

Automatikus azonosítás és hitelesítés vizuális kódokkal

KATONA MELINDA, NYÚL LÁSZLÓ

Szegedi Tudományegyetem, Képfeldolgozás és Számítógépes Grafika Tanszék
{mkatona, nyul}@inf.u-szeged.hu

Kulcsszavak: természetes azonosító, QR kód, minta felismerés, képfeldolgozás, matematikai morfológia, mobil alkalmazás

Az automatikus azonosítás egyik legfontosabb és széles körben alkalmazott eleme a vizuális kódokkal történő azonosítás. A különböző szimbólumokkal és mintákkal megjelenített azonosítók teszik lehetővé a gépek számára az elektronikus leolvasást, ami nagyban segíti és gyorsítja a feldolgozást pl. a bolti pénztáraknál, raktári átvételnél, nagy sebességű feldolgozási helyeken, gyártósorokon. A szokásosan használt, geometriai minták szerint tervezett kódok általában típusokat vagy egyedeket azonosítanak. Előállíthatók azonban olyan mintázatok, melyek természetüknél fogva egyediek és így eredetiség vagy hitelesség ellenőrzésére is alkalmazhatók. Jelen írásunkban bemutatunk egy módszert QR kódok gyors és pontos detektálására mobil készülékkel készített fényképeken, valamint egy természetes mintázat felismerésére kidolgozott eljárásunkat. Alkalmazási területként bemutatunk egy olyan lehetséges hibrid vizuális kód konstrukciót, melyben mesterséges és természetes mintázatok együttes alkalmazásával elérhető az azonosítás és a hitelesítés is.

1. Bevezetés

Az automatikus azonosítás a mindennapjaink elválaszthatatlan része. Ennek egyik legfontosabb és széles körben alkalmazott eleme a vizuális kódokkal történő azonosítás. A különböző szimbólumokkal megjelenített azonosítók teszik lehetővé a gépek számára az elektronikus leolvasást, ami nagyban segíti és gyorsítja a feldolgozást pl. a bolti pénztáraknál, raktári átvételnél, nagy sebességű feldolgozási helyeken, gyártósorokon.

A szokásosan használt, geometriai minták szerint tervezett kódok általában típusokat vagy egyedeket azonosítanak, viszont könnyen reprodukálhatók, sokszorosíthatók. Bizonyos természetes úton előállított mintázatok azonban természetüknél fogva egyediek, gyakorlatilag nem reprodukálhatók, és így az azonosítás mellett eredetiség vagy hitelesség ellenőrzésére is alkalmazhatók.

A különféle mesterséges és természetes vizuális kódok automatikus detektálása és felismerése aktuális probléma. Míg például egy hétköznapi plakáton elhelyezett QR kód sikertelen leolvasása könnyen korrigálható egy megismételt felvétel készítésével, bizonyos alkalmazásokban egy-egy hibás detektálásnak komoly költségvonzatai is lehetnek.

A továbbiakban röviden vázoljuk egy olyan képfeldolgozó eljárás működését, amely nagy hatékonysággal és pontossággal végzi hagyományos fényképeken QR kódok automatikus lokalizálását, valamint speciális eljárással előállított természetes mintázatok jellemzőinek kinyerését. A módszer alkalmazási területként bemutatunk egy olyan lehetséges hibrid vizuális kód konstrukciót, melyben mesterséges és természetes mintázatok együttes alkalmazásával elérhető az azonosítás (a mesterséges kód révén) és a hitelesítés is (a ter-

mészetes mintázat révén). Megmutatjuk továbbá, hogy mindez egy egyszerű mobil készülékbe (okostelefonba) integrálva működtethető.

2. Vizuális kódok

Kódolás alatt általában információnak egy más formában történő megjelenítését értjük, a kód pedig az adott információt hordozó konkrét forma. A vizuális kódok képi megjelenésükben hordozzák az információt. Ez az információ többnyire valamilyen azonosító, de akár összetett tartalom is lehet. Kép alapján történő azonosítás történhet mesterséges vagy természetes úton előálló képi tartalmak alapján is.

2.1. Mesterséges azonosítók

A vizuális kódok használata napjainkban már szinte nélkülözhetetlen a kereskedelmi folyamatokban (pl. UPC és EAN vonalkódok), használatos kis- és nagyméretű tárgyak, alkatrészek azonosítására (pl. nyomtatott vagy gravírozott Data Matrix kódok), dokumentumkezelés során (pl. különféle 1D vonalkódok vagy a PDF417 kód), de a mobil kommunikációnak köszönhetően a hétköznapi életben is egyre elterjedtebb (pl. QR kódokba ágyazott webcímek, szövegek). A közismert vonalkódok és mátrix kódok mesterséges azonosítók, megjelenésüket előre lefektetett szabályok szerint generált mintázatok jellemzik és valamilyen egyértelmű adatsort (pl. sorozatszám, URL) kódolnak (1. ábra). Az ilyen kódok felismerésére számos konkrét alkalmazási területre elérhető kész „gyári” alkalmazások, azonban a kódok különbözősége és az alkalmazási területek sokfélesége speciális problémákat vethetnek fel, így folyamatosan szükség van új eljárások kidolgozására [1–7].



1. ábra Főbb vonalkód típusok

Felső sor (1D kódok): Code39, Codabar, Code128, UPC-A; Középső sor (1D kódok): UPC-E, EAN-13, EAN-8, I2of5;
 Alsó sor (2D kódok): Codablock, PDF417, Data Matrix, QR

2.2. Természetes azonosítók

A vizuális kódok egy másik csoportjának tekinthetjük az olyan természetes mintázatokat, melyek szintén alkalmasak azonosításra. Közismertek az alapvető biometriai azonosítók, mint pl. az ujjlenyomat, az írisz, és a szemfenék (retina) érhálózatának mintázata, vagy akár az arckép, de azonosításra alkalmas vizuálisan megfigyelhető jellemző például a fül formája, vagy akár a testmozgás, járás mintázata is (ez utóbbiaknál képsorozat elemzése szükséges). A biometriai azonosításnak, köztük a kép-alapú módszereknek is kiterjedt a szakirodalma. Jelen írásunkban csak a mesterségesen előállított azonosítókra koncentrálnunk.

2.3. Mesterségesen előállított természetes azonosítók

Létrehozhatók olyan mesterséges úton (pl. apró részecskék szórásával vagy festék spricceléssel) előállított mintázatok, melyek az alkalmazott természetes vagy véletlenszerű folyamatok eredményeként gyakorlatilag egyediek, így azonosításra is alkalmasak. Eltérően a klasszikus mesterséges azonosítókkal, ahol a kód megjelenését szabványok specifikálják, az ilyen természetes folyamattal előállított mintázatok felismerése sokkal nehezebb feladat. Az előállítási folyamatokat általában legfeljebb csak statisztikai jellemzőkkel lehet leírni, nincsenek precíz geometriai paraméterek.

2.4. Hibrid jellegű vizuális kódok

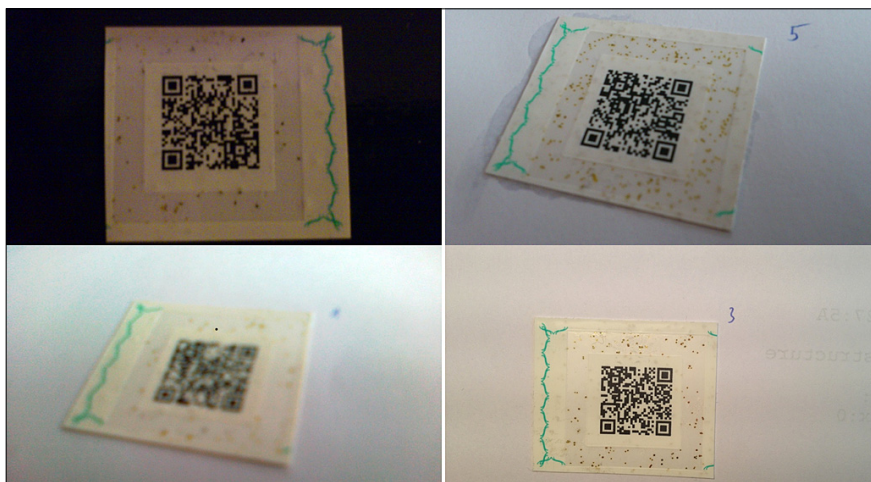
Mesterséges és természetes azonosítók kombinációjával új mintákat definiálhatunk, amit tekinthetünk egyfajta „hibrid” vizuális kódnak, ami önmagában hordozza a mesterséges azonosítók jól definiált szerkezetét,

valamint a természetes azonosítók egyediségét. Bár ennek komponensei önmagukban is tekinthetők, gyakorlati szempontból a komponensek között szoros geometria kapcsolat van és így a felismerésüket is célszerű egyetlen összetett feladatként kezelni, és a kapcsolatokat kihasználó speciális detektáló/felismerő algoritmusokat tervezni. Jelen cikkünkben egy ilyen lehetséges hibrid kód felismerésére mutatjuk be módszerünket.

3. Képfeldolgozó eljárás egy hibrid vizuális kód felismerésére

Egy olyan lehetséges hibrid vizuális kódot mutatunk be, melyben egy jól definiált mesterséges azonosító (egy QR kód) és egy mesterséges úton előállított (szórt részecskék alkotta) természetes mintázat jelenik meg egy közös képtérben (2. ábra). Ez utóbbira a továbbiakban az NFI (natural feature identifier) betűszóval hivatkozunk.

2. ábra
 Prototípus hibrid kód címkékről készített mintaképek



3.1. Az NFI címke

Az azonosítani kívánt címke mesterséges és természetes azonosító kombinációjával adott. A címke közepén egy megadott méretű standard QR kód helyezkedik el, mely releváns adatot kódol, például szériaszámot, URL-t, vagy egy adatbáziskulcsot. A QR kód környezetében, egy meghatározott méretű és színű keretben véletlenszerűen szétszórott részecskék (ún. glitterek) helyezkednek el. A glitterek elhelyezkedése, száma, színe, mérete, alakja, pozíciója nem kötött, de statisztikai úton jellemezhető és a címke gyártása során valamilyenre szabályozható.

A címkék nyomdai úton készülnek és különlegességük, hogy felhelyezés után roncsolódás nélkül nem távolíthatók el, ezáltal az egyedi mintázatot hordozó címke felhelyezésével az objektum példányt permanensen összekapcsoljuk az egyedi azonosítóval. A gyártás nyomdai műveletsorának egy lépésében a (még fel nem helyezett) címkékről referenciakép készül ideális fényviszonyok és kamerapozíció alkalmazásával.

3.2. Az NFI felismerési feladat

A feladat mobil eszközzel fényképezett biztonsági címkék meghatározott részén véletlenszerűen elhelyezkedő részecskék helyének meghatározása alapján a címkével megjelölt objektumok azonosításának támogatása. Az algoritmusnak átlagos mobilkészülékkel készült, különféle torzításokkal terhelt képeken kell dolgoznia. Elvárás továbbá, hogy egy kép feldolgozása valamint a kód ellenőrzése mobil eszközön is rövid idő alatt (<1.5 s) elvégezhető legyen.

A feladat három fő lépésre bontható: képalkotás, képfeldolgozás, azonosítás. A képalkotás, vagyis az NFI címkéről történő fénykép készítése a mobil eszköz standard beépített funkcióival elvégezhető. Minimális képelemzési technikával esetleg adható egy kis támogatás a felhasználónak a megfelelő pozicionálás és fókuszálás érdekében. A képfeldolgozás rész végzi a nyers fényképeken a címke területének megtalálását, a címke részét képező QR kód detektálását, az NFI régió be-

határolását, a glitterek detektálását, továbbá a glitterekhez a képből kinyerhető leírók meghatározását. Az azonosítás, hitelesítés a képfeldolgozó fázisból kapott leíró adatsorok alapján végzi el az aktuális képen látható címke összevetését a címkéhez tartozó referencia képpel, helyesebben a referenciakép alapján meghatározott leíró adatokkal. E lépés végén kaphatunk egy egyszerű igen/nem döntést, vagy valami megbízhatósági értéket arra vonatkozóan, hogy az adott címke eredeti (hiteles) vagy sem.

A képalkotási szakasszal ebben a cikkben egyáltalán nem foglalkozunk, a képfeldolgozási feladatra részletesen bemutatunk egy algoritmust, az azonosítási lépéshez pedig csak felvázolunk alapötleteket.

3.3. A felismerés képfeldolgozási szakasza

A címke specifikációjától függően különböző képfeldolgozási megközelítések képzelhetők el. A mi megközelítésünk fontosabb lépései a következők:

1. a QR kód helyzetének és orientációjának meghatározása,
2. a glittereket tartalmazó zóna behatárolása és a glitterek detektálása,
3. jellemzők kinyerése.

3.3.1. A QR kód detektálása

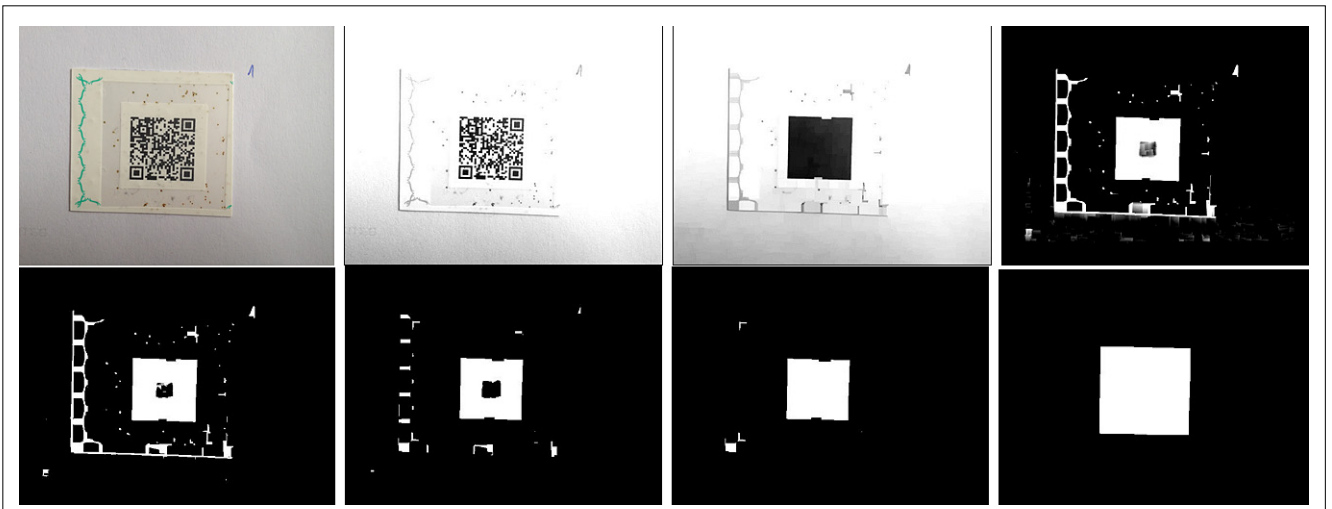
A QR kód elég jellegzetes mintázat (a kódolt tartalomtól függetlenül), ezért ennek detektálása közvetlenül is történhet a teljes képen.

Mivel szükségtelennek bizonyult az eredeti (viszonylag nagy felbontású) képméret használata, ezért először újra mintavételezzük a képet, így lényegesen redukálva a feldolgozandó képpontok számát és ezzel a feldolgozási időt. Egy alkalmas méretnek a 450 pixel széles felbontást választottuk (a kép magassága pedig az aktuális képaránynak megfelelően alakul, hiszen a kamerák eltérő arányokkal dolgozhatnak).

A kapott RGB képet $L^*a^*b^*$ színtérbe konvertáljuk és a későbbi feldolgozásban már csak az L^* (fényesség) csatornát használjuk. A tapasztalatok azt mutatták, hogy

3. ábra A QR kód lokalizáció köztes eredményképei (sorfolytonosan):

input kép, kontrasztszéthúzást követően, morfológiai nyitás eredménye, LoG szűrés, küszöbölt LoG szűrt kép, nem összefüggő területek szétválasztása erózióval, köralakúság szerinti szűrés, főátló mérete szerinti szűrés eredménye



az RGB kép csatornáinak súlyozott összegével kapott szürkeárnyalatos képnél, illetve a HSV színtérkonverziónál hatékonyabbnak bizonyult a L^* csatorna használata. Az input képek nem ideálisak, viszont a QR kód mintázata alapvetően magas kontrasztú, ezért kontraszt széthúzással javítjuk a képet.

Többszintű morfológiai nyitás következik négyzet alakú szerkesztőelemmel, mivel ismeretes, hogy a QR kód négyzet alakú, így a lehetséges QR kód terület detektálása könnyebb. Ezt követi egy LoG (Laplacian of Gaussian) szűrés, majd az eredményt küszöböljük és további lépésekben már bináris képpel dolgozunk.

Az eddig kialakult bináris képen még többnyire található téves régiók. Lehetséges, hogy a képen olyan objektumok is egy régiót alkotnak, melyek nem szorosan összetartozóak, ezért egy kisebb szerkesztőelemmel morfológiai eróziót hajtunk végre. Ezután következik az objektumok köralakúságának és főátlója hosszának (egyfajta kiterjedés) vizsgálata, melyek alapján további, vélhetően nem QR kódhoz tartozó területeket hagyhatunk el. A QR kód körül a szabvány szerint elhelyezkedik egy úgynevezett csendes zóna. Mivel azonban a detektált régió azt nem tartalmazza, morfológiai dilataciót alkalmazva felhizlaljuk az objektumot a csendes zónával kibővített méretre. Kívánatos „mellékhatásként” ezzel a lépéssel a szegmentált objektum kontúrvonala is egyenletesebbé válik. A fent vázolt lépéseket a 3. ábra illusztrálja.

A QR kód helyzetének ismeretében meghatározható annak orientációja is. A kapott képen meghatároztuk az objektum sarokpontjait, majd a kapott koordinátpontokat felhasználhatjuk a rektifikált kép előállításához. Erre amiatt van szükség, hogy a későbbiekben összehasonlíthatóvá váljanak a detektált glitterek jellemzői a referencia adatbázisbeliekkel. A rektifikálás során a képet úgy transzformáljuk, hogy a QR kód valóban négyzet alakú területként jelentkezzen, mintha a kamera pontosan a címke síkjára merőleges irányból készítette volna a felvételt, ráadásul úgy, hogy a kép sorai és oszlopai párhuzamosak a QR kód fő irányával. Egy

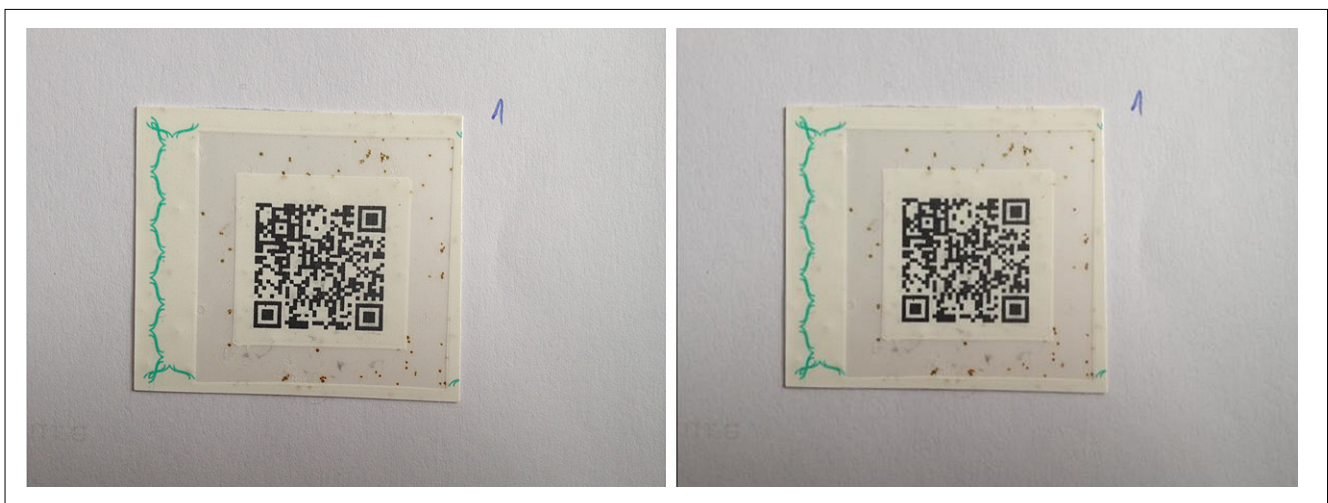
eredeti képet és annak rektifikált transzformáltját mutatja a 4. ábra.

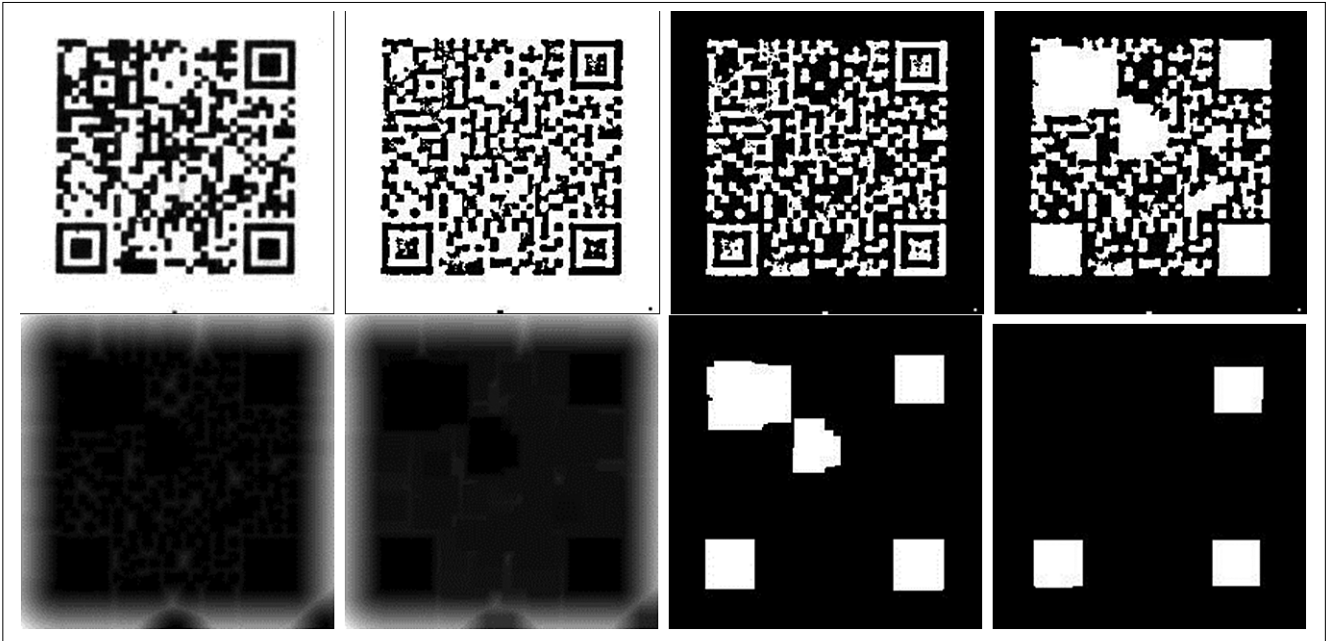
Ahhoz, hogy a vizsgált kép ténylegesen összemérhető legyen a referenciával, meg kell határozni a QR kód orientációját is, vagyis, hogy a képen található QR kód hogyan helyezkedik el a tárolt pozícióhoz képest, hiszen önmagában a négyzet alakú terület „kiegyenesítése” még 4 különböző orientációt tesz lehetővé. Feltételezzük, hogy a referencia adatbázisbeli QR kód a szokásos irányultsággal rendelkezik (a 3 fő lokátor minta a felső és baloldali sarkokban van). Az elforgatási szög megállapítása is több lépésben történik. Itt már csak a szegmentált QR kód régiót tekintjük, és ezen végzünk el további képfeldolgozó műveleteket. Az objektum irányultságát jól meghatározzák a kód sarkaiban található lokátor négyzetek, tehát a feladat ezek megtalálása. Feltételezzük, hogy az input kép nem torzult olyan mértékben, ami akadályozná a kódot alkotó négyzetek pozíciójának meghatározását.

A szürkeárnyalatos képet adaptív küszöböléssel binarizáljuk, majd az így kapott eredménykép komplementerén lévő lyukas objektumokat feltöltjük. Ezt követően távolságtérképet számítunk, melyen morfológiai zárást követően az eredményt küszöbölve megkapjuk a QR kód sarkaiban levő négyzeteket. A kapott eredmény tartalmazhat nem valós objektumokat is, ezek kiszűrésére megalkottunk egy feltételrendszert. Mivel csak a kód területét vizsgáljuk, így több a priori információ is adott. A kritériumok megadásánál az egyes szegmensek középpontjait tekintettük. Elegendő azon területeket megtartani, melyek x , y koordinátái maximális vagy minimális értékeket vesznek fel a többi centroid viszonylatában, illetve ahol, ha az x , y párok közül az egyik minimális, akkor a másik maximális. Mindezek után már csak a fennmaradó objektumok középpontjait tekintjük és ezek egymáshoz viszonyított helyzetének vizsgálata megmutatja, hogy mely sarkokban található négyzet, amiből megkapható a QR kód orientációja. A folyamat lépéseit az 5. ábra szemlélteti.

3.3.2. Az NFI kód detektálása

4. ábra Egy eredeti kép és annak rektifikált változata





5. ábra A QR kód elhelyezkedését meghatározó lépések

A QR kód helyzetének meghatározását követően az NFI zóna megtalálása a feladat. A specifikáció alapján adottak a QR kódot tartalmazó négyzet és a külső négyzet oldalainak valós méretei (milliméterben). Ebből a képen detektált QR régió méretének ismeretében egyszerű számítással meghatározható az NFI zóna területe a képen. A későbbi azonosításhoz szükséges még az NFI zóna középpontjának meghatározása a referencia koordináta rendszer megadásához.

A képfeldolgozást igénylő feladatok utolsó lépése a behatárolt NFI zóna területén elhelyezkedő glitterek detektálása. Ehhez a képen adaptív küszöbölést végzünk, majd a tévesen detektált objektumokat különféle alaki jellemzők alapján szűrjük ki. A bemutatott algoritmus terület és köralakúság alapján szűkítette a lehetséges valós glitterek számát. A folyamatot a 6. ábra szemlélteti.

3.4. Azonosítás, hitelesítés

Ebben a szakaszban áttekintjük a címkeazonosítás folyamatát, illetve felvázolunk néhány a hitelesítéshez használható jellemzőt, módszert. Az adott címkeképnek

a referenciaadatokkal való összehasonlításához az alábbiakra van szükség:

1. a detektált glitter pontok párosítása, megfeleltetése
2. a glitter halmazok között hasonlósági mérték kiszámítása,
3. döntés az elfogadásról vagy az elutasításról, illetve megbízhatósági érték kiszámítása.

A képekből kinyerhető információ lehetővé teszi, hogy a pontok párosításához jellemzők széles palettája álljon a rendelkezésre. Figyelembe vehetők az illeszkedés mérésére például az alábbi paraméterek:

- detektált glitterek darabszáma,
- illeszkedő (párosítható) glitterek száma,
- outlier-ek (nem párosítható glitterek) száma,
- glitterek (mint ponthalmaz/régió) és/vagy közép-pontjaik közötti távolság,
- glitterek alaki jellemzői (terület, köralakúság, leghosszabb átló, legrövidebb átló, orientáció stb.),
- glitterek megjelenési jellemzői (árnyalat-eloszlás, hisztogram, korreláció stb.).

6. ábra A glitterek meghatározásának lépései: glitter zóna kivágása, detektált objektumok, alaki jellemzők alapján szűrt glitterek



A bemutatott prototípusban az azonosítás egy egyszerű jellemző alkalmazásával történik. A bemeneti képek különböző felbontásúak lehetnek, a címkék a képező különböző részét tölthetik ki és a képeken eltérő méretben, eltérő pixelszámú területen jelenhetnek meg. Ezért feltétlenül szükséges a képek méretének egyfajta egységesítése (normalizálása), hogy a glitterpozíciókat egy közös referenciához viszonyítva tudjuk összehasonlítani, mivel az eredeti pixelkoordináták önmagukban nem alkalmasak erre. A glittereket tartalmazó zóna koordinátázását mindkét irányban a [-1.0, 1.0] intervallumban határoztuk meg, a koordináta-rendszer origója pedig a QR kódmező (és egyben az NFI zóna) középpontja.

Ebben a koordináta-rendszerben keressük a vizsgált címkén detektált glitterekhez párokat a referencia képen talált glitterek között. Párnak tekintjük a mintában legközelebbi glittert, ha a távolsága egy megadott küszöbértéknél kisebb. Az illeszkedés alapjául a párosított glittereknek a párujuktól vett átlagos távolsága szolgál. Illeszkedő NFI-nek tekintjük azt, ha az átlagos páronkénti távolság egy megadott küszöbérték alá esik. Tapasztalatunk szerint meghatározható olyan küszöbszám, melyet alkalmazva az algoritmus képes megtalálni a vizsgált címke kép referencia adatbázisbeli párját. Bár előfordulhat téves párosítás, ez nem számottevő az egy címkére kerülő glitterek mennyiségéhez viszonyítva. Az algoritmus kiértékelése során a bemeneti képet minden referencia adatbázisban lévőhöz megfeleltettük és az elért eredményeket megvizsgálva határoztunk meg azt a küszöbértékeket, mely alapján az algoritmus dönt az NFI címke elfogadásáról vagy az elutasításáról.

4. Elért eredmények

4.1. Tesztkörnyezet

A vizsgálathoz használt prototípus NFI címke specifikációjának legfontosabb adatai a következők. A képterületen adott valahol egy négyzet alakú terület, köze-

pén egy négyzet alakú kivágással (ablak). A kódterület oldalhossza 18 mm, az ablaké pedig 12 mm. Az ablakban egy QR kód található a keretben pedig az NFI glitterek. (A QR kódban elhelyezett azonosító segít az adott címkéhez tartozó referencia adatok kikeresésében az összehasonlításhoz.)

A valóságban az ablak felülete egyszínű, határozott körvonalú, de a képen a mobil felvételt esetlegesen zavaró fényhatások miatt foltokban színeltérések lehetnek. A felvétel során a kamera felvételi iránya nem feltétlenül merőleges a felületre. Az ablak területén esetünkben 30-60, a fényt visszaverő anyagból készült részecske (glitter) látható. A részecskék legnagyobb mérete 400 mikron. A részecskék elhelyezkedése véletlenszerű.

Az azonosításhoz a minta képek alapján tapasztalati úton meghatározott küszöbértékek a pontok párosításánál 0,025, az átlagos távolságra vonatkozóan pedig 0,0065.

Az algoritmus kiértékelését egy Intel(r) Core(tm) i7-4700MQ 2.40GHz CPU-val rendelkező számítógépen végeztük MATLAB(r) környezetben, az Image Processing Toolbox felhasználásával készült implementációval.

A teszteléshez összesen 80 darab, 6 különböző készüléssel készített kép állt a rendelkezésünkre. Ezek minőségben is lényegesen eltérőek voltak.

A kiértékelés során az input képet minden referencia adatbázisban lévővel összevetettük és az elért eredményeket megvizsgálva meghatároztunk két küszöbértéket, mely alapján az algoritmus dönt az elfogadásról vagy az elutasításról.

4.2. Eredmények

Az 1. és a 2. táblázat egy Apple iPhone-nal, illetve egy Sony Xperia-val készült képek azonosításának eredményeit mutatják. A referenciaképeket egy Canon DSLR kamerával készítették. A táblázat sor- és oszlopcímkéiben található sorszámok (1-5) a különböző NFI címkéket jelölik, az oszlopokat a mobil kamera a sorokat a DSLR kamera által készített felvételek alkotják. A táblá-

	iPhone_1	iPhone_2	iPhone_3	iPhone_4	iPhone_5
Canon_1	0.0065	0.0073	0.0075	0.0099	0.0066
Canon_2	0.0099	0.0017	0.0066	0.0080	0.0067
Canon_3	0.0093	0.0078	0.0042	0.0077	0.0066
Canon_4	0.0086	0.0057	0.0073	0.0034	0.0067
Canon_5	0.0093	0.0079	0.0072	0.0093	0.0054

1. táblázat
Az Apple iPhone és a Canon kamerával készített képek közötti azonosítás eredményei

	Xperia_1	Xperia_2	Xperia_3	Xperia_4	Xperia_5
Canon_1	0.0062	0.0076	0.0069	0.0083	0.0096
Canon_2	0.0112	0.0027	0.0086	0.0096	0.0051
Canon_3	0.0097	0.0069	0.0045	0.0105	0.0072
Canon_4	0.0094	0.0062	0.0087	0.0058	0.0065
Canon_5	0.0100	0.0083	0.0072	0.0097	0.0043

2. táblázat
A Sony Xperia és a Canon kamerával készített képek közötti azonosítás eredményei

Művelet	Futási idő (s/kép)	
	Átlag	95% CI
Képfeldolgozás	1.1129	[1.0915, 1.1343]
Azonosítás	3.0×10^{-4}	$[2.24, 3.76] \times 10^{-4}$
Képfeldolgozás + azonosítás	1.1133	[1.0918, 1.1347]

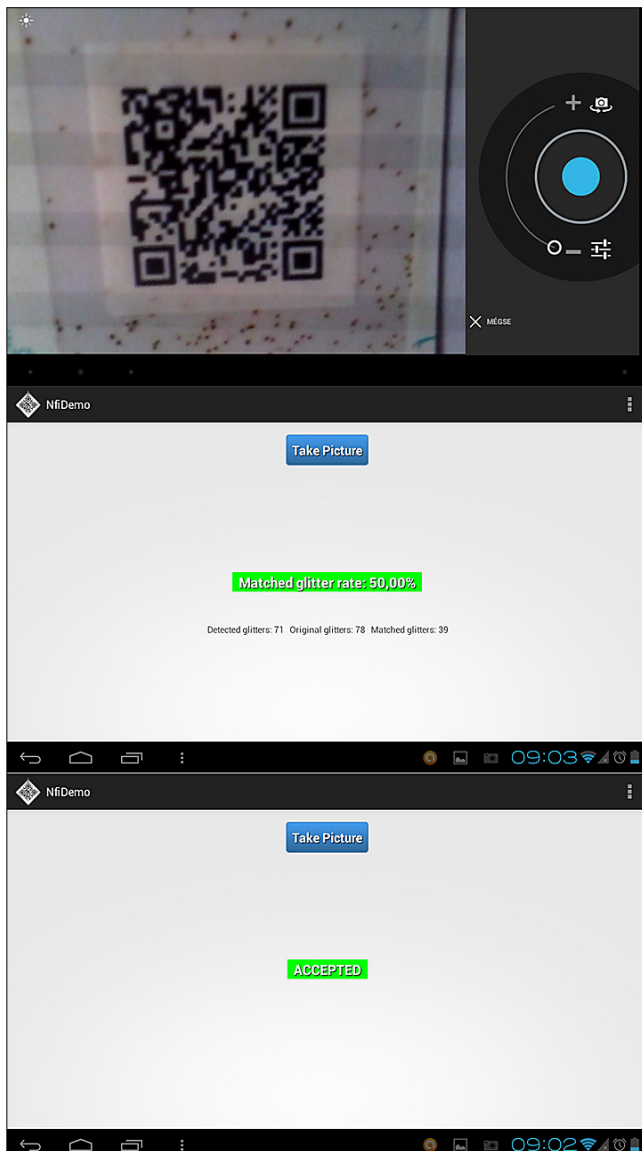
3. táblázat
Futási idő statisztikák
(átlag, 95%-os konfidencia intervallum)

zat főátlójában található az azonos címkéről két különböző kamerával készített felvételek illeszkedéséről a mérőszámok. A félkövérén szedett mezőkhöz tartozó párosításokat az algoritmus jelen beállításai mellett elfogadja, a normál szedésű értékekhez tartozó párokat elutasítja. A félkövr álló szedéssel jelölt értékek az algoritmus által elfogadott valódi párokhoz (true positive), míg a félkövr dőlt szedésűek az algoritmus által elfogadott, de valójában nem párokhoz (false positive) tartoznak. Ezen a kép halmazon jelen paraméter beállítások mellett nem fordult elő a másik típusú hiba, vagyis az algoritmus által elutasított valódi pár (false negative). Látható, hogy az egyébként igen kicsi minta esetén az algoritmus csak 1 illetve 2 téves azonosítást jelzett 5-5 valós illeszkedés mellett.

A futási időket a 3. táblázat mutatja. Jól látható, hogy dominál a képfeldolgozó művelet sor és az azonosítás (egy mintának egy referenciamintával való összevetése) ehhez képest elhanyagolható ideig tart.

4.3. Mobil demo alkalmazás

A bemutatott algoritmust beépítettük egy mobil eszközön futtatható egyszerű demo NFI olvasó Android alkalmazásba. A képfeldolgozó műveletek implementációjához az openCV4Android SDK-t használtuk. Az alkalmazás a beépített kamerát használja a képalkotáshoz. A demonstráláshoz lehetőség van képek feltöltésére is. A QR kód lokalizálását és dekódolását követően detektáljuk az NFI glittereket, majd a képből kinyert jellemzők összehasonlításra kerülnek a referencia adatbázisbeli mintákkal. A mobil alkalmazás kb. 1 másodperc alatt kiszámítja a hasonlóság mértékét. A címke elfogadásra kerül, ha a hasonlóság meghalad egy megadott küszöbértéket, ellenkező esetben a rendszer jelzést ad, miszerint a címke vélhetően hamisítvány. A demo alkalmazás néhány állapota látható a 7. ábrán.



5. Összefoglalás

Bemutattunk egy képfeldolgozó algoritmust, mely alkalmas bizonyos mesterséges és természetes azonosítók felismerésére. Az eljárás robusztus különböző képi felbontás, képminőség, megvilágítás és pozicionálás mellett. A módszer automatikusan lokalizálja a QR kódot, meghatározza a transzformációt a QR-NFI zóna normalizálására, valamint detektálja az NFI zónában található glittereket. Ismertettünk egy egyszerű párosítási stratégiát is az NFI minta azonosításra. A képelemzés mobileszközökön is gyors, 1 másodperc körüli felvételeként.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az InterSoft Hungary Kft.-nek a bemutatott kutatás támogatásáért, valamint a vizsgálathoz használt hibrid kódokról készült fényképek rendelkezésre bocsátásáért. A demo alkalmazás Android implementációját Csák Péter készítette.

7. ábra
A demo alkalmazás néhány állapota
(képfelvétel, eredmény kijelző teszt üzemmódban, normál elfogadás)

Irodalom

- [1] Parikh, D. and Jancke, G., „Localization and segmentation of a 2D high capacity color barcode,” *Applications of Computer Vision, WACV 2008. IEEE Workshop on*, pp.1–6, 2008.
- [2] Chu, C.-H., Yang, D.-N., Pan, Y.-L., and Chen, M.-S., „Stabilization and extraction of 2D barcodes for camera phones,” *Multimedia Systems*, vol. 17, no. 2, pp.113–133, 2011.
- [3] Belussi, L. and Hirata, N. S. T., „Fast QR code detection in arbitrarily acquired images,” *Graphics, Patterns and Images, 24th SIBGRAPI Conference on*, pp.281–288, 2011.
- [4] Sörös, G. and Flörkemeier, C., „Blur-resistant joint 1D and 2D barcode localization for smartphones,” *MUM'13 Proceedings of the 12th International Conf. on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, Article No.11, pp.1–8, 2013.
- [5] Szentandrás, I., Heout, A., and Dubská, M., „Fast detection and recognition of QR codes in high-resolution images,” *SCCG'12 Proceedings of the 28th Spring Conference on Computer Graphics*, pp.129–136, 2013.
- [6] Grósz, T., Bodnár, P., Tóth, L., Nyúl, L. G., „QR code localization using deep neural networks,” *International Workshop on Machine Learning for Signal Processing. Proceedings of MLSP2014*, PaperID 43, 6 p., 2014.
- [7] Bodnár, P., Grósz, T., Tóth, L., Nyúl, L. G., „Localization of visual codes in the DCT domain using deep rectifier neural networks,” *International Workshop on Artificial Neural Networks and Intelligent Information Processing: Proceedings of ANNIIP 2014*, pp.37–44, 2014.

A szerzőkről



KATONA MELINDA a Szegedi Tudományegyetemen szerzett Gazdaságinformatikus BSc (2012) és Programtervező informatikus MSc (2014) diplomát. Jelenleg a Szegedi Tudományegyetem Informatika Doktori Iskolájában I. éves PhD ösztöndíjas hallgató. Eredményes tudományos diákköri tevékenységét két helyi TDK I. helyezés, valamint eddig egy OTDK II. helyezés fémjelzi. Több céges és állami tanulmányi ösztöndíjat nyert, köztük az NKP Eötvös Loránd Hallgatói Ösztöndíjat is. Kétszer vett részt az ACM programozói verseny helyi és nemzetközi fordulójában is (2011, 2012). Több kutatás-fejlesztési projektben dolgozott képfeldolgozás és mesterséges intelligencia témakörökben és eddig öt nemzetközi és hazai konferencián tartott előadást.



NYÚL LÁSZLÓ a József Attila Tudományegyetemen szerzett programozó matematikus, majd programtervező matematikus oklevelet 1992-ben és 1994-ben, 2003-ban szerezte meg PhD fokozatát, majd 2011-ben habilitált a Szegedi Tudományegyetemen. Jelenleg az SZTE Természettudományi és Informatikai Kar Képfeldolgozás és Számítógépes Grafika Tanszékének tanszékvezető egyetemi docense. 2011 és 2014 között az SZTE TTIK Informatikai Tanszékcsoport vezető-helyettese volt. Kutatási területe a digitális képfeldolgozás, érdeklődése pedig főként az orvosi képfeldolgozás problémáira irányul. A vizuális kódok hatékony felismerését célzó képelemzési módszerekkel 2011 óta foglalkozik. Összesen több, mint négy évet dolgozott rangos nemzetközi kutatóintézetekben (University College London, University of Pennsylvania, Universität Erlangen-Nürnberg, Medical University Graz, Uppsala University). Szakmai fórumokon számos előadása és posztere kapott elismeréseket. Tudományos munkásságát 3 nemzetközi szabadalom és mintegy 110 tudományos közlemény jelzi, melyekre eddig több, mint 600 független hivatkozást kapott.