

PALACK CÍMKÉK ELLENŐRZÉSE KAMERARENDSZERREL

PLASTIC BOTTLE LABEL VERIFICATION USING CAMERA SYSTEM

Dokonpil Norbert², Koszna Ferenc^{1,2,*}, Vincze Imre^{1,2}, Piller László^{1,2}, Megyesi Zoltán^{1,2}

¹ Informatika Tanszék, Gamf Műszaki és Informatikai Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország

² Számítógépes Optikai Érzékelés és Feldolgozás Kutatólaboratórium, MTA-SzTAKI, Magyarország

Kulcsszavak:

Minőség ellenőrzés
Látó rendszerek
Ipari kamera
Palack címke
Mintaillesztés

Keywords:

Quality Control
Vision System
Industrial Camera
Bottle Label
Template Matching

Cikktörténet:

Beérkezett 2018. szeptember
21.
Átdolgozva 2018. október 2.
Elfogadva 2019. március 5.

Összefoglalás

Kamera rendszerek alkalmazása ipari minőség ellenőrzésre széles körben elterjedt gyakorlat, azonban legtöbbször jól kontrollált környezetben, meghatározott munkadarabok limitált változására alkalmazható. Ettől eltérően bemutatunk egy kamera rendszer megoldást, amely ismeretlen geometriájú palackra elhelyezett rendszeresen változó címkék ipari minőség ellenőrzését célozza meg egyedi képfeldolgozási módszerek alkalmazásával.

Abstract

Industrial vision systems are being widely applied for quality control application. However, these systems are mostly reliable in controlled environment, known work piece geometry and limited changes to the piece. In contrast we show a camera system based quality control application that verifies changes of unknown labels on plastic bottles of unknown geometry, using images processing techniques.

1. Bevezetés

Az ipari minőségellenőrzés régóta alkalmazott eszköze az ipari kamera és a kapcsolódó szoftver csomagok, azonban a megbízhatóság érdekében az ellenőrzési területek köre és az ellenőrzés körülményei általában jól meghatározottak. Gyakori a munkadarabok hiánytalanságának ellenőrzése vagy hibájának mérése. A munkadarabok általában ismert pozícióban érkeznek a kamera mérési terébe a kamerától megadott távolságban. A jelenlegi probléma egy változó méretű munkadarabra elhelyezett szöveges címke torzulását, illetve referenciától való eltéréseinek mérését célozza meg. A munkadarabok műanyag flakonok, amelyek eltérő méretűek: űrtartalmuk 10 cl-től 20l-ig terjed. A méretkülönbségek és a különböző gyártások miatt a munkadarabok manuálisan kerülnek a mérőcellába. A vizsgált címkék a flakon teljes oldalán megtalálhatók, és gyakran változhatnak. Ezen nehézségek miatt ez a probléma túlmutat az általunk vizsgált készen elérhető minőségellenőrzési szoftverek képességi körén.

Egy lehetséges megoldás erre a minőségellenőrzési problémára a palackok gyártási terveinek ismerete (CAD modellje) és a címkék pontos leírása segítségével elkészíteni a vizsgált munkadarabok látványtervét, amely a mért munkadarabbal összevethető. Azonban a munkadarabok és a referencia címkék sokfélesége, gyors változása, a palackok és a címke láthatósági modelljének összetettsége miatt ez nem járható út (különösen, mivel átlátszó palackok is lehetségesek). A választott módszer a referencia palack felvétele és annak a mintával való összehasonlítása, vagyis palackként és címkéként a referencia gyorsan megváltoztatható, de a mérést megelőzően rögzíteni kell azt.

* Kapcsolattartó szerző. Tel.: +36 76 516 442
E-mail cím: koszna.ferenc@gamf.uni-neumann.hu

A mérőcella kiépítésénél több problémára is választ kellett találni, amelyek közül többet ismertetünk ebben a cikkben. A legfontosabb problémák a vizsgált felületek ismert pozícióba való elhelyezése, illetve a lehetséges torzulások modellezése és kompenzálása. A képfeldolgozási problémák elsősorban a behelyezési pozíció helyes detektálása illetve a címke hibák összehasonlítása során merülnek fel.

A cikk célja a mérőcella felépítésének bemutatása és a szoftver eredményeinek szemléltetése. A cikk felépítése a következő: Először kapcsolódó munkákat mutatjuk be (2. fejezet), majd a probléma bemutatása (3. fejezet) után a mérőcella felépítését (4. fejezet) és a működését ismertetjük (5. fejezet). A cikket az összehasonlítási függvények eredményeinek bemutatásával zárjuk (6. fejezet).

2. Kapcsolódó munkák

Számos munka foglalkozik azzal, hogyan lehet komplett rendszerrel palackok bizonyos aspektusait vizsgálni. Riza Sulaiman és Anton S. Prabuwono [1] munkája: egy komplett, neurális hálózaton alapuló automata palackvizsgáló rendszert készítettek meglévő rendszerre építve. Éldetektálással palackok folyadékszintjének vizsgálatát kutatta Chintan Modi és társai [2]. Továbbá kutatások folytak intelligens képfeldolgozási rendszerek létrehozására [3], kész rendszer készítése megfelelő folyadék és kupak szint mérésére [4]. Az üres vizes palackok vizsgálatával [5] foglalkozó kutatás áll legközelebb a mi problémánkhoz. Az egyes munkák részben tartalmazzák a mi célkitűzéseinket, azonban a probléma megoldásához egyedi megoldásokat tervezünk használni. A különbséget a felsorolt munkákhoz képest a vizsgálandó palackok mérete, formája, színe határozza meg, és a feladatunk a címkék egyedi ellenőrzésére fókuszál, nem pedig a gyártás során a palackon keletkezett hibákra.

3. Probléma bemutatás

Különböző méretű palackokat gyártó cég felkérésére olyan minőségellenőrző eszközt, palackvizsgálót készítettünk, amely meghatározza a hibás címkézéseket, mint amelyre példát láthatunk az 1. ábrán.



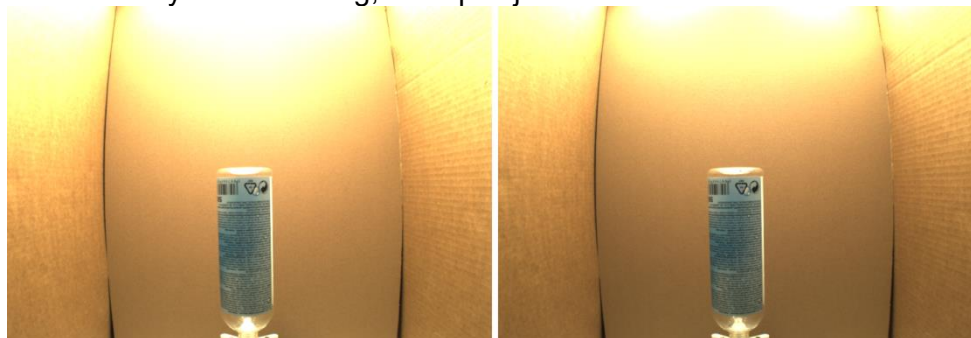
1. ábra - Hibás címkék

A probléma a gyártás során keletkezett selejtek észrevétele. Jelenleg ez a módszer emberi erőforrásokat és kézi ellenőrzést igényelnek, a későbbiekben ezt félig/teljesen automatizált rendszerrel szeretnék támogatni. Igény merült fel a címkék gyártás utáni/közbeni ellenőrzésére is, de ez elsősorban hardver kialakítási és teljesítménybeli követelmény különbségeket jelent, az ellenőrzési problémát nem befolyásolja.

Emberi szem által nehezen észrevehetőek például a minimális fokban eltérő címkék, több száz, több ezer palack ellenőrzéskor a szem elfáradásából eredő hibákat is ki kell szűrni majd. A kamerás ellenőrzés által detektált hibák azonban nem csak a címke hibákból eredhetnek, ezért fontos a lehetséges képi változások modellezése és olyan összehasonlítás kifejlesztése, amely ezen hibákra invariáns. A következő alfejezetekben a fontosabb képi hibák okát ismertetjük.

3.1. Fénytani változások

Minden képfeldolgozási problémánál az első feladat a helyes megvilágítás meghatározása. Mindenképpen törekedni kell a kontrollálható mérés környezetre, vagyis arra, hogy a képfelvétel közben csak az általunk meghatározott fényforrások világítsanak. Viszont ebben az esetben is lehetségesek fénytani változások, amelyek pusztán a munkadarab önárnyékoló, illetve felületének visszaverő tulajdonsága miatt is kialakulhatnak. A 2. ábra illusztrálja a fénytani változásokat, amelyek az önárnyékolás és visszaverődés okoznak. A képek felső részén, illetve a megfogó területén jól látszik a fénytani különbség, de kép teljes területén vannak eltérések.



2. ábra - Fénytani változások önárnyékolás és felületi visszaverődés miatt

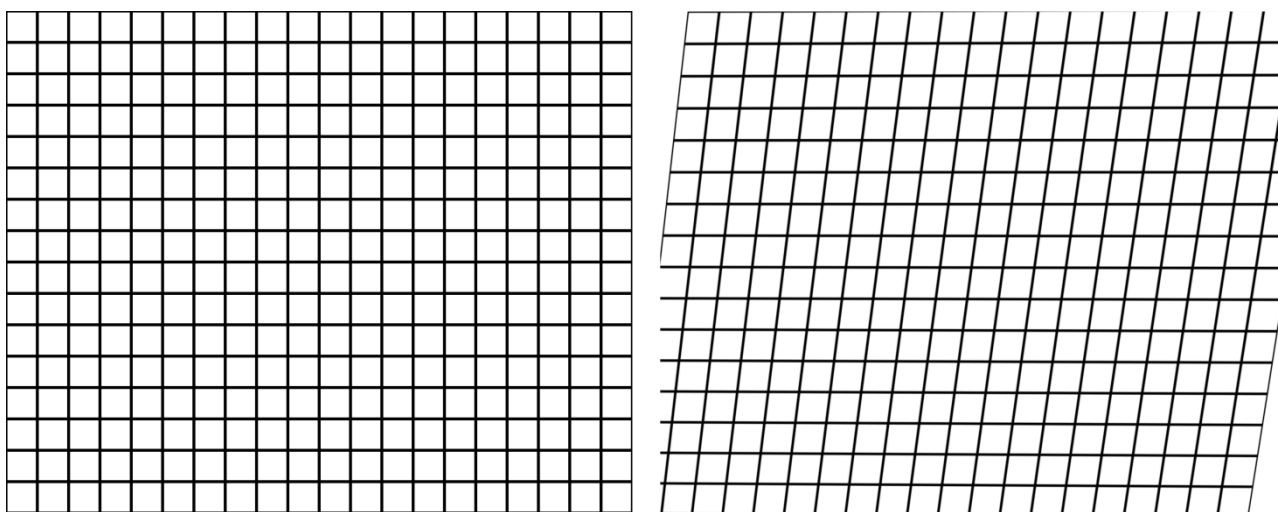
A fénytani változások kompenzálására fénytani *eltolás invariáns mintaillesztési módszerek* alkalmazása szükséges.

3.2. Vetítési torzulás

Egy másik fontos különbség, amely munkadarabokról készített felvételek esetén megfigyelhető az a vetítésből származó torzulás. Ha feltételezzük, hogy a munkadarabunk geometriailag azonos, de a referenciához képest máshol van elhelyezve, a torzulás modellezése csak a munkadarab 3D geometriájának pontos ismeretében lehetséges. Ha feltételezhető lenne, hogy a munkadarab vizsgálendő felszíne egy sík, úgy a torzulás jól közelíthető lenne egy affin torzulással, amely csak az alábbi torzulásokat engedi meg:

- Forgatás
- Eltolás
- Nyírás

Viszont a munkadarab mérete és aránya alapján a sík torzulását valójában egy perspektív transzformáció tudná megfelelően leírni, ahol csak az a megkötés, hogy az egyenes képe egyenes legyen (lásd 3. ábra).



3. ábra - Rács perspektív torzulása

Az affin és a perspektív torzulás detektálására és kompenzálására léteznek eszközök: olyan affin és perspektív invariáns jellemzők, amelyek alapján egyes képrészletek beazonosíthatók.

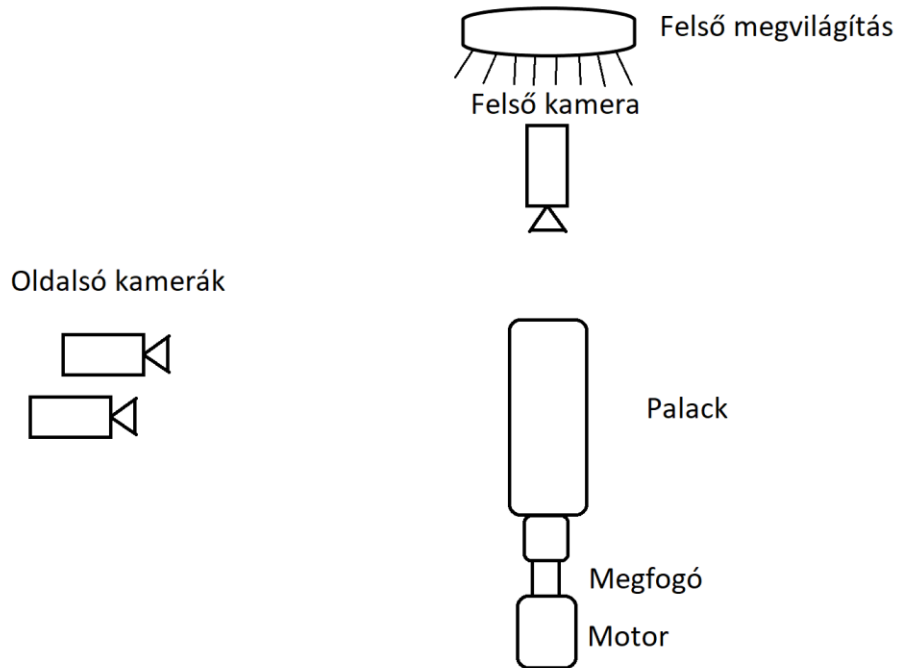
Ismeretlen geometria esetén azonban nem lehet pontosan leírni és kompenzálni a torzulást. Ilyenkor az alkalmazható módszer a címke részletekben való illesztése illetve a geometria detektálása vezethet sikerre. Ezért is különösen fontos, hogy a munkadarabok behelyezésekor a lehető legpontosabb legyen a pozicionálás. Megfelelő elhelyezés esetén az affin torzulás feletti torzulás általában elhanyagolható.

4. A mérőcella hardver kialakítása

A tervezett rendszer az alábbi komponensekből épül fel:

- 2 oldalsó kamera,
- 1 felső kamera,
- a forgató motor, melyre egy megfogó van szerelve
- egy fényforrás, mely megvilágítja a palackot és a környezetét
- és egy fekete doboz melyben elhelyezkednek.

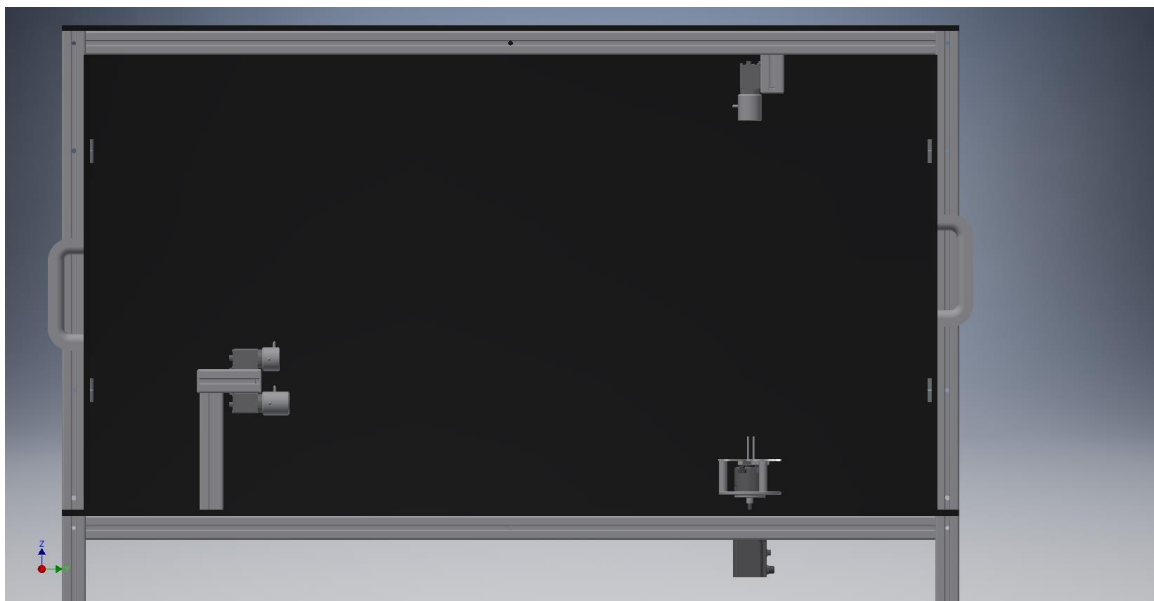
Az eszközök sematikus elhelyezkedését a 4. ábra mutatja.



4. ábra - Sematikus rendszerterv

A két oldalsó kamerára azért van szükség, mert a rendszernek tetszőleges méretű és formájú palackokat kell mérnie, vagyis a mérési felületek eltérő fókuszszíkon helyezkednek el. Egy kamera esetén lehetőség van automatikus fókuszt használni, azonban nem lehetne garantálni az összehasonlítás során az azonos fókuszbéállításokat. Két különböző fókuszu kamera segítségével az ismert méretbeli határértékek figyelembevételével minden esetben lehetséges majd éles mérési képet venni.

A felső kamera ahhoz kell, hogy amennyiben nem teljesen merőlegesen lett elhelyezve a palack a megfogóra a dőlésszögből eredő hiba kiszámítható és kompenzálható legyen. Ezen kívül információt szolgáltat - a későbbiekben részletezett mérés esetén - a behelyezett palack helyzetéről (forgásszögéről) a referencia felvételhez viszonyítva. A forgató motor a palackok forgatásáért felelős, segítségével körbe lehet fényképezni azokat, amely mind a referencia vételhez, mind az összehasonlításhoz szükséges. Fontos a forgató motor pontossága, ugyanis ez alapján kerülnek tárolásra az elkészült képek szögei. Amennyiben pontatlan a motor, nem az elvárt eredmény születik. A fekete dobozra a fényviszonyok kontrollálhatósága miatt van szükség, illetve segítségével könnyebben szegmentálhatók a palackok a nagyfelbontású képeken. Az elkészült CAD modell az 5. ábrán látható.



5. ábra - A rendszerterv CAD modellje

A kamerarendszerhez tartozik egy vezérlő program, amely kiadja a szükséges műveleteket és elvégzi a számításokat, melyekről később lesz szó. Alapvetően az elvégzendő műveletek egyszerűek: A motort forgatni kell, amelyen a palackok helyezkednek el, a kameráknak képet kell azokról készíteni, illetve el kell küldeni egyrészt a képeket, másrészt a különböző információkat a feldolgozó szoftver számára.

A szoftver képes referencia palackok felvételére, felvett palackok esetén pedig mérésre. A mérés lényegében egy egyedi képfeldolgozási algoritmus, melynek eredménye egy igaz/hamis érték. Ez annyit jelent, hogy képes megmondani a különböző palackokról, hogy azok címkéi hibásak-e vagy sem.

5. A munkafolyamat leírása

A mérési probléma megoldásához először is szükség van a megfelelő referencia képekre. Ennek elkészítése során az első lépés a kamerák és a motor inicializálása. Ezután, érkezik egy trigger jel a feldolgozó programtól a kamerák felé, hogy képet kell készíteni. A kép elkészülte után az visszaérkezik a feldolgozó programhoz, ahol ellenőrzésre kerül, hogy jó szögben készült-e. Amennyiben helyes a szög, a motorvezérlőnek küldött szög segítségével a palack elfordul, majd ismét képkészítési trigger jel kerül kiküldésre a kameráknak. A folyamat addig ismétlődik, míg a palack körbe nem fordult. Hiba esetén előlről kell kezdeni a referencia képek felvételét. Miután rendelkezésre állnak a szükséges referencia állományok, lefuttatható különböző palackokon a mérés algoritmus, mely a következőkben olvasható.

Összefoglalva tehát a szoftver a paraméterek beállítása után két fajta használati módban működhet. Az egyik a referencia készítés, a másik a mérés.

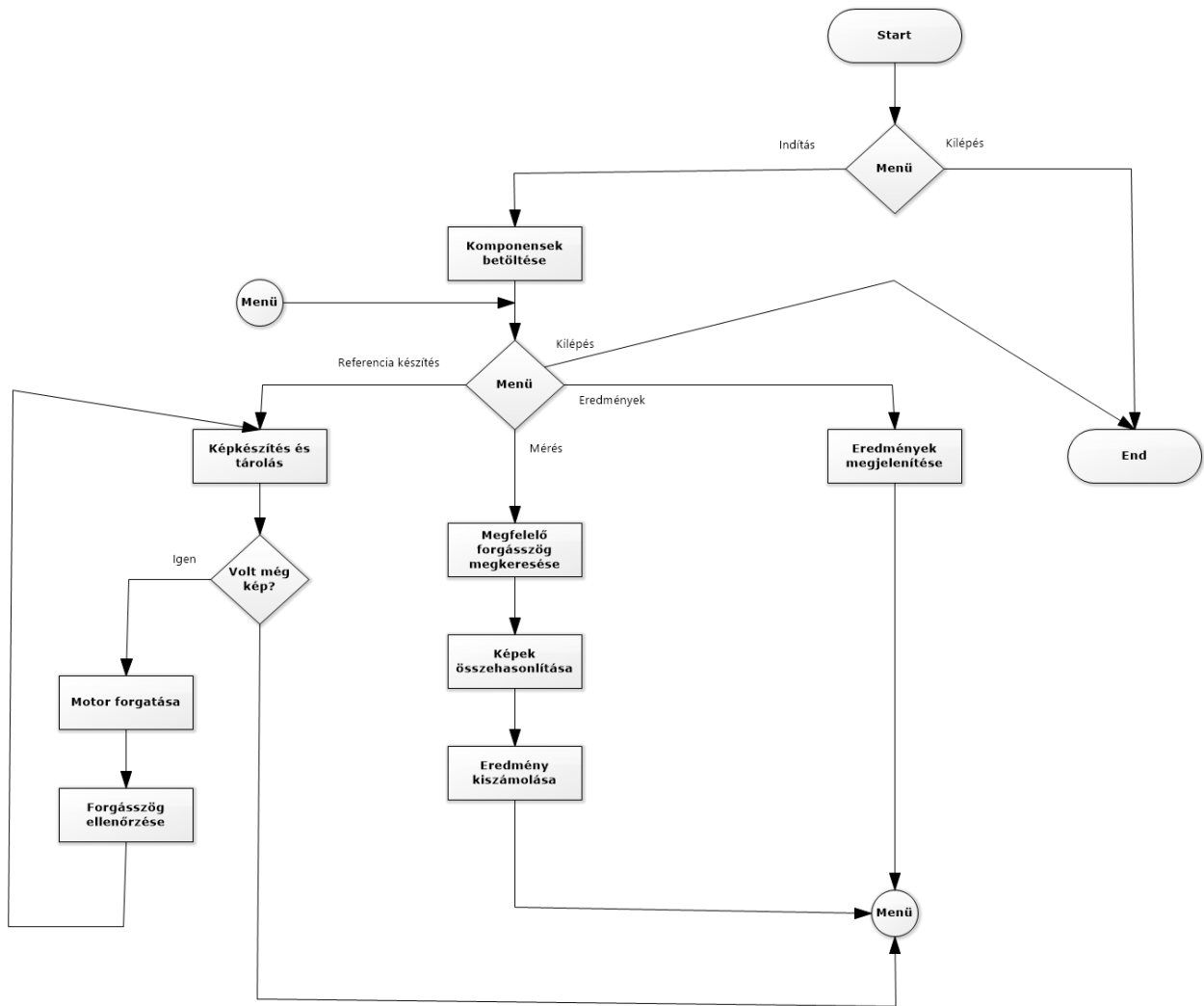
A referencia készítés folyamata:

- palack behelyezése
- palack tulajdonságainak rögzítése
- forgatás és felvétel készítés (1-0.1 fokként)
- referencia adatok tárolása

A mérés folyamata:

- palack behelyezése
- referencia kiválasztása
- forgatás és felvétel készítés (60-90 fokként)
- forgásszög alapú keresés a referenciaadatokban (forgásszög meghatározása)
- címke hibák mérése
- naplózás

A munkafolyamatokhoz tartozó szoftver működés folyamatábrája a 6. ábrán látható.



6. ábra - Az algoritmus folyamatábrája

Képfeldolgozási eszközökre a forgásszög meghatározásánál és a címke hibák detektálásánál van szükség. Mindkettő esetében valamilyen hibát kell számítani. A 2. ábrán látható, hogy egy általunk vizsgált képen nem csak a palack látható, hanem annak környezete is. Ez hibakalkuláció esetén egyrészt zavaró lehet (nem valódi hiba, zaj), másrészt megnöveli a számításigényt. Erre ad megoldást a palackszegmentáció. Ezt azt jelenti, hogy a képből minden felesleges részt eltávolítunk, csak a palack marad. Erre láthatunk példát a 7. ábrán.

A működése röviden:

- Bináris maszk készítése
 - Ki kell vonni a palackos képből az üres mérőcella képét
 - Küszöbölés segítségével megkapjuk a palack helyzetét
- ROI (Region of Interest) meghatározása a maszkra (Palack körüli téglalap pozíciója és mérete)
- Eredeti képen lévő palack körbevágása a ROI segítségével



7. ábra - Szegmentálás

5.1. Forgásszög meghatározása

Tegyük fel, hogy elkészült egy felcímkézett palackról egy nagy szögfelbontású referencia felvétel sorozat, és szeretnénk egy munkadarabon ellenőrizni a címke helyességét.

Ehhez miután a munkadarabot a mérőcellába helyeztük, hasonlóan a referencia készítéshez körbe kell fényképezni a palackot meghatározott szögekben, amelyeknek nem feltétlen kell egyeznie a referenciáknál használt szöggel. Első lépésként meg kell határozni a munkadarab forgásszögét a referenciához képest, vagyis meg kell keresni a legjobb illeszkedést a referenciákra a következő képlet segítségével (lásd 1. képlet).

$$\min \sum_i e_i^2, e: \text{mérési hiba} \quad (1)$$

Az e_i mérési hiba összegzi az egy forgásszöggel készült mérési képek eltérését (felső és oldalsó kamerákét egyaránt) az i szöghöz tárolt referencia képektől. Ahol a mérési hibák négyzetösszege minimális, ott van a forgásszög nullpontja, amely meghatározza, mely referencia képet kell használni a címke hibák számításához. A legjobb szögben készült felső és oldalsó kamerák arra is információt adnak, hogy mekkora a dőlésszögből eredő torzulás.

5.2. Címke hiba számítása

Amint meg van a megfelelő forgásszög és meg van határozva a dőlésszög hiba, sorban össze kell hasonlítani a mérési képeket a referencia képekkel. Ez azt jelenti, hogy nem keressük ki újra a referenciák közül azt amelyik a legjobban illeszkedik minden egyes mérési képre. Az előző lépésben meghatározott kezdőszög és a mérési kép szöge alapján már könnyedén megkereshető a következő referenciakép. Jelenleg egy kis tartományban keresi a legjobb referenciaképet a várt szög közelében.

Olyan mintaillesztési algoritmust alkalmazunk, amely forgatás, eltolás és fénytani változásokra invariáns. A kapott hiba alapján már egyértelműen el lehet dönteni, hogy az adott palack címkéje hibás-e vagy sem. Az összehasonlításra a fénytani változások miatt a Normalizált Kereszt Korrelációval (NCC) (2. képlet), és Normalizált Hibanégyzet Összeg (NSSD) (3. képlet) összehasonlítással is kísérleteztünk.

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} T(x', y') \cdot I(x+x', y+y')}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x+x', y+y')^2}} \quad (2)$$

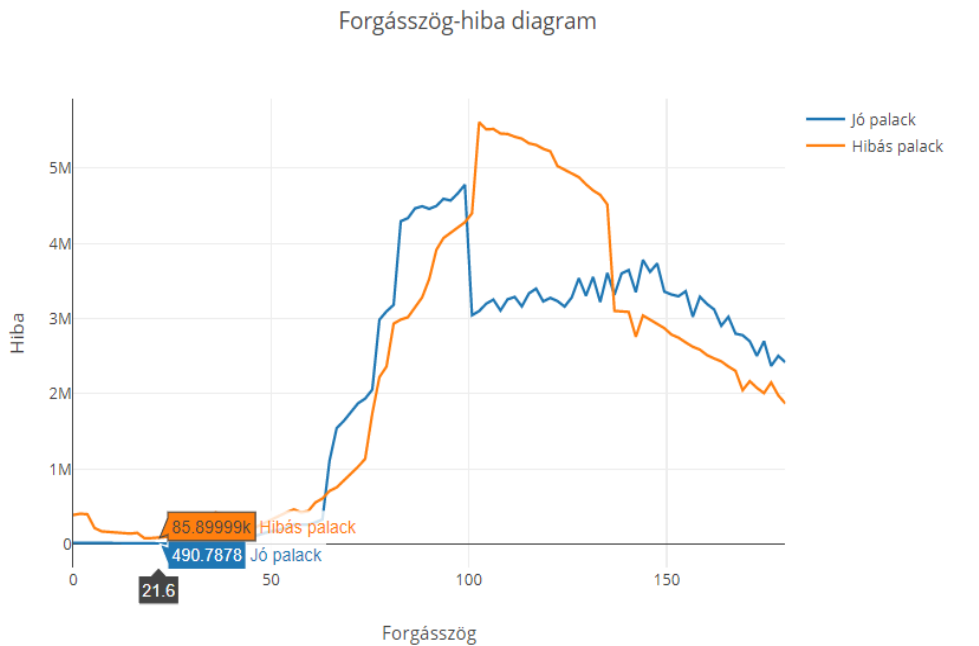
$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x+x', y+y'))^2}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x+x', y+y')^2}} \quad (3)$$

Az összehasonlításokat, hogy affin invariáns legyen, limitált affin torzított képekre is el kell végezni, így minimalizálható a vetítési hibából adódó címke hiba. Az összehasonlítás eredménye a palack minden mérési szögéből vett hasonlósági érték, vagy hiba együttese. A jelen cikkben a pixelszámra átlagolt NSSD hibák négyzetes összegét alkalmaztuk.

6. Eredmények

A mérőcellát teszteltük több címke és palack sorozat esetén. Az itt bemutatott eredmények egy kiválasztott referenciához hasonlított helyes és címke hibás palackkal készültek.

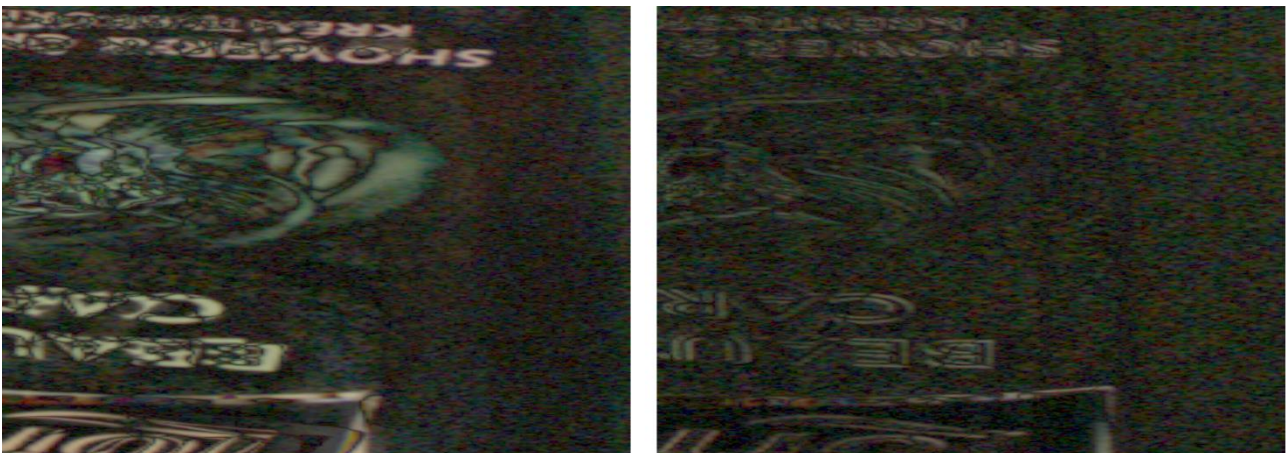
Az első eredmény a forgásszög meghatározásának módszerét támasztja alá. A 8. ábra a mérési palackok referenciával való összehasonlítását mutatja különböző forgásszögekben. Jól látható, hogy a legjobb forgásszöge egyértelműen meghatározható a hibafüggvény minimalizálásával mind a helyes palack, mind a hibás palack esetén. Fontos megállapítani, hogy a címkehibák a felső kamera használata miatt nem befolyásolják a forgásszög meghatározást.



8. ábra - Forgásszög-hiba diagram

A címke hiba ellenőrzésénél összehasonlítottuk a legjobb forgásszögben levő pozícióban készült referencia és mérési képeket mind helyes és hibás palackok esetében.

Hibás palack esetében az összehasonlításakor jelentős hibák jelentkeznek, amit a 9. ábra is mutat. A nagyságrendi hiba eltérést lehetővé teszi a küszöbölés alkalmazására, bár a helyes küszöb változhat a palackok függvényében.



9. ábra - Bal oldalon hibás (gyűrött címke) 197,4-es hiba értékkel, jobb oldalon helyes címke van 15,7-es hiba értékkel.

7. Összefoglalás

Bemutattuk a hardver koncepciót és egy tervezett munkafolyamatot egy mérőcella kialakítására, amely képes különböző méretű palackok címke hibájának ellenőrzésére. Az elmélet igazolására megépítettünk egy mérőcella deszkamodellt és megvalósítottuk a forgásszög ellenőrzésére és a címke hibák összehasonlítására alkalmas képfeldolgozási kódot, majd kísérleteket végeztünk helyes és hibás palackokon. A módszert igazolja, hogy a hibás és helyes palackok hiba értékei között nagyságrendi különbség van. A következő feladat a helyes küszöbértékek meghatározása, amely palackonként eltérhet, illetve a rendszer pontosságának, vagyis a legkisebb megbízhatóan detektálható címke hiba mérése.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely az EFOP-3.6.1-16-2016-00006 „A kutatási potenciál fejlesztése és bővítése a Neumann János Egyetemen” pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, mely a GINOP-2.2.1-15-2017-00075 „Új, innovatív műanyag extrudálási, flakonfúvási és címkézési technológia fejlesztése” pályázat keretében a Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet együttműködésével valósul meg.

Irodalomjegyzék

- [1] “Intelligent Visual Inspection of Bottling Production Line through Neural Network” Riza Sulaiman and Anton S. Prabuwno Department of Industrial Computing Faculty of Information Science and Technology. [Online] Elérhető: <https://pdfs.semanticscholar.org/d710/2e0ce56139acb229c74cfa6401cf5adc2530.pdf> [Megtekintés: 25-Oct-2018].
- [2] “Selecting the Most Favourable Edge Detection Technique for Liquid Level Inspection in Bottles” Chintan Modi et al. Indian Institute of Technology Bombay. [Online] Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/229016146_Selecting_the_Most_Favourable_Edge_Detection_Technique_for_Liquid_Level_Inspection_in_Bottles [Megtekintés: 25-Oct-2018].
- [3] “Development of Intelligent Visual Inspection System (IVIS) for Bottling Machine” Anton Satria Prabuwno, Riza Sulaiman, Abdul Razak Hamdan, A. Hasniaty Faculty of Information Science & Technology, National University of Malaysia [Online] Elérhető: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4142152> [Megtekintés: 25-10-2018].
- [4] “Feature extraction algorithm for fill level and cap inspection in bottling machine” Leila Yazdi, Anton Satria Prabuwno, Ehsan Golkar, Center for Artificial Intelligence Technology (CAIT), Faculty of Information Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia [Online] Elérhető: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5976910> [Megtekintés: 25-10-2018].
- [5] “Fault detection and localization in empty water bottles through machine vision” F. Shafait, S.M. Imran, S. Klette-Matzat Hamburg Univ. of Technol., Germany [Online] Elérhető: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1353840> [Megtekintés: 25-10-2018].