GKNB_INTM038 Gépi Látás beadandó feladat

Dokumentáció

Máthé Dávid György R4PBVN

Bevezetés

A beadandó feladat célja egy olyan szoftver létrehozása, mely képes felismerni egy képről közlekedési táblákat. A program eldönti az adott képről, hogy tartalmaz-e közlekedési táblát, és ha igen, akkor melyiket. A program 6 különböző közlekedési táblát képes felismerni, ezek: állj! elsőbbségadás kötelező, behajtani tilos, elsőbbségadás kötelező, autópálya, parkoló és főútvonal táblák. Cél továbbá az, hogy a szoftver képes legyen több képet is feldolgozni. A programot tesztelni kell legalább 100 képpel és az eredményt megvizsgálni. A programhoz össze kell állítani egy adatkészletet, mellyel a program képes a futásra. Jelen esetben ez 100 .png képet jelent, melyek legtöbbjén közlekedési táblák találhatóak (nem mindegyiken, hiszen az is cél, hogy a program csak azokon a képeken ismerjen fel táblákat, melyen ténylegesen vannak).

A megoldáshoz szükséges elméleti háttér

A szoftver több különböző megoldást és algoritmust alkalmaz a cél elérése érdekében. A tábla alakjától és színétől függően máshogy jár el minden táblát illetően. Egy behajtani tilos tábla kör alakú, így a kör alak megtalálása céljából a HoughCirlces() függvényt fogja meghívni a program, mely kör alakot detektál a Hough transzformációval [1], de egy négyszög alakú tábla detektálásához már az approxPolyDP() függvény szükséges az adott sokszög megtalálásához [2]. Az alakzatok megfelelő felismerése létfontosságú a táblák detektálása szempontjából. A program e két megoldást alkalmazza, nyilván más táblák esetén más paraméterezés mellett.

A HoughCircles() függvény a Hough transzformációt használja fel a kör alak detektálásához. A közlekedési táblák esetében a keresett kör alak mindig teljes lesz, sose lesz hiányos és mindig szabályos lesz (kivéve, ha valamilyen szögből lett az adott tábla lefényképezve). Éppen ezért szigorúan csak ilyen alakzatokat keresünk. Egy kört három paraméter ír le: a középpont x és y koordinátája illetve a kör sugara. A függvény meghívásakor a standard Hough transzformáció helyett a Hough Gradient eljárás kerül végrehajtásra, mely megkeresi a lehetséges középpontokat és az azokhoz tartozó legmegfelelőbb sugarat is. Erre azért van szükség, mert nem ismerjük a keresett kör alak méretét.

Az approxPolyDP() függvény egy vonal vagy görbe által körbezárt alakzat (closed paraméter = true) széleit határozza meg megadott pontossággal [2]. A szoftverben ezt úgy használhatjuk, hogy alakzatokat keresünk az algoritmussal, és ha a talált alakzatok között találunk például nyolcszöget (olyan alakzat, aminek nyolc oldalát találta meg a függvény), akkor lehetséges, hogy az az adott képen egy állj! elsőbbségadás kötelező tábla. Ez a függvény a Ramer-Douglas-Peucker algoritmust használja, ami egy görbét vagy vonalat egymást követő szakaszok sorozatára bont szét [4].

A színkeresésnél a kép inRange() művelettel történő kvantálása történik [5]. A képet HSV színtérbe konvertáljuk, majd minden képpontra egyenként (pont operáció) elvégezzük a kvantálást. Ha az adott képpont H, S és V értéke a függvény paraméterlistájában definiált alsó és felső határértékek közé esik, abban az esetben a képpont fehér lesz, ha nem, akkor fekete. Az ilyen módon előálló bináris képben a fent leírt két függvény jóval egyszerűbben találja meg az alakzatokat.

A szoftverben szükség van arra is, hogy az alakzatok megtalálása után felismerjük, hogy milyen minta van az alakzatban, melyből megtudhatjuk, hogy milyen közlekedési tábla van a képen. A matchShapes() függvény az adott kontúrt hasonlítja össze a mintával és a hasonlóság mértékét

adja vissza eredményül. A függvény kiszámolja az alakzatok Hu invariánsait [2][6] a HuMoments() függvénnyel. Az invariánsok értékei alapján történik a hasonlítás. Az alakzatok hasonlítása ily módon független az alakzatok méretétől, orientációjától, ferdeségétől és a tükrözött alakzatokat is képes hasonlítani. Minél kisebb a visszaadott érték, annál nagyobb a hasonlóság. Ha egy képen több alakzatot is vizsgálunk a függvénnyel, akkor a visszakapott értékek közül kiválasztjuk a legjobbat (legkisebbet).

A megvalósítás terve és kivitelezése

A forráskód 3 .cpp fájlból és 2 .h fájlból áll. Ezek: main, preprocess, smatch. A vizsgált adatkészlet 100 darab .png képből áll a /kepek mappában. A program futás során létrehoz egy eredmeny.txt fáljt, melybe az eredményeket írja bele.

preprocess.cpp

A preprocess.cpp fájlban 4 függvény van definiálva.

void trackbar(Mat input) {}

Ez a függvény egy trackbar ablakot hoz létre, ahol beállítható a képre alkalmazott inRange hue, saturation és value értékei. A képet először HSV színtérbe konvertálja és létrehozza a trackbar ablakot. egy while ciklusban a képre folyamatosan alkalmazza az inRange függvényt, melynek paramétereit így lehet állítani a trackbar ablakban. Beállítható, hogy a képre alkalmazott inRange milyen határértékek közötti képpontokat keressen, a hmin, smin, vmin az alsó határértékeket, míg a hmax, smax és vmax értkékek a felső határt határozzák meg. A függvény void visszatérésű és a szoftver futása közben nem kerül meghívásra, viszont a program írásakor szükség volt arra, hogy gyorsan és egyszerűen megtalálhatóak legyenek bizonyos H,S,V értékek a színre szűrő függvények megfelelő beállítása érdekében.

Mat red(Mat input) {}

Ez a függvény a kapott input képből egy bináris képet állít elő inRange függvénnyel. A képet HSV színtérbe konvertálja majd inRange függvénnyel előállít egy bináris képet ahol a megadott tartományon belüli képpontok fehér, az azon kívül esők fekete színűek lesznek. Jelen esetben ez egy élénk piros színtartomány. Ezután megfordítja a képpontokat oly módon, hogy a fekete képpontok lesznek fehérek, a fehérek pedig feketék. Az így kapott képet adja vissza a függvény.

Mat blue(Mat input) {}

Mat yellow (Mat input) {}

A red függvényhez hasonlóan működnek, de az inRange függvény más színtartományra szűr, az első függvényben kékre, a másodikban sárgára.

smatch.cpp

A smatch.cpp fájlban 7 függvény van definiálva.

bool compareContourAreas(vector<Point> contour1, vector<Point> contour2) {}

Ez a függvény két kontúr területét vizsgálja. Igazzal tér vissza, ha az első kontúr nagyobb mint a második és hamissal ha kisebb vagy méretük egyenlő. A méreteket a contourArea függvénnyel számolja ki. Erre a kódrészre azért van szükség, mert az smatch függvény végrehajtása során sorba kell rendezni a képen felismert kontúrokat azok területe alapján.

double smatch(Mat input, Mat inputtempl) {}

A program e függvénye végzi a hasonlítást. Az input kép a korábban színszelektált kép, az inputtempl pedig a minta, amihez hasonlítani fogjuk a képet. A minta képet szürkeárnyalatossá konvertálja majd megkeresi benne a kontúrokat melyeket eltárol a contours változóba. Egy kontúr egy pontokból álló vektor, és ezeket a kontúrokat egy vektorban tároljuk. Miután a findContours algoritmus megtalálta és eltárolta a kontúrokat, ezeket sort segítségével csökkenő sorrendbe rendezzük (itt kerül felhasználásra a compareContourAreas) és kiválasztjuk a legnagyobb kontúrt. A legtöbb mintakép esetében nem is talál egynél több kontúrt. Ezután lefuttatjuk a findContours algorimust a vizsgált képre is, a contours változóban pedig eltároljuk a megtalált körvonalakat. Ezután az összes eltárolt kontúrt összehasonlítjuk a mintában talált kontúrral és a bestmatch változóban eltároljuk a legjobb eredményt. Az eredmény minél kisebb, annál pontosabb az egyezés a két kontúr között. A matchShapes algoritmus a két körvonalat vagy alakzatot mérettől, orientációtól, forgatástól függetlenül képes hasonlítani egymáshoz (Hu moments). Végül visszatérésre kerül a bestmatch érték.

bool checkredtriangle(Mat redimg) {}

Ez a függvény piros háromszöget keres a képen, és ha talál, akkor igaz értékkel tér vissza. Bemenetként a piros színre szelektált képet kapja, így gyakorlatilag az algoritmus egy fehér hátterű fekete háromszöget keres. Csak azok a képpontok lehetnek feketék, melyek az eredeti képen pirosak voltak, így ha talál háromszöget akkor az biztosan piros. Első lépésként előállítja a kép éldetektált változatát Canny éldetektálással. Ezt követően az éldetektált képre végrehajt egy dilatációt. Az így kapott képből megkeresi és eltárolja a körvonalakat. Az összes kontúrra végrehajtja az approxPolyDP függvényt (Douglas-Peucker algoritmus), ami előállítja az alakzatok egyszerűsített körvonalát. Ha az így kapott körvonalnak három oldala van, akkor az eredeti képen van piros háromszög, így igazzal tér vissza a függvény. Az approxPolyDP algoritmust csak egy megadott méretűnél nagyobb területet körbezáró kontúrokra futtatja le, így elkerülhető, hogy apró, zajos elemeket is vizsgáljon a képen.

bool checkredcircle(Mat redimg) {}

Ez a függvény piros köröket keres a képen. Bemenetként a piros színre szelektált képet kapja, így gyakorlatilag az algoritmus egy fehér hátterű fekete kört keres. Az előző függvényhez hasonlóan Canny éldetektorral előállítja a kép éldetektált változatát és dilatációt hajt végre. HoughCircles függvény egy circles változóban eltárolja az összes megtalált körvonalat. Ha legalább egy kör eltárolásra kerül, akkor az azt jelenti, hogy van az eredeti képen piros kör, így a függvény igaz értékkel tér vissza.

bool checkredoctagon(Mat redimg) {}

Ugyanúgy működik, mint a checkredtriangle függvény, viszont akkor tér vissza igaz értékkel, ha az approxPolyDP által előállított alakzat körvonala 8 oldalú (if (approx.size() == 8)).

bool checkblue(Mat blueimg) {}

Ugyanúgy működik, mint a checkredtriangle függvény, viszont akkor tér vissza igaz értékkel, ha az approxPolyDP által előállított alakzat körvonala 4 oldalú (if (approx.size() == 4)). Az input kép a kék színre szelektált kép.

bool checkyellow(Mat yellowimg) {}

Ugyanúgy működik, mint a checkredtriangle függvény, viszont akkor tér vissza igaz értékkel, ha az approxPolyDP által előállított alakzat körvonala 4 oldalú (if (approx.size() == 4)). Az input kép a sárga színre szelektált kép.

main.cpp

A mainben történik a függvények megfelelő sorrendű meghívása.

struct matchresult {}

Ebben az adatstruktúrában tároljuk a smatch függvény által visszaadott értékeket. Attól függően, hogy a checkredtriangle, checkredcircle, checkredoctagon, checkblue, checkyellow függvények igaz vagy hamis értéket adnak-e vissza, nem biztos, hogy minden képnél minden hasonlítás minden mintával megtörténik.

string findbestmatch(matchresult m) {}

Megkeresi a legkisebb értéket a matchresult adatstruktúrában és a legkisebb érték alapján előállít egy sztringet, melyet visszaad. Később ezt a sztringet kiírjuk a fájlba (ha talált a képen táblát).

int main() {}

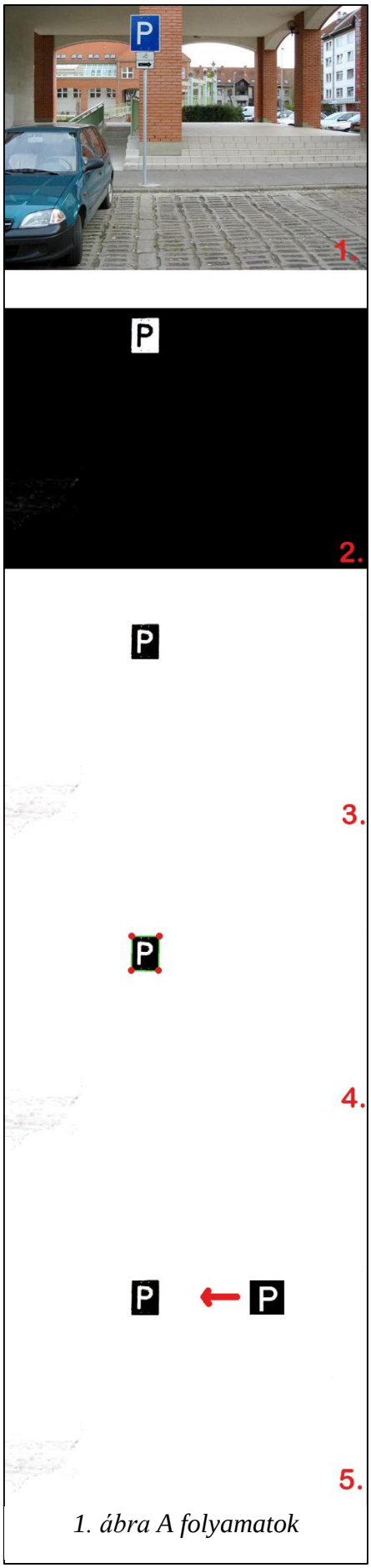
Első lépésként deklaráljuk a matchresult adatstruktúrát, az eredményfájlt, a képek helyét, majd beolvassuk a mintákat a kepek/template/ mappából. Deklarálásra kerül 4 Mat típusú mátrix is a kép illetve annak színre szelektált változatainak tárolására. Ezután for ciklus indul, mind a 100 vizsgált képet egyénileg beolvassuk és eltároljuk. Fontos, hogy a képek nevei számok legyenek 0-tól 99-ig, mert a program a képek nevét az i változóból állítja elő a beolvasáshoz. A képeket átméretezzük, ha túl kicsik lennének. Erre ezért van szükség, mert a checkredtriangle, checkredcircle, checkredoctagon, checkblue, checkyellow függvények csak olyan alakzatokat vizsgálnak, melyek területe meghalad egy alsó határt, így kicsi képek esetén lehetséges volna, hogy nem kerülnek vizsgálatra a táblák. A mátrix sorainak és oszlopainak a számát addig szorozzuk 1.5-el, míg mindkettő el nem éri legalább az 1000 képpontot. Ezután meghívjuk a képre a színszelektáló függvényeket (red, blue, yellow), és eltároljuk az így létrejött képeket. A továbbiakban a program ezekkel dolgozik. Meghívásra kerül a checkredtriangle, checkredcircle, checkredoctagon, checkblue, checkyellow függvény. Ha a program nem talál például piros háromszöget, abban az esetben nem fog lefutni a hasonlítás az elsőbbség adás kötelező tábla mintájával a képre. Ha semmilyen vizsgált alakzatot nem talál a program, azaz mindegyik függvény hamis értékkel tér vissza, akkor a program úgy ítéli meg, hogy nincsen vizsgált tábla a képen. Ha viszont az adott függvény igaz értékkel tér vissza, akkor megtörténik a hasonlítás az smatch algoritmussal. Az smatch algoritmus a kép táblához megfelelő színszelektált képével fog lefutni (tehát ha talál például piros háromszöget, abban az esetben az smatch algoritmus az elsőbbségadás kötelező mintával és a piros színre szelektált képpel fog lefutni). A hasonlítás eredményét eltároljuk a matchresult adatstruktúra megfelelő változójában és az eredmény kiírásra kerül a fájlba. A két szélső eset egyike az, amikor a program mind az 5 alakzatot detektálja a képen, így mind a 6 mintára megtörténik a hasonlítás (a parkoló és az autópálya tábla is kék alapon négyszög alakú tábla, így ha talál kék négyszöget, akkor parkoló és autópálya táblára is vizsgál). A másik szélső eset az, amikor nem talál alakzatot, így nem történik egyetlen hasonlítás sem. Ilyenkor a „NINCS TÁBLA A KÉPEN” szöveg kerül kiírásra a fájlba. Ezután előkészítésre kerül a következő iteráció: a matchresult változóit visszaállítjuk 100 értékre mert a program futása során csak egyetlen egy matchresult

struct-ot használ, azaz nem tárolja a memóriában mind a 100 kép összes hasonlítási értékét, hiszen felesleges lenne (az eredmények már benne vannak a fájlban). Ezután bezárásra kerül a fájl.

A jobboldali ábra a folyamatokat illetve a kép különböző állapotait mutatja be a program futtatása során. Látható, hogy az első és második lépésként végrehajtott HSV értékek alapján történő kvantálás és invertálás után az előálló bináris képen fut le a sokszög/ kör keresése. Ezt követően történik a hasonlítás a mintával (5.).

A program által meghívott függvények paraméterinek megváltoztatásával javítható az eredmény. A checkredtriangle, checkredoctagon, checkblue, checkyellow függvényekben (smatch.cpp) minél kisebbre választjuk az „area” változót, annál kisebb alakzatokra is le fog futni az approxPolyDP, így „érzékenyebb” a függvény a kisebb alakzatokra is. Ennek hátránya, hogy könnyen felismerhet a program zajos elemeket a képen alakzatként. A checkredcircle függvényben a HoughCircles param2 paramétere minél kisebb, annál valószínűbb, hogy nem teljesen tökéletes köröket is körként fog felismerni a program. Ez ezért lehet rossz, mert a piros nyolcszög a stop táblák esetében majdnem kör alakú, így ha ezt a param2 paramétert mondjuk 100-ra állítjuk, úgy nagyon sok nyolcszög alakú stop táblát is fel fog ismerni körként. A megfelelő érték 100 és 200 között van (200-nál túl kevés kört ismert fel a program). Ezekben a függvényekben a Canny és a dilatáció paramétereinek változtatásával is potenciálisan jobb eredmény érhető el.

A preprocess.cpp-ben a színszelektáló algoritmusok inRange paramétereinek állításával jelentős változásokat vagyunk képesek elérni. Az alsó és felső határok Scalarjainak az S értékét ha szűkebb tartományra állítjuk, akkor sokkal pontosabban tudunk az adott színárnyalatokra szűrni, viszont előfordulhat, hogy különböző látási és fényviszonyok, illetve kifakult táblák esetén nem leszünk képesek felismerni a táblát. Bizonyos képeknél szükség van a nagyobb érzékenységre, míg másoknál pont hogy szigorúbb tartományok megadása javíthatna az eredményen. A program a nagyon élénk színekre szűr (minimum S érték 170) de még így is előfordulnak input képtől függően zajok, olyan tartományok, amiket nem lenne megfelelő vizsgálni (ezért is van az approxpolyDP algoritmus elött egy if ág ami csak nagy területű kontúrokat vizsgál). Az adatkészletben a 28.png, a 40.png, 68.png, a 79.png olyan táblákat ábrázol,

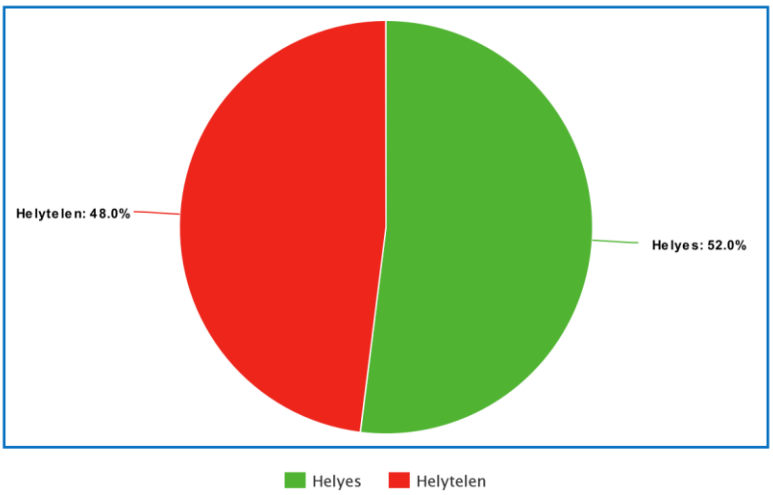



*1. ábra A folyamatok*

amik megfakultak. Ezekben az esetekben a program nem képes jól felismerni ezeket a táblákat, a szín szelekció szűk tartományai miatt. Más esetekben, például a 43.png esetén a lámpára kifüggesztett sárga hirdetőtáblának az árnyalata pont beleesik az vizsgált tartományba, ilyen esetekben a tartomány szűkítésével érhető el lehetségesen jobb eredmény. Ha a színszelekciót követően erodációt hajtunk végre, azzal kiszűrhetjük a zajok egy részét, de potenciálisan elveszhetnek olyan részek, melyekre szükség van a vizsgálat során.

Tesztelés

A programnak része a 100 .png képből álló adatkészlet melyen a tesztelés futott. A szoftver a képeket egymás után tölti be a kepek mappából futás közben. Az adatkészlet többféle formájú és megvilágítású táblát is tartalmaz. Sok képen olyan tábla van, mely nincs előre definiálva a programban, illetve az adatkészlet utolsó 10 képén közlekedési tábla sem található. Az egyes táblákra vonatkozó eredményeket az eredmények.xlsx Excel tábla tartalmazza. A 100 kép közül a program 52-n ismerte fel helyesen a táblát.




*2. ábra A helyes és helytelen eredmények aránya*

Természetesen ha megvizsgáljuk az okokat, ami miatt az algoritmus nem felelt meg az esetek 48%-ában és megismerjük a program erősségeit/gyengéit, könnyedén összeállíthatunk olyan adatkészletet, melyben a képek 100%-ára helyes vagy helytelen választ fog adni a program. Például a jelenlegi adatkészletben sok útkereszteződés alárendelt úttal tábla található, melyekre majdnem mindig fals-pozitív eredményt ad a program, mégpedig elsőbbségadás kötelező táblát. Ez azért van így, mivel minden piros keretű háromszög táblára a program elsőbbségadás kötelező táblát fog vizsgálni. A megoldás vagy a háromszög belsejében lévő fekete alakzat keresése (mely megtalálása után biztos, hogy nem elsőbbségadás kötelező tábláról van szó), vagy az összes háromszög alakú KRESZ tábla definiálása lenne (ilyenkor is vizsgálná a táblát elsőbbségadás kötelező mintára a matchShapes() függvénnyel, de nem lenne olyan jó az egyezés). Másik megoldás az ilyen jellegű és hasonló fals-pozitív eredmények kiszűrésére a matchShapes() algoritmus által meghatározott, egyezés mértékét tároló double érték felső határának meghatározása lenne (eredmeny), de a sok különböző árnyalatú és orientációjú tábla miatt a felső korlát pontos meghatározása rendkívül nehéz, hiszen könnyedén kizárhatunk rengeteg true-pozitív eredményt vele. A legmegfelelőbb érték valahol 0.1 és 0.2 között van, adatkészlettől függően (képeken lévő táblák orientációja, fényviszonyok) az ilyen korlát bevezetése vagy nagyon javítja, vagy nagyon rontja a végső eredményt.

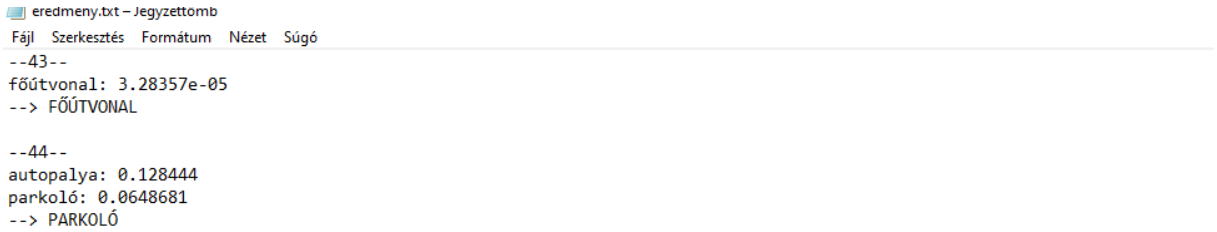
Felhasználói leírás

A program közlekedési táblákat detektál képekről. A program C++ nyelven íródott (ISO C++ 14 Standard) és az OpenCV 4.5.4 verzióját használja. A program 6 különböző tábla felismerésére képes. A program eldönti, hogy van-e a képen vizsgált közlekedési tábla, és ha van, melyik a 6 előre meghatározott tábla közül. A program a /kepek mappából tölti be a képeket illetve a /kepek/template mappából a mintákat. A program az állj! elsőbbségadás kötelező, a behajtani tilos, az elsőbbségadás kötelező, az autópálya, a parkoló és a főútvonal táblákat ismeri fel.

A program parancssoros. A .exe fájl futtatását követően a program egyetlen paramétert vár: hány képre végezze el a vizsgálatot. Ezt az adatot standard inputról kell megadni. Tehát ha például 64 darab vizsgált kép van, abban az esetben 64-et kell megadni. Ezt követően elindul a program, és egy eredmeny.txt fájlt generál az indulás helyén. Ebben a fájlban jelennek meg az eredmények.

A vizsgált képeket a /kepek mappába kell helyezni, úgy, hogy a nevük sorszámok legyenek. X darab kép esetén az első kép neve 0.png kell hogy legyen, az utolsó kép neve pedig X-1.png. Fontos, hogy a képek .png formátumúak legyenek.


*3. ábra Input 100 kép esetén.*




*4. ábra Az eredmény fájl.*

A végső eredmények a nyíllal jelölt sorban találhatóak. A szoftver az állj! elsőbbségadás kötelező táblákra csak egyszerűen „stop” táblaként hivatkozik mindenhol, annak ellenére, hogy ilyen nem az a teljesen megfelelő kifejezés. Ez amiatt van, hogy ne lehessen még csak véletlenül se összekeverni az állj! elsőbbségadás kötelező táblát az elsőbbségadás kötelező táblával, ha módosítjuk a kódot vagy használjuk a programot.

Irodalomjegyzék

[1] OpenCV (Open Source Computer Vision Library) docs, Hough Circle Transform, https://docs.opencv.org/4.x/d4/d70/tutorial_hough_circle.html

[2] OpenCV (Open Source Computer Vision Library) docs, Structural Analysis and Shape Descriptors, https://docs.opencv.org/4.x/d3/dc0/group__imgproc__shape.html

[3] OpenCV (Open Source Computer Vision Library) docs, Feature Detection, https://docs.opencv.org/4.x/dd/d1a/group__imgproc__feature.html

[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Ramer%E2%80%93Douglas%E2%80%93Peucker_algorithm

[5] OpenCV (Open Source Computer Vision Library) docs, Thresholding Operations using inRange, https://docs.opencv.org/4.5.4/da/d97/tutorial_threshold_inRange.html

[6] OpenCV (Open Source Computer Vision Library) docs, Contours: More Functions, https://docs.opencv.org/4.x/d5/d45/tutorial_py_contours_more_functions.html