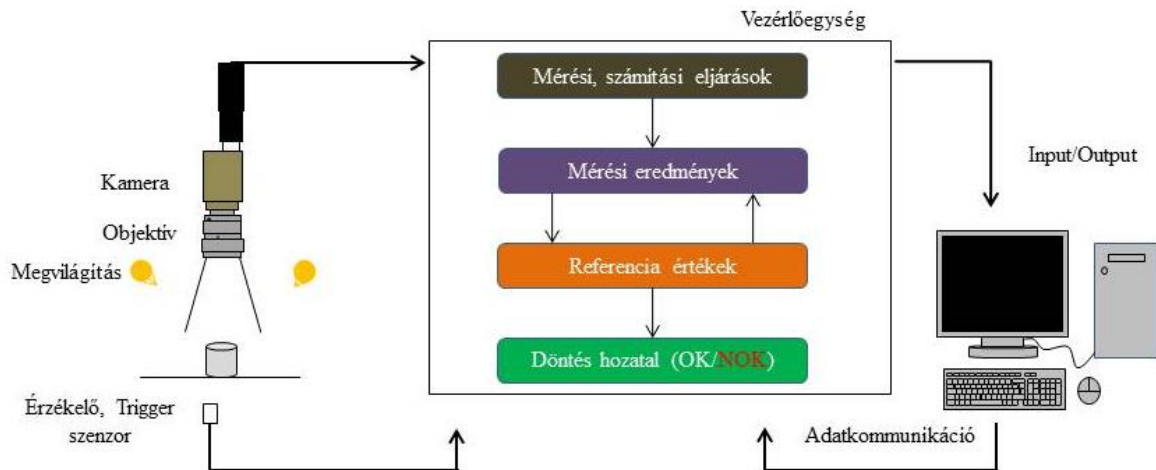
Ennek köszönhető, hogy életünket egyre jobban meghatározzák a minket körülvevő elektronikai eszközök, amelyek egyre kisebbé és erősebbé válnak, és e trend alól a gépi látás, mint technológia sem kivétel (Firtha, 2008).

3.5.1 Látórendszerek felépítése

Egy vizuális képfeldolgozó rendszertől alapvetően elvárjuk többek között, hogy el tudja készíteni a képeket majd a képeken lévő egyes jellemzők elemzését esetleges tárgyak felismerését.

A képfeldolgozó rendszereket alapvetően három különálló részre oszthatjuk (optikai rendszer, vezérlőegység, output), amik aztán együttesen képezik magát a látórendszert (1. ábra).

Az első és talán legfontosabb része maga az optikai rendszer (kamera, objektív) és a hozzátartozó megvilágítás, amely a tulajdonképpeni kép elkészítéséért felelős. A digitalizálás a következő folyamat, amelyben a képek rögzítése és megjelenítése történik. A vezérlőegység az, amely a referencia értékek és számítási eljárások alapján képes döntést hozni, a mérési eredmények megfelelőségéről. Mindezek mellett az adatokat látni és értelmezni is szükséges ezen feladatokra szolgálnak az output egységek, mint például a monitor, ami az eredmény megjelenítéséért felelős (Golnabi és Asadpour, 2007).



1. ábra: Látórendszerek általános felépítése

Ha a rendszer alap felépítését nézzük maga a mérési folyamat a termék kamera elé történő pozicionálásával kezdődik, ami után manuálisan vagy egy elektromos trigger jel segítségével automatikusan elkészül a kép. Az így rendelkezésünkre álló digitális képet a vezérlőegység különböző algoritmusok segítségével megfelelően kielemez, majd egy output egységen meg is jeleníti számunkra.

3.5.2 Objektív

Sok fontos részegységből tevődnek össze a kamerás képfeldolgozó rendszerek. Az egyik ilyen elem az objektív, amelynek feladata többek között nem más, mint a vizsgált tárgy felől érkező fény átalakítása oly módon, hogy a szenzor által feldolgozhatóvá váljon.

Felépítését tekintve elmondható, hogy egy objektívet különböző típusú önálló lencsék széleskörű kombinációja alkot, amelyek helyzete egymáshoz képest változtatható (Internet 4).

3.5.3 Csatlakozási típusok

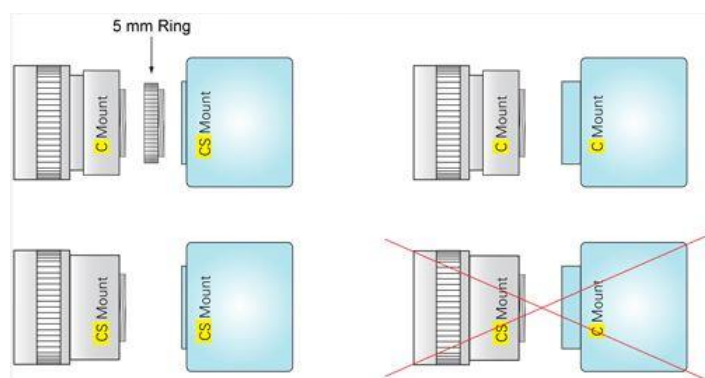
Két féle csatlakozási szabványt különböztetünk meg a kamerák és objektívek esetén.

Van az úgynevezett „C-mount” és a „C Special mount”, röviden „CS-mount”, azaz C és CS menetes csatlakozások találhatók meg a piacon (2. ábra).



2. ábra: C és CS menetes csatlakozások (Internet 1)

Az elsőként megjelenő „C” csatlakozás a csavarmentes csatlakozást tette lehetővé, illetve azt is meg kell említeni, hogy ebben az esetben a képérzékelő lapka és az objektív pereme között 17,526 mm volt a távolság. Ezzel szemben a „CS” csatlakozás esetében ez a távolság 12,5 mm-re csökkent. A két típus szinte teljesen egyformának tekinthető mivel többek között a két csatlakozó típus menetátmérője, menetemelkedése és a menethossza is azonos a különbség a C-foglalatú optika esetében csak annyi, hogy a menetes rész egy menet nélküli hosszabb vállal egészül ki. Viszont ez nem feltétlen előny, mert sok problémát okozhat, ugyanis a kamerák és az objektívek csatlakozóit nem szabad tetszőlegesen összepárosítani (3. ábra).



3. ábra: Kamerák és objektívek kombinációi (Internet 1)

A C-foglalatú objektív a „C” típusú kamerával gond nélkül összeszerelhető, azonban a „CS” típusú kamerával már nem, mivel a C-foglalat esetében a menetre ráülő váll egyben a lencse kerete is, ami emiatt sokkal beljebb csúszik a képérzékelő szenzorhoz, amit könnyen össze is törheti. Erre azonban egészen egyszerűen egy C-CS átalakító gyűrűvel megoldást találhatunk (Internet 1).

3.5.4 Objektívvel kapcsolatos alapfogalmak

Ebben a pontban megemlítsre kerülnek egyes fogalmak, amik mind fontos szerepet játszanak az objektívek így a képfeldolgozás életében egyaránt.

Fókusz távolság: Ez a tulajdonképpeni lencse és a fókuszpont között jelentkező távolság (Jakus 2015). Minél kisebb a fókusz távolság annál több elem vizsgálata lehetséges, azonban így az egyes elemek felbontása kisebb és rosszabb a képminősége is. Amennyiben nagyobb a fókusz távolság abban az esetben kevesebb elem vizsgálata lehetséges, viszont az elemek felbontása nagyobb és részletesebb vizsgálatot tesz lehetővé.

Tárgy távolság: Ebben az esetben az objektív és a vizsgált munkadarab közti távolságot értjük. Azonban beszélhetünk egy másik fajta távolságról is, ami viszont a kamera – tárgy távolságát jelenti, amit a kamera elülső felületétől mérünk a vizsgálandó tárgyig.

Mélységélesség: A mélységélesség azaz a fókusz tartomány, a kamera – tárgy tengelyen vett fókuszban lévő „éles” tartomány. A vizsgált tárgy „sík” előtt és mögött elhelyezkedő terület egy részét is magában foglalja.

Felbontás: Felbontás alatt értjük a látómező és a pixelszám hányadosát, ahol a pixelszám a pixelek maximális számát értjük (pl.: 4MP kamera esetén 2000 X 2000 pixel), míg pixel alatt pedig a kép legkisebb egységét értjük.

Látómező: A látómező azon valós terület mérete, amit a lencsén keresztül látni szeretnénk.

3.5.5 Objektív típusok

Ahogy a legtöbb műszaki, elektronikai berendezésből vagy eszközből így természetesen az objektívekből is különböző típusok állnak rendelkezésünkre.

Fix objektív

Azok az objektívek tartoznak ide melyeknek a gyújtótávolsága nem változtatható.

Zoom objektív

Ezen objektívek gyújtótávolsága változtatható. Legfontosabb tulajdonsága, hogy egy lencsetag mozgatásával meghatározott értékek között folyamatosan változtathatjuk az objektív fókusz távolságát.

Nagylátószögű objektívek

A nagylátószögű objektívek alkalmazásával az elkészített képeken egyszerre többet láthatunk, mint amit a saját szemünkkel képesek vagyunk felfogni. Ezt azért tudjuk megvalósítani mivel ezeknek az objektíveknek a látószöge nagyobb. Segítségükkel nagyobb felületeket fotózhatunk (Internet 4).

3.6 Képbeviteli eszközök

Maga a kép elkészítésének módszertana is igen változatosan vihető végbe, amelyeket a következőkben fogok összefoglalni. Felvételt készíthetünk folyamatosan vagy szakaszos eljárással is akár ennek megfelelően elsőként, mint kép beviteli eszköz a videókameráról lesz szó.

3.6.1 Videókamera

Ezzel az eszközzel online vizsgálatok végezhetőek, továbbá folyamatos felvételt, azonnali képfeldolgozást, döntést, valamint beavatkozást tesz lehetővé.

Vannak fekete-fehér változatai, az ezek által elkészült képek kevesebb adatot tartalmaznak, viszont ennek következtében élesebb képet is kapunk. A fekete-fehér videókamerákkal akár színváltozás is megfigyelhető ehhez azonban megfelelő szűrő alkalmazása elengedhetetlen. Amennyiben mondjuk piros szűrőt alkalmazunk abban az esetben például alkalmasak lehetünk

többek között a paradicsom színváltozásainak nyomonkövetésére mivel piros szűrőn keresztül a zöld paradicsom sötét, míg az érett világos színűvé fog válni.

A színes videokamerák az RGB (Red, Green, Blue) színcsatornákból állnak, Ezekkel a színváltozások egyértelműen nyomonkövethetőek de akár az egyes jellegzetes színnel járó hibák is detektálhatók válnak.

3.6.2 Fényképezőgép

Fényképezőgépekkel a képfeldolgozás a felvételtől független időben, és helyen is elvégezhető. Archiválhatóak a felvételek, valamint nagyobb felbontást tesznek lehetővé, amellyel például alkalmunk adódik pontosabb geometriai mérések elvégzésére.

3.6.3 Scanner, Line-scan kamera

Scannerek segítségével a síkfelületek precíz leképezésére van lehetőségünk, míg a Line-scan kamerák mozgó objektumok vizsgálatára tökéletesen alkalmas mivel nagyon gyors képfeldolgozást tesz lehetővé.

3.6.4 Speciális hullámhossz-tartományok

Az előbbieket mellett megemlíthetjük még a különböző speciális hullámhossz tartományokat is mint például az ultraviola (UV), infra, vagy esetleg a termo sugárzás, amelyekkel a fluoreszcens jelenségek vagy akár a felületi hőmérséklet is nyomonkövethetővé válik (Felföldi, 2020).

3.7 Megvilágítás

A megvilágítás az egyik legfontosabb része a kamerás megfigyelő rendszereknek, mivel ezek segítségével van lehetőségünk a vizsgált terület, tárgy megvilágítására, ami nagyrészt segít nem csak a jó minőségű képek elkészítésében, hanem ezáltal az elkészült képek megfelelő értékelésében is. Viszont a megfelelő megvilágítás kiválasztása során sem lehetünk hanyagok, hanem különböző szempontokat is figyelembe kell vennünk (Golnabi és Asadpour, 2007).

De milyen változókat is kell szem előtt tartanunk amikor megvilágítást választunk?

Alapvetően négy oldalról kell körbe járnunk milyen megvilágításra van szükségünk. Ez a négy oldal a kamera és objektív, a háttér, a vizsgált tárgy vagy felület és maga a megvilágítás. Háttér esetében nagyon fontos tényező a szín, mivel a lényeg az lenne, hogy minél kontrasztosabb vagyis a vizsgált tárgy színétől minél inkább elütő színű legyen. Érdekes, hogy ha a vizsgált terület színével megegyező színű világítást használunk, akkor az világosítja a területet (pl.: sárga fényben a sárga felületek világosabbak lesznek a képen), míg a vizsgált terület színével ellentétes szín sötétíti a területet (pl.: piros fényben a zöld felületek sötétebbek lesznek a képen). Ezért célszerű a komplementer színeket alkalmazni.

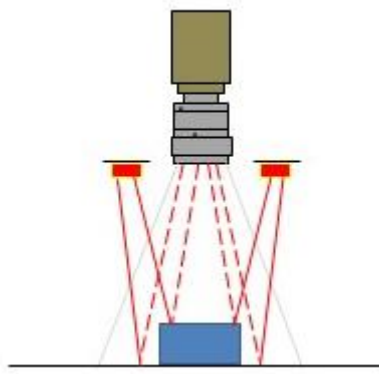
Azonban nem csak a tárgy színét, hanem felületét is figyelembe kell venni, mert amennyiben fényes, tükröződő abban az esetben, ha közvetett megvilágítást alkalmazunk nagy hibát érhetünk el a méréseink során. A mérések során fontos lenne az is, hogy olyan kamerát és hozzátartozó objektívet válasszunk ki, ami az adott méréshez alkalmas. Nem utolsó sorban a megfelelő megvilágítás kialakítása során figyelembe kell venni továbbá a megvilágítás színét, az intenzitást, a megvilágítás pozícióját, szögét távolságát és a fénysugarak irányát is.

3.7.1 Megvilágítási technikák

Az objektum megvilágítására több megoldás is elképezhető, amelyeket a következőkben részletezek.

3.7.1.1 Direkt (közvetlen) megvilágítás

Ezt a fajta megvilágítás, ahogy a nevéből is már sejthető közvetlenül világítja meg a vizsgálandó tárgy felületét. Ezt mutatja a 4. ábra.

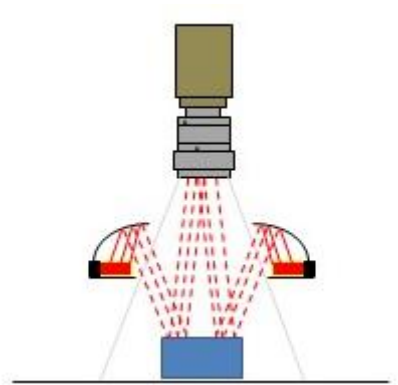


4. ábra: Közvetlen megvilágítás

Előnyei között meg kell említeni, hogy jó kontrasztot biztosít, illetve a kiépítése sem minősül költségesnek. Hátránya viszont a nagy fényvisszaverődés, más néven reflexió a tükröződő fényes felületek vizsgálata esetén, valamint zavaró nem kívánatos árnyékok is kialakulhatnak.

3.7.1.2 Indirekt (közvetett) megvilágítás

Az előző kialakítással ellentétesen beszélhetünk közvetett megvilágításról is, amikor szórt fényt juttatunk vissza a tárgyak felületére (5. ábra).

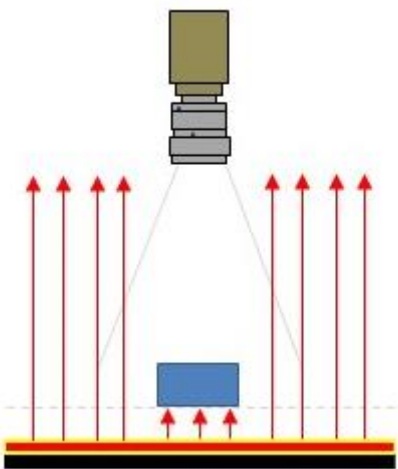


5. ábra: Közvetett megvilágítás

Előnye a direkt megvilágítással szemben, hogy sokkal egyenletesebb fényeloszlást biztosít a kialakuló árnyékok mérete is sokkal kisebb, illetve az esetleges fényes felületű tárgyak esetén jelentkező reflexió mértéke is kisebb. Hátránya, hogy a kontraszt minősége rosszabb és a fény intenzitása is kisebb.

3.7.1.3 Háttér megvilágítás

Ennek a fajta kialakításnak a jellemzője az, hogy a fényforrás a vizsgált tárgy mögött helyezkedik el a kamera felé irányítva (6. ábra).

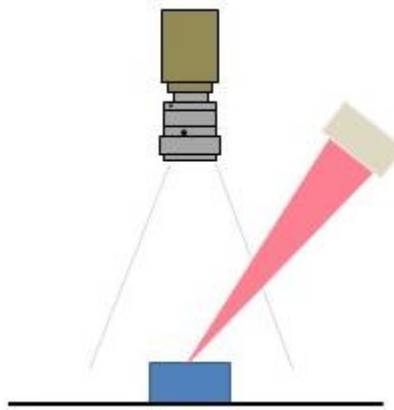


6. ábra: Háttér megvilágítás

Ezt különösen jól lehet alkalmazni olyan mérések esetében, amikor a tárgyak formáját elhelyezkedését szeretnénk vizsgálni, további előnye, hogy jó kontrasztot ad és pontos (geometriai) méréseket végezhetünk velük. Hátránya azonban az, hogy a vizsgált tárgy felülete nem vizsgálható vele.

3.7.1.4 Irányított sugaras (strukturált) megvilágítás

Jellemzően itt a fénysugarak speciális alakba (pont, kör, rács stb.) formálása történik.



7. ábra: Irányított sugaras megvilágítás

Segítségével lehetőségünk adódik a tárgyak magassági vagy akár mélységi adatainak mérésére (7. ábra).

3.8 Képfeldolgozás

A képfeldolgozást több szempont szerint csoportosíthatjuk. Ilyen lehet például a feldolgozottság szintje vagy feldolgozás fajtája. Feldolgozási szintek alatt értjük az alacsony-, közepes vagy a magas szintű feldolgozást. Ezek mellett pedig több egyéb feldolgozástechnikát is elvégezhetünk, amelyek az egyes feldolgozási szintekbe tartozik pl.: szegmentáció morfológiai transzformációk (Felföldi, 2020).

3.8.1 Alacsony szintű képfeldolgozás

A képek alacsony szintű feldolgozása alatt értjük magát a képek előzetes feldolgozását. Mivel sokféle dolog befolyásolhatja az elkészült képek digitális elemzését. Ilyen lehet például az elégtelen megvilágítás vagy, a kamera nem megfelelő felbontása. Ezért általában szükséges az eredeti kép előzetes feldolgozása (javítása) a végső képelemzés elősegítése érdekében. A kép előkezelésének általános módszerei közé tartozik például a képek fényerejének vagy színeinek beállítása, a képek kivágása vagy a zaj eltávolítása (Zhu és mtsai, 2021).

3.8.2 Középszintű képfeldolgozás

A középszintű képfeldolgozás alatt értjük a kép szegmentálását, ábrázolását és leírását. A szegmentálása talán az egyik leglényegesebb lépés a képfeldolgozásban, mivel nagyban elősegíti, hogy a képelemzés a célmintára összpontosítson. A képszegmentálás funkciója tehát nem más, minthogy elválasztja a célpontot a nem kívánt képinformációktól, ezáltal javítva a pontosságot az értékelések során (Shih, 2010).

3.8.3 Magas szintű képfeldolgozás

A magas szintű feldolgozás magában foglalja a képfelismerést és a képértelmezést. Ebben a lépésben statisztikai módszereket vagy mély tanulási módszereket használnak a cél

osztályozásához, az érdeklődés alkalmazása alapján. Az elemzés eredményei meghatározzák a következő lépésekben szükséges feldolgozást (Zhu és mtsai, 2021).

3.8.4 Szegmentáció

A digitális képfeldolgozás alapvető problémájának tekinthető a szegmentáció, amelyen belül a szakirodalmak alapján többfélet is megkülönböztethetünk.

A thresholding vagy másnéven küszöbölés során a képpontok intenzitásának hisztogramját normális (Gauss-féle) eloszlások összegének tekintve van módunk, küszöbértékek meghatározásával szegmentálni (Álló et al., 1993).

Van az úgynevezett szomszédság-elemzés, ahol különböző statisztikai módszerek alapján történik a homogén régiók detektálása. Ilyen lehet többek között a split-merge, k-means, mean shift, watershed algoritmusok.

Alkalmazhatjuk az élkeresés, élnövesztés technikát is, amikor az egyes anyagok éleit kiemelő, de a zajokat simító operátorokat és heurisztikus élkereső algoritmusokat használva csökkentjük a téves vonalakat (Firtha, 2008).

Diszkriminancia analízisre (DA) is lehetőségünk adódik, ami egy többváltozós, interaktív, osztályozási módszernek minősül. Ebben az esetben az objektum és a háttér jellemző színű területeinek kézi kiválasztása történik, majd az RGB adatok alapján az elkülönítési algoritmus megkeresése többváltozós statisztikai módszerrel (DA) történik. Ezt követően az elválasztási szabályok alkalmazása a teljes kép pixeleire történik (Felföldi, 2020).

3.8.5 Morfológiai operátorok

Morfológiai operátorok alkalmazására is van lehetőségünk. Ezen meghatározás alá tartozik az erózió, dilatació, nyitás, zárás.

Az erózió nem más, mint az alakzat lekoptatása annak körvonala mentén egy adott méretű „radír” segítségével, amivel lehetőségünk van kis méretű zajok eltüntetésére a vizsgált elem körvonala mentén. Ezzel ellentétes művelet a dilatació („kövérítés”), amely az alakzat kiegészítését célzó eljárás a körvonal mentén. Ennek használatával lehetőségünk adódik az esetleges nem kívánatos lyukak „betömésére”.

Nyításnak nevezzük az erózió után elvégzett dilataciót. Ennek köszönhetően az erózió eltávolítja a struktúr-elemnél kisebb objektumokat „zajokat”, majd a dilatació segítségével pedig visszaállítja a vizsgálni kívánt objektumok eredeti alakját.

A zárás ennek a fordítottja, mégpedig a dilatació utáni erózió. Ennek segítségével eltávolíthatjuk a kis lyukakat, amit követően visszaállíthatjuk a megmaradt objektumok eredeti méretét (Felföldi, 2020).

3.9 Képkészítés, továbbítás

A képfeldolgozó rendszerek segítségével lehetőségünk van valós idejű képszerzésekre. Az így elkészült képeket aztán kábelkapcsolat, internet, de akár vezeték nélküli hálózatok segítségével is továbbíthatjuk a feldolgozó egységbe.

Különböző képalkotási módszereket különböztethetünk meg.

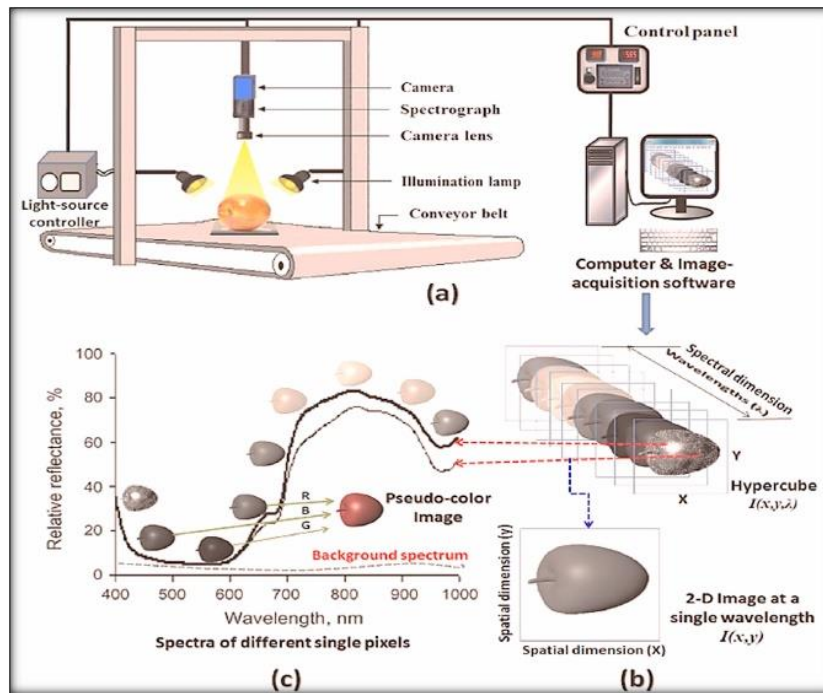
3.9.1 Hiperspektrális képalkotás

A hiperspektrális képalkotás egy olyan technika, amely egyesíti a hagyományos képalkotást és a spektroszkópiát, hogy az objektumokból térbeli és spektrális információk is elérhetőek legyenek. A kapott képek, amelyeket általában „hiperkockáknak” hívnak, nem más, mint egy háromdimenziós (3D) adatkocka, amelyek több száz összefüggő hullámsávból állnak, a vizsgált célpont minden térbeli helyzetére vonatkozóan (Chen és mtsai, 2013).

A hiperspektrális képek három dimenziót tartalmaznak, köztük két térbeli dimenziót (X) és (Y) és egy spektrális dimenziót (λ). Így a hiperspektrális kép egyidejű képek halmazának tekinthető az egyes hullámhosszakon, vagy a kép összes pontjának spektrumkötegeként (Jia és mtsai, 2020).

Élelmiszeripari vonatkozásokat vizsgálva ezzel a képalkotási eljárással Sun (2017) egy 360°-ban forgó hiperspektrális képalkotó rendszert mutatott be az őszibarack felületén jelenlévő bomlását okozó gombák kimutatására. Azonban nem csak barack, kapcsán, hanem egy másik kertészeti gyümölcs az áfonya zúzódásának, károsodásának automatikus észlelésére kiépített hiperspektrális reflexiós képalkotó módszert is kidolgoztak már, ami pedig Hu és mtsai (2016); Fan és mtsai (2017) kutatásaikból származik.

A hiperspektrális rendszer egy a hiperspektrális képalkotásnak megfelelő szoftverrel rendelkező számítógépből, egy spektrográfból, egy kamerából és végül egy megvilágító egységből áll (8. ábra).



8. ábra: (a) A hiperspektrális kép vázlatos rajza (b) példa 2-D alképekre (c) a hiperkocka bármely pixelének spektruma (Özdoğan és mtsai, 2021)

A hiperspektrális képalkotás integrálja a spektroszkópia és a képalkotás (térinformációk) előnyeit, és a különböző élelmiszeripari termékek belső és külső tulajdonságainak értékelésére alkalmas. Azonban a rendszer szoftveres és hardveres eszközeinek korlátozott képességei nagymértékben csökkentik a kép gyors megszerzését és elemzését. Ez korlátozza a hiperspektrális rendszer alkalmazását online vagy valós idejű ipari alkalmazásokban (Saha és Annamalai, 2021).

3.9.2 Hőképképzés

Ennél a képalkotási módszernél igazából a különböző tárgyaknak a sugárzási mintája alakul látható képekké. A hőképképző technikát eleinte katonai alkalmazásokban használták, ahol az emberi jelenlét kimutatására használták főleg az éjszakai felderítések során azonban ezen kívül az orvostudományban, tűzbiztonsági ellenőrzésekben, mezőgazdaságban és élelmiszeriparban is egyaránt alkalmazható.

A hőenergia az elektromágneses sugárzás 0,78 – 1000 μm tartományba eső része. Ezen képek elkészítését végző képalkotó rendszerek általában kamerából, optikai rendszerből, detektor tömbből, jelfeldolgozásból és képfeldolgozó rendszerből állnak (Mohd és mtsai, 2018).

A hőképképzést két típusba sorolhatjuk, ennek megfelelően aktív és passzív hőképképző rendszerekről beszélhetünk. Az aktív rendszer hőenergia alkalmazását igényli, tehát hogy a vizsgálni kívánt termék és a háttér között termikus kontraszt jelenjen meg. Ezzel szemben a passzív rendszernek nem kell semmilyen külső energiát kifejtenie az objektumra, mert a

vizsgálni kívánt termék magasabb vagy alacsonyabb hőmérsékleten van, mint a háttér. Az élelmiszer-előállítás során a hőmérséklet szabályozása és figyelése kritikus fontosságú a termékek minőségének biztosítása érdekében. Ez kiterjed a termelésre, a szállításra, a tárolásra és az értékesítésre egyaránt. Az objektum által kibocsátott sugárzás mértéke a hőmérséklettel arányosan nő, így ezzel az eljárással lehetőségünk adódik a hőmérséklet ingadozásának észlelésére (Chen és mtsai, 2013).

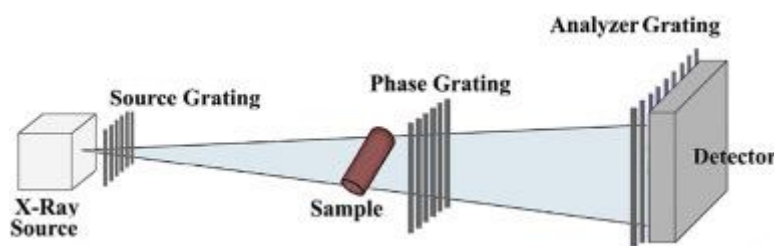
A hőképképzés módszerét élelmiszer-minőségi vizsgálatokban már alkalmazták különböző területeken is. Vereycken és mtsai (2002) például a paradicsomon jelenlévő zúzódások (lágú foltok) észlelésére használták, míg Gariepy és mtsai (1989) a hús minőségi változásainak nyomkövetésére és a vágószalag hibák felderítésére is egyaránt alkalmazták.

3.9.3 Röntgen (X-Ray)

Képeket röntgensugár segítségével is készíthetünk. A röntgen az elektromágneses sugárzás egy olyan formája, amelynek hullámhossza 0,01 – 10 nm, illetve fotonenergiája 120 eV – 120 keV tartományban van. A röntgensugár segítségével elkészített szürkeárnyaltos képek, képesek feltárni az egyes tárgyak sűrűségjellemzőit, illetve információkkal szolgálnak az esetleges nem egyenlőségekről.

A röntgensugárzás széleskörűen használható ilyen terület például a mindenki által is ismert orvosi felhasználás, ahol tumorok vagy esetleges törések is detektálhatóak vele, azonban nem csak ebben merül ki az alkalmazása. Alkalmas többek között cementvizsgálatra repedések felderítésére építkezések során festményelemzésre, valamint az élelmiszeriparban is egyre szélesebb körben alkalmazható (Mohd és mtsai, 2018).

Általánosságban az élelmiszerekben jelenlévő idegentestek detektálására használják, mint mondjuk a konzervben jelenlévő fém darabok észlelésére. Ezt mutatja a 9. ábra.



9. ábra: A röntgenfelvétel sematikus ábrázolása rácsos interferométer segítségével
(Einarsdóttir és mtsai, 2016)

Manapság egyre több roncsolásmentes vizsgálat terjed el, így már lehetőségünk adódik például a konzervdobozok zárását is vizsgálni röntgen sugaras képalkotó rendszerek segítségével.

A röntgen alkalmazásának egyik nagy előnye, hogy roncsolásmentes módszerrel képes ellenőrizni az élelmiszert, és ezek mellett nagy képfelbontást is tudnak biztosítani.

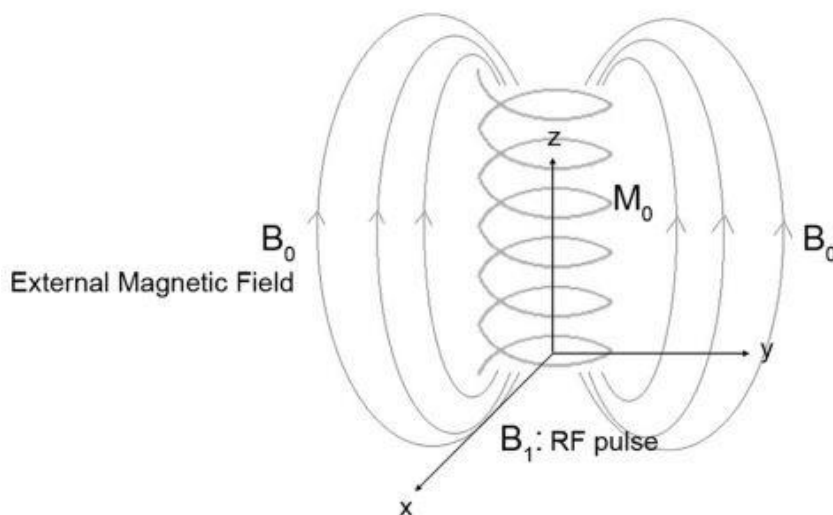
Természetesen vannak a röntgennek hátrányai is, az egyik ilyen tényező a költségek mivel igen magas az energiaigénye a rendszernek. Továbbá fontos megemlíteni, hogy tévhitek is keringenek, miszerint a röntgensugárral kezelt élelmiszerek károsak az egészségre. Számos tanulmány megállapította, hogy az élelmiszerellenőrzés során felhasznált 7,5 – 10 kGray sugárzási szint rendkívül alacsony, és így nem is befolyásolja az élelmiszer tápértékét, és egészségügyi kockázatot sem jelent a fogyasztó számára (Mohd és mtsai, 2018).

3.9.4 Mágneses rezonancia képalkotás (MRI)

A mágneses rezonancia képalkotás (MRI) módszerét hagyományosan az orvosi alkalmazásokban az agy szerkezetének klinikai vizsgálatára használják. Azonban a pontosságának és sokoldalúságának köszönhetően a mérnöki kutatások terén is hatékony eszköznek bizonyult, mivel számos biológiai és nem biológiai rendszer jellemzésére felhasználható.

Ezt a fajta képalkotási módszert egy mágneses gradiens tekercsekkel felszerelt NMR eszközzel végezzük, amelyek térben gyűjtik össze az adatokat, amely során két-, illetve háromdimenziós képeket hozhatnak létre. Az eljárás során különböző fizikai-kémiai tulajdonságokkal (például víztartalommal) rendelkező területeket jelenítenek meg különböző kontrasztok segítségével. Az eljárás mögött álló alapelv a nukleáris mágnesesség (Kirtil és Oztop, 2016).

A minta jelének megszerzéséhez a vizsgált tárgyat először egy nagy statikus mágneses mezőbe kell elhelyezni (10. ábra).

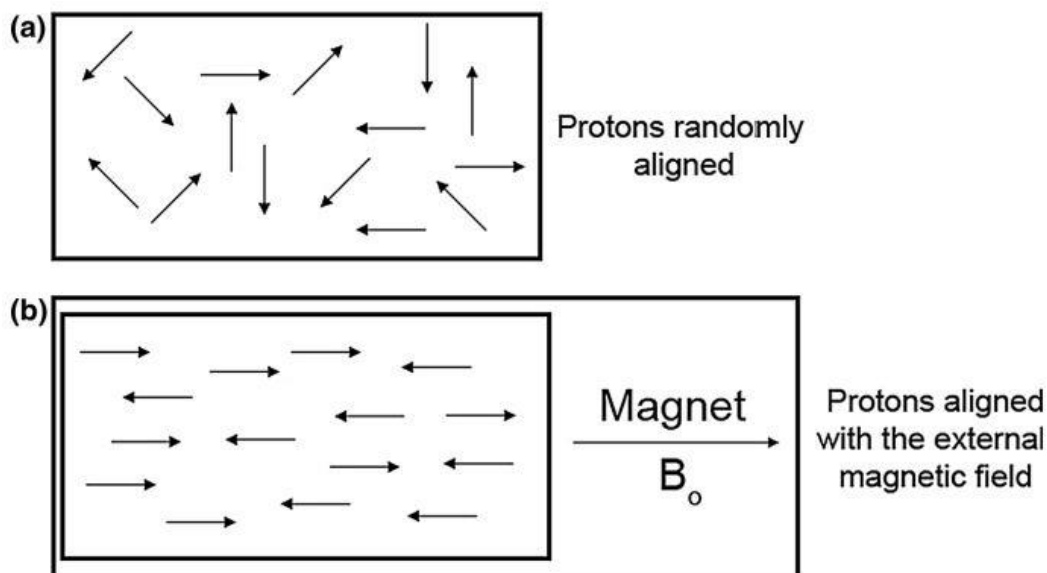


10. ábra: A mágnesezettség vázlata, ahogy a mintát egy külső mágneses mezőbe helyezték (Kirtil és Oztop, 2016)

Erre a célra különféle mágnesek széles térerősség-tartományban (0,2 – 7,0 T) alkalmazhatók (Hashemi és mtsai, 2012). A mágneses mezőbe helyezve a mintában lévő protonok ezzel a

külső mágneses térrel (z irányban) igazodnak, mivel minden proton mágneses momentummal rendelkezik.

A következő, 11. ábrán látható, hogy a protonok a mágneses erő hatására vagy a külső mágneses mező vagy azzal ellenkező irányban fognak igazodni. Az előbbiek alacsonyabb szabad energiával rendelkeznek, mint az utóbbiak (Kirtil és Oztop, 2016).



11. ábra: Protonok iránya a mintákban

a Külső mágneses mező jelenléte nélkül,

b a B_0 külső mágneses mező hatása alatt (Kirtil és Oztop, 2016)

A mágneses rezonancia képalkotás MRI módszere nem tartalmaz káros ionizáló sugárzást, így igencsak hatékony eszköznek tekinthető az élelmiszerek minőségének ellenőrzése során. Az MRI lehetővé teszi az élelmiszerek szerkezetének nem invazívan azaz roncsolásmentes eljárás segítségével való ábrázolását. Ezzel az eljárással készült képek az élelmiszerek számos folyamatáról és anyagjellemzőéről szolgáltathatnak információt a vizsgálatok során.

Hall és mtsai (1998) szerint az MRI felhasználható az élelmiszerek azon molekuláris kölcsönhatásainak a tanulmányozására, amelyek felelősek az élelmiszer mechanikai és érzékszervi tulajdonságaiért, és ezáltal elősegítik a specifikusan strukturált termékek előállítását.

Ezen kívül az MRI -t korábban már használták hal (Aursand és mtsai, 2010) esetén a víz- és zsíreloszlás vizsgálatára, az általános minőség értékelésére, a folyamat által kiváltott és a hús utáni változások figyelésére, mivel a hús táplálkozási, és érzékszervi minőségét alapvetően meghatározza a víztartó képessége. Az MRI pontos és gyors módszer a hús víz- és

zsírtartalmának meghatározására és a környező makromolekulákkal való kölcsönhatásának vizsgálatára (Kirtil és Oztop, 2016).

3.10 A kép tárolása

Tárolhatjuk a képeinket bitmap image formában, ami valójában bináris adatok tömbje, vagyis a kép vagy a kijelző pixeleinek értékét $n*m$ képpont (pixel) (pl. $1024*768$) képviseli (Britannica, 2016).

De ezen kívül lehetőségünk van BW (Black & White) image formában tárolni a képeinket. A fekete -fehér fénykép olyan kép, amelyen minden szín eltávolításra kerül és ennek következtében pusztán szürke árnyalatokból áll össze. Ez általában a sötétől (feketétől) a világosig (fehér) terjedhetnek (Felföldi, 2020).

Az előző kettő mellett lehetőségünk nyílik még a Color image, vagyis színes képek tárolására is. Ezek a színes kép olyan digitális képeknek minősülnek, amelyek minden egyes képponthoz színinformációt tartalmaznak.

Maga a képfájlok típusa két féle lehet. Tárolhatjuk a képeinket veszteségmentes képfájlokban mint például *.bmp, *.tif, amelyek 100% információt tartalmaznak.

Ezzel szemben van módunk más képfájl kiválasztására is ilyen a sokak által ismert *.jpg formátum, ami egy veszteséges, tehát tömörített fájl minősül. Ebben az esetben azonban számolni kell adatvesztéssel, ami 10 – 100% közötti lehet (Felföldi, 2020).

4 Anyag és módszer

Ebben a fejezetben a munkám során felhasznált anyagok és mérési módszerek kerülnek bemutatásra.

4.1 Felhasznált anyagok

Minden mérés során kukorica alapú konzervkeverékeket használtam fel. Ezeket a mintákat a Bonduelle Central Europe Kft biztosította a vizsgálatokhoz. Ennek megfelelően a termékek között volt kukorica – borsó, kukorica – vörösbab, kukorica – chili (paprika), kukorica – olíva – paprika, kukorica – borsó – paprika. A 12. ábrán láthatóak ezek a konzervek.

Ezeknek a termékeknek megadott specifikációknak kell megfelelniük, hogy minden előírásnak megfeleljenek. A specifikációk kitérnek a különböző cikkszámú termékek esetén a formátumnak megfelelő töltő, illetve nettó tömegre. Kiterjednek a nyersanyag általános megjelenésére és az ellenőrzések során figyelni szükséges kritériumokra, a töltés utáni és a zárás/hőkezelést követő fizikai és kémiai tulajdonságokra egyaránt és természetesen nem utolsó szempontként a keverékek százalékos megoszlására is. Munkám során csak az utolsó szempontot, tehát a megoszlást figyeltem.



12. ábra: Munkám során felhasznált kukorica alapú keverékek

4.1.1 Konzervben lévő anyagok megoszlása

A következő táblázatban az egyes keverékek specifikációba foglalt előírását foglalom össze a megoszlásra összpontosítva.

1. táblázat: Keverékek konzervdobozban való megoszlása tömegszázalékban (m/m %) kifejezve

Zöldségkeverék/összetevők	<i>Kukorica Zöldborsó „Florida mix”</i>	
	Kukorica	Zöldborsó
Betöltési % = Címkén feltüntetett %	70	30
Toleranciák	67 – 73	27 – 33
Cél %	69	31
Zöldségkeverék/összetevők	<i>Kukorica Chili</i>	
	Kukorica	Chili (paprika)
Betöltési % = Címkén feltüntetett %	90	10
Toleranciák	95 – 97	3 – 5
Cél %	96	4
Zöldségkeverék/összetevők	<i>Kukorica Vörösbab „Bon menu”</i>	
	Kukorica	Vörösbab

Betöltési % = Címkén feltüntetett %	85	15		
Toleranciák	82 – 88	12 – 18		
Cél %	83	17		
Zöldségkeverék/összetevők	<i>Kukorica Zöldborsó Paprika „Mexikói.”</i>			
	Kukorica	Zöldborsó	Paprika	
Betöltési % = Címkén feltüntetett %	55	32	13	
Toleranciák	52 – 58	29 – 35	10 – 16	
Cél %	58	34	8	
Zöldségkeverék/összetevők	<i>Kukorica Olíva Paprika</i>			
	Kukorica	Zöld O.	Fekete O	Paprika
Betöltési % = Címkén feltüntetett %	77,5	7,5	7,5	7,5
Toleranciák	76 – 86	6 – 10	6 – 10	1,7 - 3,7
Cél %	81,3	8	8	2,7

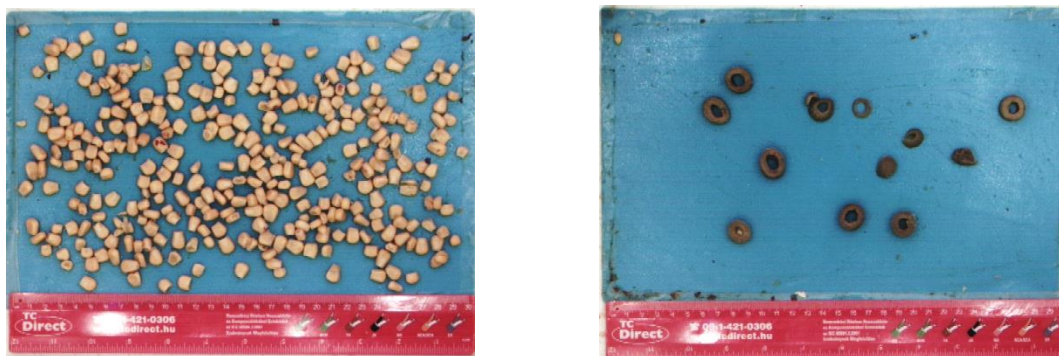
4.2 Módszerek

A következőkben lépésről lépésre bemutatom a tervezési feladat egyes állomásait, amely során az ötlettől a berendezés teszteléséig, üzembehelyezéséig jutottam.

4.2.1 Előkísérletek

A munkát egyből képfeldolgozással kezdtem, amiben a Hitachi HV-C20 típusú 3CCD kamerát használtam. A berendezés segítségével referencia képeket készítettem, majd az így elkészült képek digitális feldolgozását a Scilab 6.1.1 program segítségével végeztem.

A méréseket egy a nyersanyagoktól eltérő színű háttéren folytattam a lehető legnagyobb kontraszt elérése érdekében. Erre azért volt szükség, hogy a nyersanyagokat megfelelően szegmentálhassam a háttértől, hogy minél kevesebb adatot veszítsek el a mérés során. Így esetemben a kék színre esett a választás. Az elkészült képekről példát a következő ábra szemléltet. Minden fénykép elkészítését megelőzőtt egy tömegmérés, amely segítségével az adott képhez tartozó vizsgált tömeg adatai is rendelkezésemre álltak.



13. ábra: Referenciaképek kukorica és zöld olíva bogyó estében

4.2.2 Képek szegmentálása

A korábban már említett Scilab 6.1.1 program segítségével végeztem a képek szegmentálását. Ennél a lépésnél arra voltam kíváncsi, hogy vajon az elkészült képeken a háttérrel leválasztva visszamaradt pixelek száma arányos-e a képen látható nyersanyag tömegével.

Ennek bizonyítására nyersanyagoként különböző tömegű mennyiségek kerültek fotózásra. Majd a szegmentálást követően a különböző tömegű nyersanyagokhoz tartozó pixelek számát táblázatban rögzítettem.

Hogy biztos lehessenek a program megfelelő működésében a kapott eredményeket háromfajta statisztikai elemzésnek vettem alá. Így diszkriminancia-analízist, rangkorrelációt és RMSE (Root Mean Square Error) elemzést hajtottam végre.

4.2.2.1 Diszkriminancia-analízis

A diszkriminancia-analízis egy adatelemzési módszer, amivel kategóriába tartozás előrejelzésére használhatunk. Ezzel a statisztikai módszerrel tulajdonképpen lehetőség van annak megvizsgálására, hogy milyen csoportba tartoznak célcsoportunk komponensei. Az úgynevezett csoportot viszont széles skálán értelmezhetjük. Azonban ezzel az eljárással bármilyen csoportosítás lehetséges, természetesen csak abban az esetben, ha azt értelmesen vizsgálni lehet (Internet 3).

A diszkriminancia-analízis elvégzésére SPSS szoftvert alkalmaztam, amely segítségével lehetőségem nyílt annak megállapítására, hogy a program hány százalék valószínűséggel képes elkülöníteni a vizsgált komponenseket.

4.2.2.2 Rangkorreláció

Rangkorrelációval lehetőségünk adódik az ordinális, más néven sorrendi változók közötti kapcsolat szorosságának ellenőrzésére. Így ebben az esetben a mérési eredményeinket rangszámokkal látjuk el és a két vizsgált ismérv közötti összefüggést rangkorrelációs együtthatóval vizsgálhatjuk.

A rangkorrelációs együtthatók közül a leggyakrabban a Spearman-féle együtthatót használják.

Spearman féle rangkorrelációs együttható

A kapcsolat szorosságának méréséhez ebben az esetben a két ismérv (X és Y) alapján adott rangszámok különbségeit használjuk fel:

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum D^2}{n(n^2 - 1)}$$
$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum (Rx_i - Ry_i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad [1]$$

ahol:

ρ_s : Spearman-féle mérőszám

n : megfigyelések száma, elemszám

D : x_i és y_i növekvő sorrendbeli sorszámanak a különbsége

A rang korreláció segítségével nem csak lineáris oldalról van lehetőségünk megvizsgálni a rendelkezésre álló adatokat, hanem monoton kapcsolatot is mérhetünk vele. Tehát amennyiben a két változó (esetünkbe a tömeg és a pixel mértéke) egy irányba mozdul el akkor pozitív korrelációt kapunk (Miskolczi 2017).

A rangkorrelációs együttható a $[-1;1]$ intervallumban veszi fel értékét:

$$-1 \leq \rho \leq 1$$

Ha a két ismerv szerinti rangsor teljesen fordított rendben van, vagyis az egyik tulajdonság szerinti első, második harmadik stb. rang a másik tulajdonság szerint az n-edik, (n-1) -edik, (n-2) -edik stb. rangnak felel meg, a ρ értéke -1. Ha a két ismerv szerinti rangsor teljesen megegyezik, a ρ értéke +1 (Kerékgyártó és Mundruczó, 1999).

4.2.2.3 Átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke, azaz RMSE (Root Mean Square Error)

Annak érdekében, hogy kicsit pontosabb képet kaphassunk a mért adatok eredményességéről meg kellett határoznunk az átlagos négyzetes hiba négyzetgyökét (RMSE). Az átlagos négyzetes hiba (MSE) nem más, mint az egyes értékpárok különbségének négyzete és a darabszám hányadosaként adható meg, amely képlete a következő:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (x_i - y_i)^2$$

Az általam alkalmazott elemzési módszer viszont az átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke (RMSE) volt, ami lényegében a fent említett átlagos négyzetes hiba négyzetgyökeiből számítható.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Mindkettő esetében így az általam alkalmazott átlagos négyzetes hiba négyzetgyökénél is a kapott eredmény nulla és plusz végtelen közötti értéket vehet fel. Minél kisebb a kapott érték annál jobbnak minősül az értékelés. Ebből adódóan tökéletes prognózis esetén a kapott eredmény nullát fog eredményezni (Ma és mtsai, 2011).

4.2.2.4 Durbin Watson próba

A Durbin-Watson mutatót (d) a következő képlettel tudjuk kiszámítani:

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

ahol,

e_i : az i -edik értékhez tartozó reziduum

e_{i-1} : az $i-1$ -edik értékhez tartozó reziduum.

A Durbin-Watson statisztika értéke 0 és 4 között változik, kettőhöz közel alacsony az autokorreláció mértéke, nulla közelében negatív, négy közelében pedig pozitív. Szükségszerűen kell lennie két olyan tartománynak, ami ezek határán található, ahol bizonytalan, hogy autokorreláció fennáll-e, és további ellenőrzésnek kell alávetni a reziduumokat. Az alsó sávot két érték határozza meg, d_U és d_L , ezekből 4- d_U és 4- d_L képletekkel számítható a másik sáv alsó és felső határa (Jović, 2016).

4.2.3 Berendezés kialakítása

A tervezett berendezés megépítéséhez szükséges volt a következő eszközök beszerzése, amit a Pictron Számítás- és Videotechnikai Kft.-től lettek beszerezve. Az eszközök között volt egy DFK 33UX273 színes kamera (1/2.9" CMOS, Global Shutter), egy VS-2518VM optika (f=25.41 mm, F:1.8-C,) és egy CA-USB30-AmB-BLS/3 kamera kábel (USB 3.0 kamerához) amit a következő ábra szemléltet. Ezeket az eszközöket a 14. ábra szemlélteti.



Színes kamera



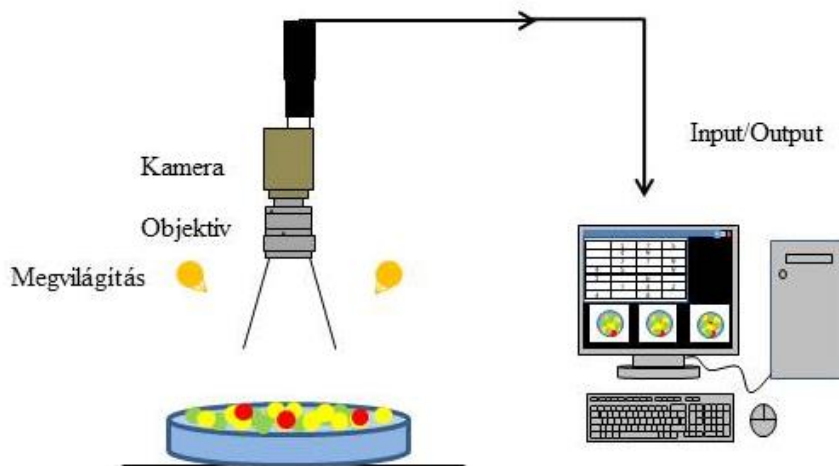
Objektív



Kamera kábel

14. ábra: Beszerzett eszközök

A megrendelt eszközök összeszerelését követően a kamerát egy laptop-hoz csatlakoztatva ellenőriztem a kamera működését. Az összeállított rendszer sematikus képe a 15. ábrán látható.



15. ábra: Kamera felépítésének vázlata

A megfelelő fényerő és kontraszt beállítását követően tesztképet készítettem, amivel pontosan meghatároztam a kamera látótávolságát (mélységélességét). Tudva, hogy mennyi faktor befolyásolhatja a mérés eredményességét egy zárt szekrényben való elhelyezést részesítettem előnyben. A kialakítás során figyelembe vett szempontok:

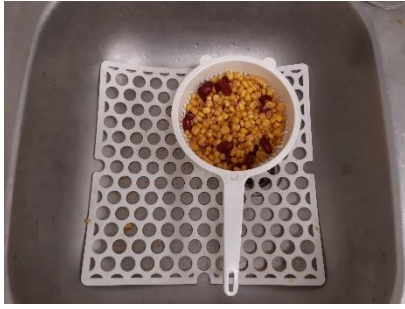
- Zárt rendszer a zavaró fények kizárására
- Könnyű tisztíthatóság
- „Fiókos” elrendezés mérőtálca mozgatására
- Mérőtálca helyének kijelölése az azonos pozíció érdekében

Ezt követte a szekrény megrendelése és a berendezés végső kialakítása.

4.2.4 Berendezés tesztelése

A kész berendezés tesztelésére már a Bonduelle Central Europe Kft. nagykovácsi telephelyén került sor. A vizsgálat a teszt képek készítésével kezdődött, ami a szoftver pontosításához elengedhetetlen. Az egyes keverékekből 15 – 15 db kép készült. Az így vizsgált minták tömegét minden esetben feljegyeztem.

A képek elkészítését előkészítő műveletek előzték meg. Ezeknél a lépéseknél elsőként eltávolítottam a felöntőlevet egy szűrő segítségével. A már felöntőlétől mentes nyersanyagot egy műanyagtálcára helyeztem, ahol azt egyenletesen egyréteg vastagságban oszlattam el a felületen.



Csepegtetés



Tálcára ürítés



Elosztatás



Elkülönítés

16. táblázat: Tesztképek előkészületének lépései

Ezt követte a tálca megfelelő pozicionálása a berendezésben világítás felkapcsolása majd végül a kép elkészítése és mentése egyéni kód alapján, hogy a későbbiekben a képekhez a megfelelő tömegeket hozzárendelhetők legyenek. Végezetül az egyes komponenseket kézzel külön válogattam egymástól és feljegyeztem tömegüket.

Majd következett a végleges tesztelés a szoftver megfelelő működéséről. Ebben az esetben az elvégzett méréseket minden esetben ugyanazzal az eljárással végeztem.

5 Eredmények és kiértékelésük

Az előzetesen elkészített képek felhasználásával a Scilab 6.1.1 programon belül lehetőségem volt, hogy a lefényképezett és előtte lemerített tömegű alapanyagokhoz meghatározhassam a pixelek számát. Az elkészült képeket a képen látható nyersanyag nevével és a fénykép sorszámaival kódoltam (pl.: *bab03*, *borsokukorica12*)

Az egyes alapanyagok eltérő tömegben vannak jelen az egyes konzervdobozokban. Minden konzerv esetén a kukorica teszi ki a legnagyobb mennyiséget, ami az alapanyagokat illeti. Ez a mennyiség különböző határok között mozoghat, ami egyrészt függ a keverék típusától másrészt a konzervdoboz formátumától is. Annak érdekében, hogy minél jobban megismerjem a tömeg és a terület közötti kapcsolatokat nem csak a specifikációban megadott határok között végeztem a méréseket, hanem a tolerancia tartományokon kívül is készítettem felvételeket és értékeltem adatokat. Így például kukorica esetén, mivel keverék tekintetében a gyártásban nem csak a talán sokak által legjobban ismert 425 ml -es névleges űrtartalmú konzerv kerül előállításra, hanem ennél eggyel kisebb 212 ml -es névleges űrtartalmú formátum is, 10 – 200 g nyersanyagot vizsgáltam a kukorica esetén.

Borsó esetén a kukoricához hasonlóan 10 – 200 g közötti tartományban végeztem méréseket. Olyan nyersanyagok esetén, amik kisebb mértékben vannak jelen a konzervdobozokban, mint például a paprika, azokban az esetekben a vizsgált tartomány kisebb (10 – 40 g) volt. Az előbb felsoroltakon kívül voltak a köztes termékek, amik a kukoricához viszonyítva kisebb, de a paprikához képest nagyobb mértékben voltak jelen. Ilyen volt a vörösbab és a két fajta olíva, amelyeket jellemzően 10 – 100 g között vizsgáltam.

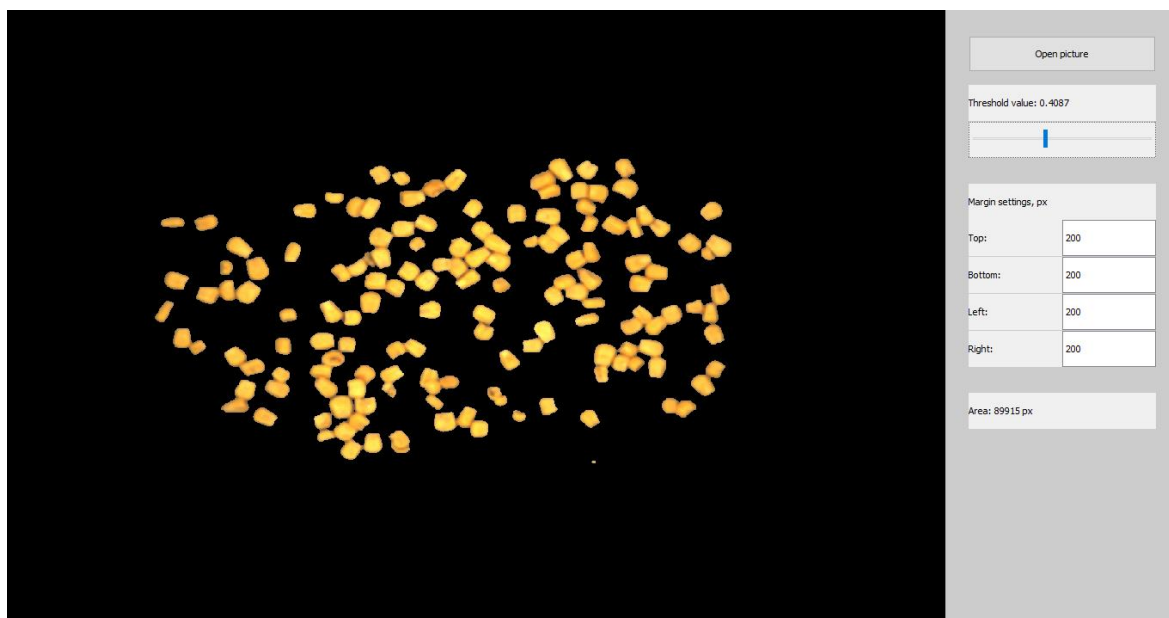
5.1 Szegmentálás (terület meghatározás)

Az elkészített képekről meg kellett tudni határozni, hogy a látható nyersanyag mekkora területet foglal el. Ennek meghatározására a korábban már említett Scilab 6.1.1 programot használtam. Azonban ennek meghatározásához meg kellett határoznom azt a küszöbértéket (threshold-ot), amellyel a nyersanyag megfelelően elkülöníthető a képen látható kék színű háttérétől. Ennek kiválasztása manuálisan a programban kialakított Threshold value csúszkával történt. Az alábbi 17. ábrán látható a programba betöltött nyers kép.



17. ábra: Eredeti kép betöltése a Scilab programba

Az így betöltött képen látható fehér szél levágáshoz helyett kapott még a programban egy a margók beállítására szolgáló funkció, amellyel lehetőségünk van a fehér okozta mérési hibák kiküszöbölésére. Ezt követte az említett manuális módon történő küszöbérték keresés. Ezt az értéket mindaddig változtattam amíg a háttér el nem tűnt teljesen, amit a következő 18. ábra szemléltet (18. ábra).



18. ábra: Eredeti kép szegmentálása a Scilab program segítségével

A megfelelő küszöbérték mértékét úgy próbáltam megállapítani, hogy miközben folyamatosan állítottam az értékét a képet figyelve azt az átmeneti állapotot kerestem mikor tűnik el a háttér, de a nyersanyag még jól látható. Mikor az eltűnés akkora volt már, hogy nem maradt más csak

az alapanyag, az összes képet betöltöttem egymásután és az előzetesen meghatározott küszöbértékkel vizsgáltam.

A minták esetén alkalmazott küszöbérték (0,4712) megegyezett a, borsó, vörösbab, paprika, zöld olíva esetén. Ezekkel az alapanyagokkal szemben a fekete olíva és kukorica esetén eltérő volt. Az alkalmazott küszöbértékeket termék szerinti bontásban a következő, 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Termékeknel alkalmazott Threshold value

Termék	Threshold value
Borsó	0,4712
Kukorica	0,4087
Paprika	0,4712
Vörösbab	0,4712
Zöld olíva	0,4712
Fekete olíva	0,3846

A beállított küszöbérték után a nyersanyag által elfoglalt terület leolvasható volt, amit a program, mint „Area” tüntetett fel. Az értékeket összegyűjtöttem táblázatba és az így elkészült adatsorokon különböző statisztikai elemzéseket hajtottam végre.

5.2 Diszkriminancia-analízis

A szegmentálás kiválasztotta a kép azon részeit, amelyek fontosak számunkra. A továbbiakban ezek kerültek vizsgálatra. Diszkriminancia analízisnél az alapanyagok átlagszínét vizsgálva arra voltam kíváncsi, hogy a kamera milyen hatékonysággal képes elkülöníteni szín alapján az egyes komponenseket.

Egyes esetekben előfordult, hogy tévesen került csoportosításra egy-egy alapanyag. Ilyen tévedés volt megfigyelhető borsó esetén, ahol egy mintát az átlag színek alapján a zöld olívához egy mintát pedig a paprikához sorolt. A borsón kívül a paprikánál merült fel még tévedés, ahol egy mintát az átlagszínek alapján a kukoricához, míg bab esetén is egy mintát a paprikához sorolt be a rendszer.

Ennek szemléletesebb ábrázolását a következő, 3. táblázat szolgáltat, ahol az előbb felsorolt tévedések és csoportba sorolások láthatóak.

3. táblázat: Összesített mérések osztályozási eredményei

Classification Results ^{a,c}									
számkód			Predicted Group Membership						Total
			Bab	Borsó	Fekete olíva	Kukorica	Paprika	Zöld olíva	
Original	Count	Bab	20	0	0	0	1	0	21
		Borsó	0	38	0	0	1	1	40

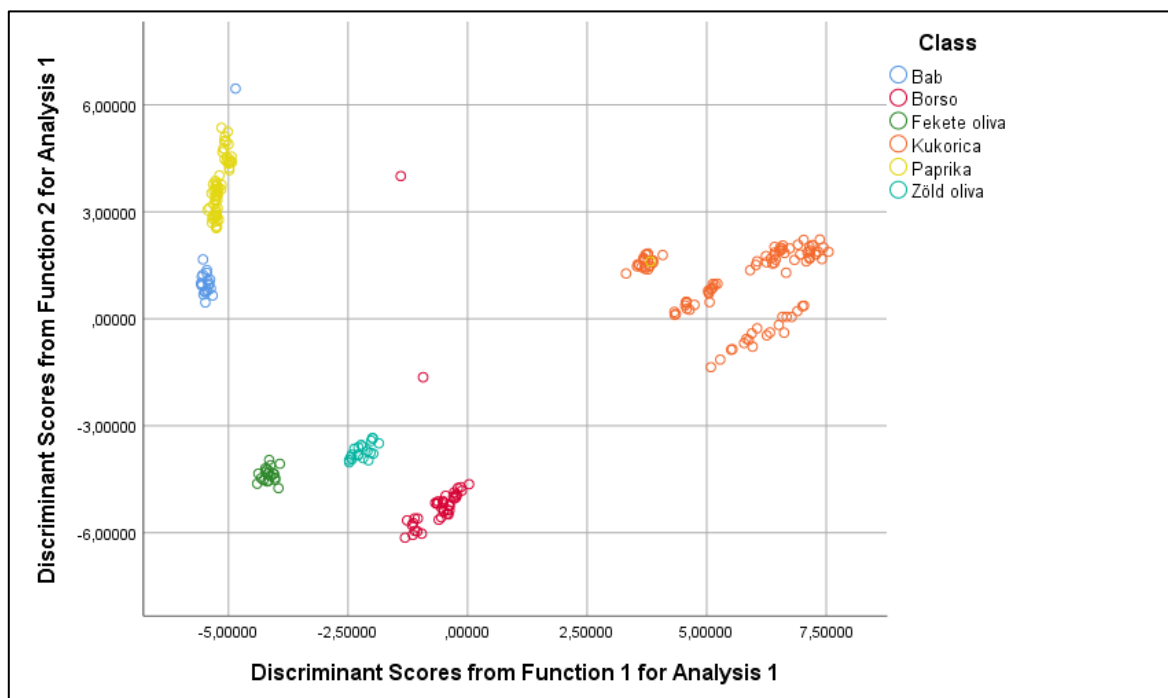
		Fekete olíva	0	0	20	0	0	0	20
		Kukorica	0	0	0	102	0	0	102
		Paprika	0	0	0	1	60	0	61
		Zöld olíva	0	0	0	0	0	20	20
	%	Bab	95,2	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	100,0
		Borsó	0,0	95,0	0,0	0,0	2,5	2,5	100,0
		Fekete olíva	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
		Kukorica	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
		Paprika	0,0	0,0	0,0	1,6	98,4	0,0	100,0
		Zöld olíva	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
Cross-validated ^b	Count	Bab	20	0	0	0	1	0	21
		Borsó	0	38	0	0	1	1	40
		Fekete olíva	0	0	20	0	0	0	20
		Kukorica	0	0	0	102	0	0	102
		Paprika	0	0	0	1	60	0	61
		Zöld olíva	0	0	0	0	0	20	20
	%	Bab	95,2	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	100,0
		Borsó	0,0	95,0	0,0	0,0	2,5	2,5	100,0
		Fekete olíva	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
		Kukorica	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
		Paprika	0,0	0,0	0,0	1,6	98,4	0,0	100,0
		Zöld olíva	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
a. 98,5% of original grouped cases correctly classified.									
b. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.									
c. 98,5% of cross-validated grouped cases correctly classified.									

A 3. táblázatban látható, hogy a mért színparamétereket használva összességében a rendszer 98,5% -os pontossággal volt képes megadni azt, hogy melyik alapanyag melyik csoportba tartozik. A tévedéseket is figyelembe véve meg kell említeni, hogy a legrosszabb az összes alapanyag közül a vörösbab és a borsó volt. A vörösbab csoportba sorolása 95,2% -os volt, míg a borsó 95,0% -os valószínűséggel volt csoportosítható. A paprika már nagyobb valószínűséggel 98,4%, míg a kukorica és a két olíva 100,0% -os pontossággal volt osztályokba rendezhető.

Látható továbbá a 19. ábrán, hogy amennyiben közös diagramon ábrázoljuk az átlag színeket, abban az esetben az egyes nyersanyagoknál tapasztalt színértékek nagyon jól tömörödnek egy-egy csoportba, ami nagyon jól mutatja azt, milyen jó hatékonysággal ismeri fel a kamera az

egyes kertészeti termékeket szín alapján. Azonban azt is érdekes megfigyelni, hogy a legnagyobb szórást a kukoricánál tapasztalhatjuk, aminek egyik oka lehet például az, hogy amikor az átlag színeket termékenként meghatároztuk akkor több paprikás (chilis) kukorica került feldolgozásra. A chili azért okozhat színbeli eltolódást a vizsgálatokban mivel a feldolgozás során chili por is hozzákerül a keverékhez és mivel ezek nagyon kis méretűek is lehetnek könnyedén rajta maradhatnak a kukorica felületén, ami okozhatja ezt a nagy szórást. Ezt az is bizonyíthatja, hogy jellemzően az összes többi csoport szórása láthatóan sokkal kisebb a kukoricáéhoz képest.

Azt is láthatjuk, mely minták azok, amelyek az átlag szín alapján közelebb helyezkednek el egymáshoz. Ez alapján az olívák (fekete, zöld) és borsó tartozik közel azonos csoportba, a paprika és a bab, illetve a kukorica az, ami a leginkább elkülönül minden más mintától.



19. ábra: Összes minta szín alapján történő csoportosítása

5.3 Rangkorreláció

Ezzel a statisztikai módszerrel meghatároztam, hogy mennyire erős a korreláció a mért tömeg és a képeken jelenlévő pixelek száma között. A mérések között igazából elmondható, hogy mindegyik esetben erős pozitív korreláció tapasztalható a minták tömegét és a pixelek számát vizsgálva (4. táblázat).

4. táblázat: Spearman-féle rangkorrelációs együtthatók

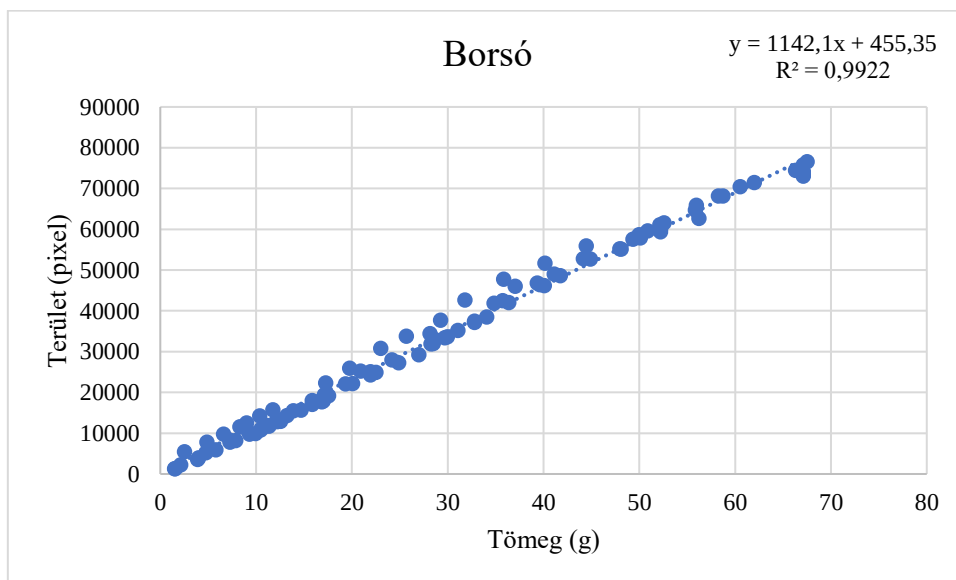
	Korrelációs együtthatók
Kukorica	0,9964
Borsó	0,9960

Vörösbab	0,9970
Paprika	0,9825
Zöld olíva	0,9949
Fekete olíva	0,9969

Az eredményt a kukorica a borsó, paprika és a vörösbab esetén 100 adatsor, míg az olívák esetén 80 adatsor szolgáltatva. Látható a legkevésbé a paprika esetén volt (0,9825) erős a korreláció, ami arra utal, hogy ebben az esetben a tömeg és a pixelek közti arányosság kisebb mértékig áll fent. Ennek oka valószínűsíthetően az, hogy a betöltést követően a szépen kockára vágott paprikák hőkezelését követően stabil állományukból vesztenek és elfoszlanak.

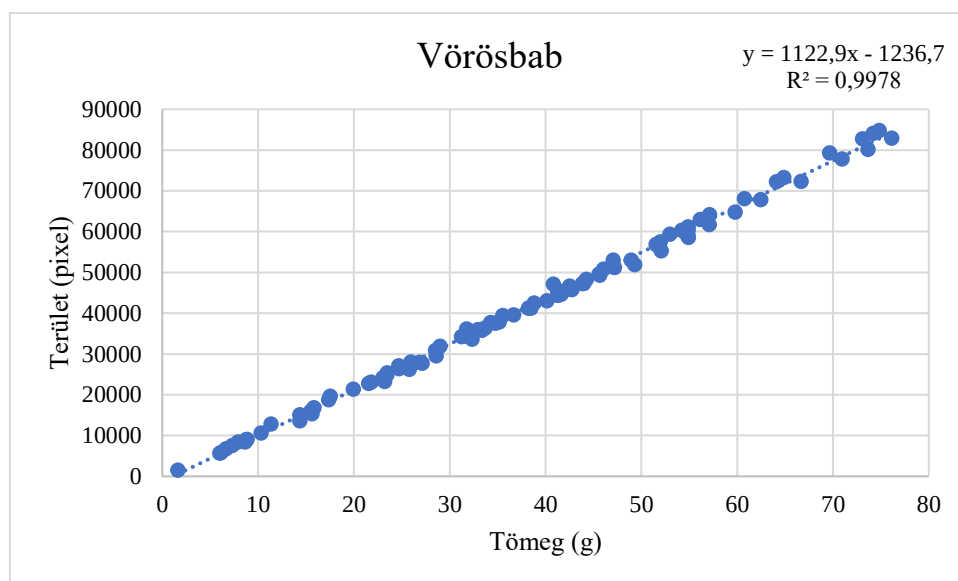
5.4 Modell építés

Az előzetes kísérleteket követte, hogy a mért tömeg és a hozzá meghatározott területi adatokat diagramon ábrázoltam. Az így kapott pontok alapján a vizsgált tartományban lineáris kapcsolatot feltételezhetünk a mért tömeg (g) és hozzá tartozó területadatok (pixel) között.



20. ábra: Borsó minták terület adatai a tömeg függvényében

Ez a borsónál mért értékek ábrázolása során is jól látható (20. ábra). Ránézésre az állapítható meg az ábrázolt diagramról, hogy a tömeg növelésével a hozzá tartozó terület érték is arányosan növekszik. Ezért a mért pontokra egyenest illesztettem és ennek az egyenletét, illetve a determinációs együttható (R^2) értékét is megjelenítettem a diagramon. Mint látható a 20. ábrán az ábrázolt adatpontok között szoros a kapcsolat erős korrelációt ($R^2 = 0,9922$) mutat a függvény borsó esetén.



21. ábra: Vörösbab minták terület adatai a tömeg függvényében

Ez a linearitás minden minta esetén jelen van, mint látható a nyersanyagok közül a legnagyobb felülettel rendelkező vörösbab esetén is megfigyelhető (21. ábra). Minden minta adatát ábrázoltam, és a kapott pontokra egyenest illesztettem. Az illesztett egyenesek paramétere alapjául szolgálnak a kamera képéből történő tömegbecsléhez. A többi nyersanyag kapcsán kapott egyenes paramétereit és a korrelációs együtthatókat a következő, 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: Korrelációs együtthatók

	Egyenes egyenlete	Determinációs együttható (R^2)
Kukorica	$y = 1685,2x + 11456$	0,9817
Borsó	$y = 1142,1x + 455,35$	0,9922
Vörösbab	$y = 1122,9x - 1236,7$	0,9978
Paprika	$y = 3442x - 1148,6$	0,9770
Zöld olíva	$y = 1423,2x - 87,795$	0,9894
Fekete olíva	$y = 1612x - 169,33$	0,9963

Elmondható, hogy a legerősebb korrelációt vörösbab esetén tapasztaltam (0,9978), azonban a zöld olíva (0,9894) kukorica és a borsó (0,9817 – 0,9922) esetén is igen erős korreláció tapasztalható. Ezzel szemben a legrosszabb korrelációs értéket a paprikánál kaptam a már előbb említett okok miatt.

Ezután meghatároztam az RMSE értékét (6. táblázat), amivel a tényleges tömegtől való eltérést határozhatjuk meg, illetve láthatjuk, hogy a kapott modellel a tömeg milyen pontosan becsülhető.

6. táblázat: Átlagos négyzetes hiba négyzetgyök értékek

	RMSE
Kukorica	2,470

Borsó	1,728
Vörösbab	0,871
Paprika	0,372
Zöld olíva	0,685
Fekete olíva	0,966

Ahogy a fenti 6. táblázatban is látható a legkisebb eltérés a paprika esetén volt megfigyelhető míg a legnagyobb a kukoricánál. Viszont ennek ellenére az eltérés csak 0,372 és 2,470 g között változott.

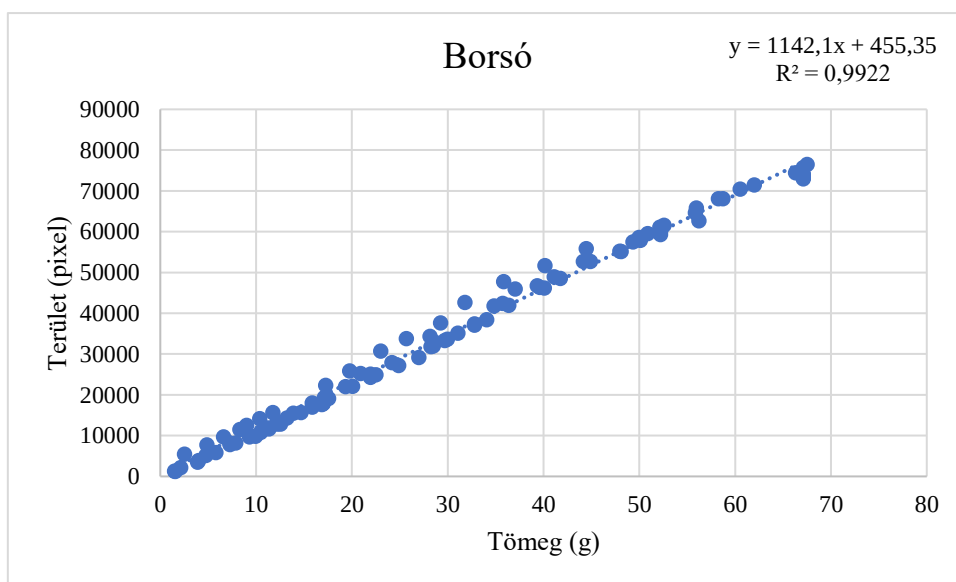
A számítások alapján azt mondhatjuk el, hogy a vörösbab, paprika, fekete-, zöld olíva esetén 1 g, borsó esetén 2 g, kukorica esetén pedig 2,5 g alatti hibával becsülünk.

Az így kapott összefüggések alapot adnak a műszer elkészítéséhez, és a képek feldolgozásához szükséges program elkészítéséhez.

Annak ellenőrzésére azonban, hogy valóban lineárisnak mondható-e az összefüggés a tömeg és a hozzá tartozó terület értékek között Durbin Watson próbát végeztem.

5.5 Durbin Watson, Reziduum analízis

A Durbin-Watson próbával tudjuk igazolni, vagy elvetni az autokorrelációra vonatkozó feltevésünket, számszerűsítve annak mértékét. Hogy ezt meg tudjam határozni a tömeg függvényében ábrázoltam a terület adatokat, ahogy azt az alábbi 22. ábra mutatja ezt borsó esetében.

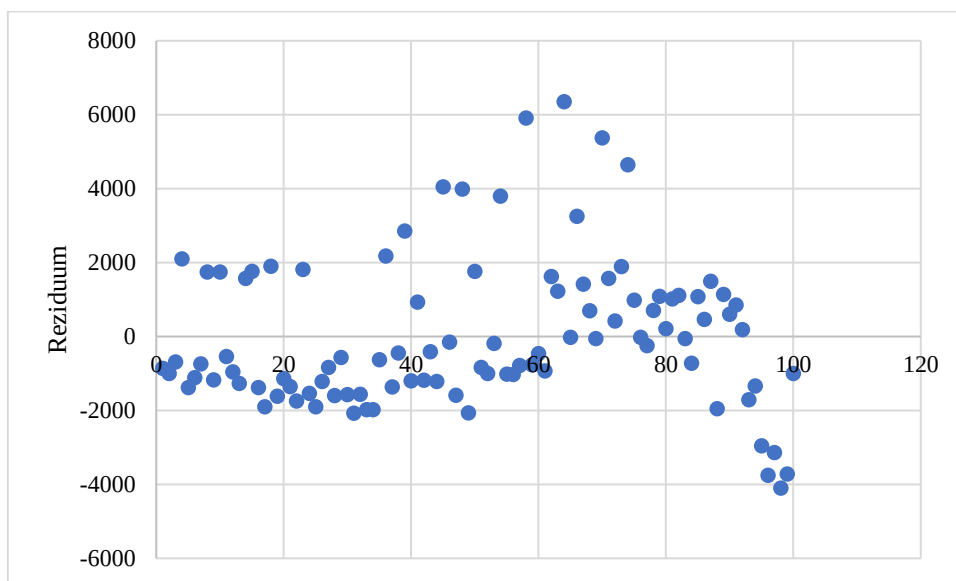


22. ábra: A terület a tömeg függvényében, lineáris modell

A determinációs együttható értékéből ($R^2 = 0,9922$) látszik, hogy nagyon szoros a kapcsolat, amely első látásra jónak tűnik. Azonban megbízhatóbb eredményt kapunk az illesztés pontosságáról, ha elvégezzük a reziduum analízist. Kiszámoltam az egyenes egyenletével

$$T = (1142,1 \cdot m + 455,35)$$

az egyes tömegekhez (m) tartozó terület (T) értékeket, ezeket kivonjuk a mért terület értékekből és a kapott pontokat, azaz reziduumokat ábrázoljuk.



23. ábra: A lineáris modell reziduum analízise

Látható a 23. ábrán, hogy a pontok eloszlása viszonylagosan véletlenszerű. Ez azt jelenti, hogy csak véletlenszerű hibát vittünk be az illesztés során, úgyhogy a lineáris regressziót el tudjuk fogadni. Ez azonban csak szubjektív megítélése az autokollerációnak.

5%-os szignifikancia szinten megállapítottam a d (Durbin Watson mutató) értéket, amely 1,667 volt (24. ábra). Ez az érték 100-as mintaszám esetén és $K=1$ -es független változók mellett $d_L=1,65$ érték felett és a $4-d_U = 2,31$ alatt van, tehát az elfogadás tartományába esik.

Ezáltal elmondható, hogy a borsónál a terület és tömeg adatok között lévő összefüggés valóban lineárisan közelíthető.

n	$p-1=1$		$p-1=2$		$p-1=3$		$p-1=4$		$p-1=5$	
	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U
30	1.35	1.49	1.28	1.57	1.21	1.65	1.14	1.74	1.07	1.83
31	1.36	1.50	1.30	1.57	1.23	1.65	1.16	1.74	1.09	1.83
32	1.37	1.50	1.31	1.57	1.24	1.65	1.18	1.73	1.11	1.82
33	1.38	1.51	1.32	1.58	1.26	1.65	1.19	1.73	1.13	1.81
34	1.39	1.51	1.33	1.58	1.27	1.65	1.21	1.73	1.15	1.81
35	1.40	1.52	1.34	1.58	1.28	1.65	1.22	1.73	1.16	1.80
36	1.41	1.52	1.35	1.59	1.29	1.65	1.24	1.73	1.18	1.80
37	1.42	1.53	1.36	1.59	1.31	1.66	1.25	1.72	1.19	1.80
38	1.43	1.54	1.37	1.59	1.32	1.66	1.26	1.72	1.21	1.79
39	1.43	1.54	1.38	1.60	1.33	1.66	1.27	1.72	1.22	1.79
40	1.44	1.54	1.39	1.60	1.34	1.66	1.29	1.72	1.23	1.79
45	1.48	1.57	1.43	1.62	1.38	1.67	1.34	1.72	1.29	1.78
50	1.50	1.59	1.46	1.63	1.42	1.67	1.38	1.72	1.34	1.77
55	1.53	1.60	1.49	1.64	1.45	1.68	1.41	1.72	1.38	1.77
60	1.55	1.62	1.51	1.65	1.48	1.69	1.44	1.73	1.41	1.77
65	1.57	1.63	1.54	1.66	1.50	1.70	1.47	1.73	1.44	1.77
70	1.58	1.64	1.55	1.67	1.52	1.70	1.49	1.74	1.46	1.77
75	1.60	1.65	1.57	1.68	1.54	1.71	1.51	1.74	1.49	1.77
80	1.61	1.66	1.59	1.69	1.56	1.72	1.53	1.74	1.51	1.77
85	1.62	1.67	1.60	1.70	1.57	1.72	1.55	1.75	1.52	1.77
90	1.63	1.68	1.61	1.70	1.59	1.73	1.57	1.75	1.54	1.78
95	1.64	1.69	1.62	1.71	1.60	1.73	1.58	1.75	1.56	1.78
100	1.65	1.69	1.63	1.72	1.61	1.74	1.59	1.76	1.57	1.78

24. ábra: Durbin-Watson teszthatárok 5%-os szignifikancia szinten (Keller 2011)

A többi nyersanyag esetén is sikeres volt a Durbin Watson teszt. Ezeknek az eredményeknek az összefoglalását a következő, 7. táblázat szolgáltat információt.

7. táblázat: Durbin Watson (d) mutatók

	Durbin Watson (d)
Kukorica	1,737
Borsó	1,667
Vörösbab	2,260
Paprika	1,740
Zöld olíva	1,920
Fekete olíva	2,294

A 7. táblázat értékei alapján látható, hogy a számított értékek alapján minden minta esetén 5%-os szignifikancia szinten elfogadható a Durbin Watson próba. Kukorica borsó, vörösbab és paprika esetén 100 minta szolgáltatja a számításokhoz az adatokat. Ezekben az esetekben $K=1$ -es független változó mellett $d_L=1,65$ és $4-d_U = 2,31$ közé esnek a Durbin Watson mutatók.

Olívák esetében azonban ez az érték alacsonyabb volt mivel az összes mintaszám is kevesebb (80 adatpár) állt rendelkezésre. Így $K=1$ -es független változó mellett olíváknál $d_L=1,61$ és $4-d_U = 2,34$ volt. A két olíva esetén is az elfogadási tartományba estek a számított értékek. Így a borsóhoz hasonlóan elmondható, hogy a többi nyersanyag esetén is lineáris összefüggést tapasztaltam a terület és tömeg adatok között.

5.6 Berendezés építése

Az elkészített mérések eredményeit felhasználva elkezdődhetett már a minőségellenőrző rendszer tervezése, majd építése. A berendezés építésénél több szempontot is figyelembe vettem. Ezek között volt a megvilágítás megfelelő kiválasztása, valamint egy homogén mérési körülményeket biztosító környezet kialakítása. Ezeknek a feltételeknek megfelelően egy zárt, a külső környezetei, mérést befolyásoló tényezők kizárására alkalmas berendezésre gondoltam, ami minden oldaláról zárt. A berendezés anyagának kiválasztásakor szempont volt, hogy a berendezés kis energia befektetéssel, könnyen mozgatható legyen továbbá a tisztíthatóságát is szem előtt kellett tartani, de mindezek mellett kellően masszívnak is kellett lennie. Ezeket a feltételeket szem előtt tartva a berendezés alapja egy háromrészes szekrény, ami préselt faforgácslapokból áll így biztosítva a könnyed mozgathatóságot. A berendezés felosztását tekintve felül helyezkedik el a kamera és a megvilágítás polccal elválasztva, középen a fiókos mérőfelület, míg alul az esetleges dokumentációknak és a kezelésiútmutatónak van kialakítva egy-egy elkülönített rész (25. ábra).



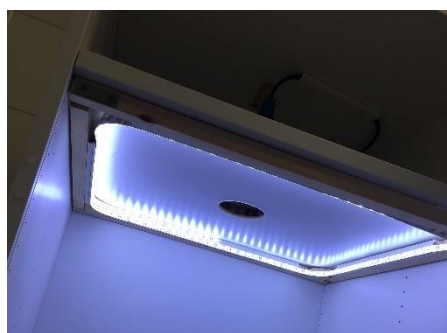
25. ábra: Kész berendezés felépítése

A szekrény fehér színének köszönhetően a berendezésben kialakított megvilágítás fénye könnyen verődik vissza a felületről ezáltal is segítve a látórendszer munkáját, mivel az esetleges reflexió így jelentősen csökken.

A megvilágítás kiválasztásakor, a személyes tapasztalataimat követve a közvetett megvilágítás lehetőségét már a tervezési feladat elején elvettem, mivel ebben az esetben a nyersanyagról

kamerába visszaverődő fény igen intenzív lett volna, ami már a méréseket is befolyásolhatta volna negatív irányba. Ezért a döntés a közvetett megvilágítás mellett szólt. A megvilágításnak azonban kellően nagy fényt kellett biztosítani a vizsgálathoz, de arra is ügyelni kellett, hogy nem lehet se túl meleg se túl hideg fényű, ami a mérés pontosságát zavarhatta volna. A döntés ennek megfelelően egy LED-fényfűzerre esett, aminek fénye nem tolódik el sem a sárgás sem a kék tartományba.

Megvilágítás tekintetében arra is ügyelni kellett, hogy a világító testből kivetülő fénysugarak a lehető legkisebb mértékben jussanak a kameralencsébe. Ezt kiküszöbölendő beépítésre került egy polc a kamera és a megvilágítás közé, aminek segítségével a káros fénysugarak mértéke csökkent (26 ábra).



26. ábra: A mérőrendszerben kialakított megvilágítás

A könnyebb kezelhetőség jegyében a mérőfelület fiókos kialakítást kapott. Ennek köszönhetően a mérési környezet a lehető legkisebb mértékben szennyeződik.

Az egyik, ha nem a legfontosabb tényező a mérőfelület háttérének színe is meghatározásra került. Ebben az esetben figyelembe kellett venni a termékek színét. Mérések során sárga, zöld, vörös, fekete, illetve nem utolsó sorban piros színű terményeket vizsgáltunk. Olyan színű háttérrel kellett választani, ami ezektől élesen különbözik és ezáltal kontrasztosabb képet kaphatunk és a lehető legkevesebb hibával dolgozhatunk. Így esett a választás a kék színű háttérre.

6 Összefoglalás

Életünket egyre jobban körbeveszi a technika. Ennek következtében egyre professzionálisabb gépek, berendezések láttak napvilágot, amik már nem csak a nagyipari vállalatok számára, hanem akár a hétköznapi ember részére is könnyedséget okozhatnak a mindennapokban. A legtöbb üzemben azonban nehéz megfelelő technikai újításokat bevezetni mert azok a megvásárolt célra nem minden esetben megfelelőek.

Az iparban bekövetkezett újítások következtében korábban akár több ember munkáját jelenleg egyetlen egy ember végzi robotok, kamerák vagy egyes gépek kapcsolatának segítségével. A Bonduelle Central Europe Kft. nagykőrösi telephelyén számos kukorica alapú keverék előállítását zajlik. Ilyenek a kukorica/zöldborsó, kukorica/vörösbab, kukorica/zöldborsó/paprika, kukorica/piros színű paprika. Ezeknek a keverékeknek meghatározott (specifikációba foglalt) előírásoknak kell megfelelniük. Az előírások között az egyes konzervekben lévő nyersanyagok megoszlása is adott határok között mozoghat így ezek ellenőrzését is el kell végezni. Ez azonban igen időigényes folyamat, mivel óránként több doboz tartalmát is ellenőrizni kell és dobozonként az összetevőket egyesével kézzel különválogatni majd tömegüket lemérve meghatározni az egyes arányok mértékét. Munkám így egy az iparban felmerülő nagyon időigényes munka könnyítésére irányul, ami nem az emberi erőforrás csökkentésére, hanem az emberi munka megkönnyítését szolgálná.

Különböző célokat határoztam meg a munka során, amelyekben eleinte az esetleges összefüggések meghatározása szerepelt. A vizsgálatok során különböző tömegű nyersanyagokat fotóztam, amiket a Scilab 6.1.1 programon belül dolgoztam fel. Ebben az eljárásban elsősorban szegmentálást végeztem a képeken nyersanyag által elfoglalt területek meghatározására. Ennek érdekében különböző küszöbérték (Threshold) értékeket határoztam meg. Az előzetesen meghatározott küszöbérték szinte minden kertészeti termés esetén alkalmazható volt. Ez a küszöbérték 0,4087 volt, ami a két olíwabogyón kívül alkalmazható volt, ezekre külön-külön más küszöbértéket kellett meghatározni. Ezt követően az így meghatározott területeket feljegyezve további számításokat végeztem.

A kísérletek során diszkriminancia analízist is végeztem, amely során arra voltam kíváncsi, hogy a látórendszer milyen hatékonysággal képes az egyes összetevőket elkülöníteni. Ennek eredménye az lett, hogy nagyon jó 98,5% a termények csoportba sorolása átlag szín alapján. Ezek alapján elmondható, hogy volt tévedés a mérés során például borsó esetén, ahol egy mintát az átlag színek alapján a zöld olívához, egy mintát pedig a paprikához sorolt. A borsón kívül a

paprikánál merült fel még tévedés, ahol egy mintát az átlagszínek alapján a kukoricához, míg bab esetén is egy mintát a paprikához sorolt be a rendszer.

Az átlag színeket ábrázolva egy diagramon látható továbbá, hogy az egyes nyersanyagoknál tapasztalt színértékek nagyon jól tömörödnek egy-egy csoportba, ami nagyon jól mutatja azt milyen jó hatékonysággal ismeri fel (különíti el) a kamera az egyes kertészeti termékeket szín alapján. A legnagyobb szórást a kukoricánál tapasztalhatjuk, aminek egyik oka lehet például az, hogy amikor az átlag színeket terményenként meghatároztuk, akkor több paprikás (chilis) kukorica került feldolgozásra. A chili azért okozhat színbeli eltolódást a vizsgálatokban mivel a feldolgozás során chili por is hozzákerül a keverékhez, valamint a paprika sokkal kisebbre van aprítva, mint más keverékek esetén, aminek következtében a hőkezelés során szétfoszlik a doboz belsejében és mivel ezek nagyon kis méretűek is lehetnek könnyedén rajta maradhatnak a kukorica felületén, ami okozhatja ezt a nagy szórást. Ezt az is bizonyíthatja, hogy jellemzően az összes többi csoport szórása láthatóan sokkal kisebb a kukoricáéhoz képest.

Az összefüggések keresése közben a következő a tömeg és terület közti tényleges kapcsolat vizsgálatával történt. A korábban meghatározott terület adatokat a hozzá tartozó tömegadatokkal ábrázoltam, mely során lineáris kapcsolat volt felfedezhető az ábrázolt pontok alapján. Az ábrázolt pontokra egyenest illesztettem és az így megkapott R^2 értékek alapján igen erős pozitív korreláció volt tapasztalható. Ennek ellenőrzésére rangkorrelációt végeztem, amelyet követően szintén elmondható volt, hogy a tömeg és a nyersanyag által elfoglalt terület között erős pozitív a korreláció mértéke, mivel minden nyersanyag esetén ez az érték 0,98 – 1 között helyezkedett el.

Az előzetesen ismertetett eredmények alapján elkezdődött a modell építés. Először ebben a lépésben meghatároztam az átlagos négyzetes hiba négyzetgyökét (RMSE). Ennek segítségével meghatározható volt, hogy összességében milyen tömegű hibával lehet képes működni a berendezés. A legkisebb eltérés a paprika esetén volt megfigyelhető míg a legnagyobb a kukoricánál. Viszont ennek ellenére az eltérés csak 0,347 és 2,470 g között változott. A számítások alapján azt mondhatjuk el, hogy a vörösbab, paprika, fekete-, zöld olíva esetén 1 g, borsó esetén 1,5 g, kukorica esetén pedig 2,5 g alatti hibával becsülünk.

Annak ellenőrzésére azonban, hogy valóban lineárisnak mondható-e az összefüggés a tömeg és a hozzá tartozó terület értékek között Durbin Watson próbát végeztem. Ennek eredménye azt mutatja, hogy minden nyersanyag esetén lineáris az összefüggés a tömeg és a hozzátartozó tömeg adatok között, mivel $K=1$ -es független változó mellett az elfogadási tartományba estek a számított értékek.

7 További cél

Lehetőséget látok a témával kapcsolatban:

- A megépített berendezés tesztelése, a kalibráló adatok finomítása annak érdekében, hogy a berendezés a lehető legnagyobb pontossággal működhessen.
- A szoftver továbbfejlesztése, annak érdekében, hogy egy komplett, nyomtatható minőségellenőrzésben használható jegyzőkönyv készüljön a mérések alapján (megjelenítve pl. a mérés sorszámát, dátumát, idejét, az alapanyagok tömegét, %-os felosztását, a mérés képét).
- Az elkészített látórendszer más problémára való felkészítése, mint például különböző tört szem, léhaszem meghatározása.
- A minőségellenőrző laboratóriumi munka segítése kukoricamorzsolás hatékonyságának vizsgálatára.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció az ÚNKP-21-2-I-MATE/29, az Innovációs és Technológiai Minisztérium, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával készült.



8 Felhasznált irodalom

- Felföldi J. (2020): Számítógépes látórendszerek és képfeldolgozás az élelmiszerek minőségellenőrzésében. Méréselmélet és kísérlettervezés Egyetemi jegyzet.
- Felföldi J., Firtha F. és Győri E. (1996): Machine vision applications to quality characterisation of food products - Acta Alimentaria (1997) Vol. 26 (3), pp. 289-290. (ISSN 0139-3006)
- Zhu L., Spachos P., Pensini E., és Plataniotis K. N. (2021): Deep learning and machine vision for food processing: A survey. Current Research in Food Science, 4, 233-249.
- Firtha F. (2008): Trikrómikus és hiperspektrális képfeldolgozási módszerek élelmiszerek és termények vizsgálatára (Doctoral dissertation, Budapesti Corvinus Egyetem).
- Özdoğan G., Lin X., és Sun D. W. (2021): Rapid and noninvasive sensory analyses of food products by hyperspectral imaging: Recent application developments. Trends in Food Science & Technology. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.044>
- Saha D., és Annamalai M. (2021): Machine learning techniques for analysis of hyperspectral images to determine quality of food products: A review. Current Research in Food Science. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.01.002>
- Fellows, P. J. (2009): Food processing technology: principles and practice. Elsevier.
- Mohd Khairi M. T., Ibrahim S., Md Yunus M. A., és Faramarzi, M. (2018): Noninvasive techniques for detection of foreign bodies in food: A review. Journal of food process engineering, 41(6), e12808. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12808>
- Chen Q., Zhang C., Zhao J., és Ouyang, Q. (2013): Recent advances in emerging imaging techniques for non-destructive detection of food quality and safety. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 52, 261-274. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2013.09.007>
- Jia B., Wang W., Ni X., Lawrence K. C., Zhuang H., Yoon S. C., és Gao, Z. (2020): Essential processing methods of hyperspectral images of agricultural and food products. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 198, 103936. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.103936>
- Kirtil E., és Oztop M. H. (2016): ¹H nuclear magnetic resonance relaxometry and magnetic resonance imaging and applications in food science and processing. Food Engineering Reviews, 8(1), 1-22. <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9118-y>

- Hashemi R. H., Bradley W. G., és Lisanti, C. J. (2012): MRI: the basics: The Basics. Lippincott Williams & Wilkins.
- Shih F. Y. (2010): Image processing and pattern recognition: fundamentals and techniques. John Wiley & Sons.
- Einarsdóttir H., Emerson M. J., Clemmensen L. H., Scherer K., Willer K., Bech M., és Pfeiffer F. (2016): Novelty detection of foreign objects in food using multi-modal X-ray imaging. Food Control, 67, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.023>
- Han J. H. (2005): New technologies in food packaging: Overview. In Innovations in food packaging (pp. 3-11). Academic Press.
- Miskolczi P. (2017): Részvényportfóliók kockázatának néhány mérési lehetősége. Debreceni Egyetem Doktori (PhD) értekezés
- Lopez-Rubio A., Hernandez-Munoz P., Catala R., Gavara R., és Lagaron J. M. (2005): Improving packaged food quality and safety. Part 1: Synchrotron X-ray analysis. Food additives and contaminants, 22(10), 988-993. <https://doi.org/10.1080/02652030500246370>
- Golnabi H., és Asadpour A. (2007): Design and application of industrial machine vision systems. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 23(6), 630-637. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.02.005>
- Vereycken R., Bravo C., Ramon H., De Baerdemaeker J., és Van Linden V. (2002, June): Detection technique for tomato bruise damage by thermal imaging. In International Conference: Postharvest Unlimited 599 (pp. 389-394). 10.17660/ActaHortic.2003.599.49
- Gariepy C., Amiot, J., és Nadai S. (1989): Ante-mortem detection of PSE and DFD by infrared thermography of pigs before stunning. Meat Science, 25(1), 37-41. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(89\)90064-8](https://doi.org/10.1016/0309-1740(89)90064-8)
- Hall L. D., Evans S. D., és Nott K. P. (1998): Measurement of textural changes of food by MRI relaxometry. Magnetic resonance imaging, 16(5-6), 485-492. [https://doi.org/10.1016/S0730-725X\(98\)00116-7](https://doi.org/10.1016/S0730-725X(98)00116-7)
- Aursand I. G., Erikson U., és Veliyulin E. (2010): Water properties and salt uptake in Atlantic salmon fillets as affected by ante-mortem stress, rigor mortis, and brine salting: A low-field ¹H NMR and ¹H/²³Na MRI study. Food chemistry, 120(2), 482-489. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.041>

- Álló G., Füglein J., Hegedűs Gy. Géza és Szabó J. (1993): Bevezetés a számítógépes képfeldolgozásba. BME Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest
- Ma S., Churkina G., Wieland R., és Gessler A. (2011): Optimization and evaluation of the ANTHRO-BGC model for winter crops in Europe. Ecological modelling, 222(20-22), 3662-3679.
- Kerékgyártó Gy., Mundruczó Gy. (1999): Statisztikai módszerek a gazdasági elemzésben Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem Aula Kiadó, ISBN 963 9215 29 5
- Keller P. (2011): Six Sigma Demystified®. McGraw-Hill Education. ISBN: 9780071746793
- Jović O. (2016): Durbin-Watson partial least-squares regression applied to MIR data on adulteration with edible oils of different origins. Food chemistry, 213, 791-798.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.016>

Internetes források

1. <https://oktel.hu/szolgalatas/kamerarendszer/objektivek/az-objektivek-alkalmazasai/>
2. https://hetikiserlet.blog.hu/2015/02/17/optika_gyujtolencse_fokusztavolsaga
3. <https://spssabc.hu/tobbvaltozos-elemzes/diszkriminanciaanalizis/>
4. https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetencia_k_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/17_0009_tartalomelem_007_mu_nkaanyag_100731.pdf
5. Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2016, November 28). Bitmap. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/bitmap>