Nagy és kis felbontású képek használhatóságának összehasonlítása

Elek István

DOI: <https://doi.org/10.30921/GK.71.2019.1.2>

Abstract: In this article, we present a procedure that uses low resolution cameras to quickly define the boundaries of point clouds. Using the same procedure, we get almost identical results to high resolution images. In this article, the emphasis is not so much on the process presented, but on the fact that applying the process to images of low resolution cameras will result in the process being quicker. This result is therefore remarkable because the segmentation and clustering methods, when applied to high resolution images, are sometimes overwhelmingly slow. The approach described in this article attempts to provide a possible solution to this problem.

A cikkben bemutatunk egy eljárást, amely alacsony felbontású kamerák képét használva igen gyorsan képes pontfelhők határait megállapítani. Ugyanezt az eljárást alkalmazva nagy felbontású képekre majdnem teljesen azonos eredményt kapunk. A cikkben a hangsúly nem annyira a bemutatott eljárásról van, hanem azon a tényen, hogy az alacsony felbontású kamerák képeire alkalmazva az eljárást több nagyságrenddel gyorsabb lesz a folyamat. Ez az eredmény ezért figyelemre méltó, mert a szegmentáló, osztályozó eljárások a nagy felbontású képekre alkalmazva, néha nyomasztóan lassúak. A cikkben ismertetett megközelítés erre a problémára próbál adni egy lehetséges megoldást.

Kulcsszavak: alacsony felbontású kamera, képfeldolgozás, alakfelismerés

Keywords: low resolution cameras, image processing, shape recognition

Bevezetés

A technológiai fejlődés eredményeként egyre nagyobb felbontású kamerák kerülnek kereskedelmi forgalomba. Az új technológia rohamos fejlődése egyre jobb műholdképek készítését teszi lehetővé. Az önvezető gépkocsik fejlesztői is egyre nagyobb felbontású kamerákkal szerelik fel a kísérleti járműveket, így a kisebb felbontású képek készítésére alkalmas eszközök már csak főként hobbicélokra használatosak.

Senki nem vizsgálja a kisebb felbontású kamerák lehetőségeit, mivel a nagy felbontásúak valóban egyre részletgazdagabbak. Ebben a cikkben arra próbáljuk felhívni a figyelmet, hogy vannak olyan műveletek, amikre akkor van szükség, ha nagyobb összefüggéseket (a képhez képest nagyobb méretű objektumokat) nagyon gyorsan akarunk detektálni.

Nagy felbontású képek esetében éppúgy szükséges lehet az osztályozás, szegmentálás, mint a kisebb felbontásúak esetében, de ilyenkor igen nagygyá válhat az eljárások futási ideje. Egyes esetekben (pl. hiperspektrális képek) nem is tudjuk felhasználni az összes csatornát az osztályozásra, mivel kiváratatlanul sokáig tartana az osztályozó algoritmus futásideje. Ezért dimenziócsökkentést (főkomponens analízist)

használnak az adatrendszer méretének drasztikus csökkentésére, ami persze hatalmas adatvesztés, még ha a főkomponens-analízis esetében a lehető legkisebb is az információvesztés. Az általunk felvetett megközelítés abból indul ki, hogy a nagyobb összefüggő területek, objektumok határainak megállapítására nem csak a nagy felbontású képeket lehet használni. Ha ezek a nagyobb szegmenshatárok megvannak, akkor már ezeken belül lehet, sőt kell is a nagy felbontású képekkel foglalkozni. Például az autonóm gépkocsi esetén egy ember, egy másik jármű, bármely, az úton lévő tárgy kontúrjainak felismerése elsőrendű feladat, amit igen gyorsan kell megvalósítani. Hasonlóan fontos egy KRESZ-tábla gyors felismerése, de a tábla alatt lévő felirat (pl. időkorlátozás) elolvasása már nem annyira érzékeny az időre, és így annak értelmezése már mehet a nagyobb felbontású képről. Csakhogy ebben az esetben már elegendő csak a tábla kisebb környezetét nézni, ami a nagy felbontású kép esetén sem kezelhetetlenül nagy adattömeg.

A következőkben bemutatunk egy eljárást, amely kisebb felbontású kamerák képeinek használhatóságát demonstrálja, nem kompromisszumos megoldásként, hanem valós felhasználásra. Az eljárást szintetikus képeken fogjuk demonstrálni.

Szintetikus képek elemzése

Szintetikus képekre, pontfelhőkre fogjuk bemutatni a koncepciót, mert ezek a képek úgy lettek létrehozva, hogy világosan felismerhetők legyenek a sűrűsödések, a csomópontok, a klaszterek. Vizuális interpretációval a másodperc tört része alatt felismerjük ezeknek a klasztereknek a meglétét, határait, vagyis nagyon gyorsan képesek vagyunk értelmezni a látott képet. Az *értelmezés* itt hangsúlyos szó, mert egy mozgó jármű esetében a kamerák által látott képek gyors értelmezése, az ott látott objektumok felismerése és azonosítása alapvető feladat.

Generáljunk egy három csomópont körül, véletlenszerűen szóródó pontokból álló képet (1. ábra).

Amikor rápillantunk az ilyen képekre, a másodperc tört része alatt felismerjük ezeket a sűrűsödési pontokat, mintegy azonnal észrevesszük azokat a területeket, amelyek a sűrűsödések alapján kijelölhetők. Általános problémának mondhatók az effajta feladatok, amikor is csoportosítanunk kell a képek pixeleit (nem feltétlenül valamenynyit). Erre a célra a jól ismert klaszterezés és osztályozás nevű eljárások szolgálnak (Gonzalez-Woods 2018). Ezek futási ideje azonban általában nagy, ezért valós idejű, gyors csoportosításra

1. ábra. A generált kép, amelynek mérete 512 x 512 pixel, 24 bites, de csak két színt látunk rajta: fekete háttéren fehér pontszórás

2. ábra. A simítással kapott felülvágott pontfelhő képe

3. ábra. A pontfelhő vektoros határai a nagy felbontású képen

4. ábra. Az összerajzolt eredeti pontok, a pontfelhő és vektoros pontfelhőhatárok

kevésbé alkalmasak. Különösen igaz ez olyan alkalmazásokra, ahol fontos a rövid futási idő, mint pl. önvezető gépkocsi kameraképeinek feldolgozása.

A látás fiziológiájáról felhalmozott ismeretek alapján tudható, hogy az emberi szem nem túl nagy felbontású eszköz, mégis az agyunk által értelmezett képek meglehetősen jók, sok finom részletet vagyunk képesek felismerni, sőt ezek alapján úgy néz ki, mintha a szemünk egy nagy felbontású eszköz lenne. Ennek a jelenségnek az oka, hogy ezeket a kevésbé nagy felbontású képeket az agyunk feldolgozza, és a tudatunk már csak a feldolgozott képpel „találkozik”. A látáspszichológia szakembereinek eredményei alapján tudjuk, hogy a szemünkben éldetektorok is működnek. Nyolc különböző irányú Gabor-szűrő végzi az éldetektálást (Gregory 1973). Mint ismeretes, az éldetektálás az alakfelismerés egyik alapvető eljárása (Allen–Mills 2004). A szemünk az evolúció során meg kellett állapítsa a környezetében lévő objektumok kontúrjait, hiszen ez alapján kellett felismernie

az ellenséget, az azonos törzsbe tartozó másik embert, a családot és bármit, ami az élete során befolyásolta a boldogulását, a túlélését (Elek 2016). Abban egészen biztosak lehetünk, hogy sem az ember, sem az állatvilág egyetlen, látással is rendelkező entitása nem alkalmaz a látása során klaszterező, osztályozó eljárásokat a pixelek összetartozásának felismerésére. Márpedig a képek értelmezése lehetetlen anélkül, hogy elszakadjunk a képek pixeles logikájától. Élek és csoportok megállapítása nélkül lehetetlen bármiféle értelmezett képet előállítani. Valamilyen vektorizált, csomópontokból felépített alakzatot tudunk csak értelmezni a nyers pixelek helyett.

A következőkben bemutatunk egy eljáráscsomagot, amely éldetektálásra alapozva megállapítja az 1. ábrán lévő pontfelhő határait és ezt mint vektoros adatot előállítja. Az eljárás a következő lépésekből áll: **Erős simító szűrés** → **küszöbölés** → **éldetektálás** → **vektorizálás**.

Az egyes szűrési eljárások működésének bemutatásától itt eltekintünk, mivel részletesen tanulmányozhatók az (Allen–Mills 2004, Elek 2010, Gonzalez–Woods 2018,) munkákban. Az eljáráscsomag működése vázlatosan a következő:

1. A simító szűréssel összemossuk a pixelek individuális jellegét, mint egy felhővé alakítjuk a képet (2. ábra). Az eljárás futási ideje 12 000 milliszekundum az 1. ábrán látható méretű képre.
2. A küszöböléssel, és éldetektálással előállítunk egy kétállapotú képet.
3. A küszöbértéket az intenzitásértékek eloszlásából kapjuk meg.

4. Végül megállapíthatjuk a pontfelhők határait. Az eljárás futási ideje 25 milliszekundum.

Az 1.–4. folyamat eredménye látható a 3. ábrán. A kép azért kétállapotú, mert az intenzitás mindenhol 0 a határok kivételével. A határokon viszont az intenzitásérték 255. Egy ilyen képre a vektorizálás triviális feladat (Cormen et al. 2009).

Hasonlítsuk össze a kiindulási képet az eredménnyel (4. ábra). Ebből látható, hogy a pontfelhő határait az eljárás helyesen határozta meg. (Ugyanakkor nyilvánvaló az is, hogy többféle határ is megállapítható, attól függően, hogy milyen paramétert adunk meg az eljárás számára. A kis és nagy felbontású képekre mindig ugyanazt a paramétert fogjuk használni a korrekt összehasonlíthatóság kedvéért.).

A pontfelhők határainak megállapítása általános probléma a képfeldolgozásban és egyes térinformatikai feladatokban (Sidiropoulos–Lakakis 2016, Almqvist et al. 2017, Mineo–Pierce–Summan 2019), de ezekre a jelen eljárással kapcsolatban nem térünk ki, hiszen célunk annak megmutatása, hogy a kis felbontású képek is jól használhatók egyes speciális problémák megoldására.

Az eddig bemutatott eljáráscsomag a képfeldolgozásban jól ismert elemekből áll. A vektoros kép előállítása hozzávetőleg 12 másodperc, amely a simító szűrés miatt ennyi. A vektoros pontfelhőhatárok előállításának ideje ehhez képest elhanyagolható (25 ms). Vagyis, ebből következően a simított pontfelhő előállításának idejét kellene drasztikusan csökkenteni, ha a gyakorlatban is használható gyors

eljárást szeretnénk kapni. Ehhez gondoljuk végig a kamera képének előállítása mögött meghúzódó fizikát.

A fényérzékeny lapkák képkalkotása

A fotoelektromos hatás olyankor jön létre, amikor egy a küszöbszintnél nagyobb frekvenciájú elektromágneses sugárzás, mint például fény, által egy anyag (többnyire fém) felszínén lévő elektron kilökődik. A határfrekvencia alatt nem történik elektronkibocsátás, mert a foton nem tud elég energiát biztosítani ahhoz, hogy az elektronok kilépjenek az atomos kötésből. A fénysugár fotonjai a hullámhossztól függő nagyságú energiával rendelkeznek. Ha növeljük a fénysugárzás intenzitását, az nem változtatja meg a fénysugarat alkotó fotonok energiáját, de a kibocsátott elektronok számát igen, így a jelenség alkalmas felületek leképezésére. Ezen a jelenségen alapul a kamerák félvezető lapkáinak működése (5. ábra).

A fentiekből látható, hogy egy kép méretét a fényérzékeny lapka felbontóképessége határozza meg. Ahány fényérzékeny elemi cellát integrálunk egy

lapkára, annyi pixeles képet fogunk kapni. Az is látható viszont, hogy minden lapka elemi cellája átlagolja a kilépő elektronokat, azaz a fény intenzitását, és ennek megfelelő töltésszámot produkál. Így tehát egy nagy felbontású kamera kisebb területre átlagol, mint egy kisebb felbontású.

A digitális szűrők elméletéből tudjuk, hogy az átlagolás simítást eredményez, mivel a simítás paramétereiért felelős kernel és a kép konvolúciója által jön létre a simított kép (Allen-Mills 2004, Elek 2010, Gonzalez-Woods 2018). (Azt most ne fessegessük, hogy ez a bizonyos átlagolás pontosan mit is jelent. Egyelőre tegyük fel, hogy a kernelben egy Gauss-függvény értékei vannak, de ha csupa 1-es van benne, az is elfogadható). Ebből következően, ha a simítást nem egy nagy felbontású kép konvolúciós szűrésével végezzük, hanem egy kisebb felbontású kamera képét használjuk, amely már eleve simítottabb képet ad, hiszen a fizika elvégezze helyettünk a konvolúciót, akkor a legidőigényesebb folyamatot sikerül kiküszöbölnünk a vektorizálási procedúrából.

Kis és nagy felbontású képek feldolgozásának összehasonlítása

A következőkben vizsgáljuk meg, hogy egy lényegesen kisebb felbontású kép feldolgozásából származó vektoros határok mennyire térnek el a nagy felbontású kamera képének feldolgozásából származó határoktól. Az eredeti kép méretének harmadával rendelkező felbontású képre (170×170 pixel) futtassuk le a fenti eljárásokat. A 6. ábrán

a kis felbontású kép látható a feldolgozás előtt.

A kis felbontású képet vessük alá simító szűrésnek, ugyanazzal a felső határfrekvenciával, mint a nagy felbontású kép esetén tettük. A 7. ábrán a simított kép felhője látható.

Végezzük el az éldetektálást, a küszöbölést és a vektorizálást, ugyanazokkal a paraméterekkel, mint a nagy felbontású kép esetén tettük. A 8. ábrán a pontfelhő vektoros határai láthatók.

Vizsgáljuk meg, hogy a kis felbontású képre kapott felhőkontúrokat megfelelőnek találjuk-e? Ha megtekintjük a 9. ábrát, akkor megállapítható, hogy a pontfelhőkontúrok megfelelnek az elvárásainknak. Megfelelés alatt itt azt értjük, hogy ha szemrevételezéssel állapítottuk volna meg a határokat, az eredmény annak megfelelő.

Érdekes feladat a kétféle eredmény összehasonlítása. Mivel nem áll rendelkezésünkre egy olyan etalon, amelyhez tudnánk hasonlítani az eredményt, ezért kézenfekvő, hogy a kétféle eredményt hasonlítsuk össze, vagyis a nagy és kis felbontású képek feldolgozásából kapott kontúrokat vessük össze. Amint látható, a két eredmény igen közel áll egymáshoz (10. ábra), noha természetesen nem azonosak. Ami viszont figyelemre méltó az a futásidők különbsége. Míg az 512×512 pixeles képre a feldolgozási idő 12 000 millisekondum, addig a 170×170 pixeles képre ez mindössze 167 millisekondum, vagyis a sebességnövekedés több mint hetvenszeres.

A vizuális összehasonlítás (10. ábra) alapján a két kép rendkívül hasonló. Egy más mellé állítva a két ábrát minimális eltérés fedezhető fel a két kép

5. ábra. A felületre belépő fény intenzitásától függő töltésszám mérésével a belépő fény intenzitása mérhető, vagyis a felület leképezhető (Wikipedia: Fényelektromos jelenség)

6. ábra. A kis felbontású kép (170×170 pixel)

7. ábra. A kis felbontású simított kép

8. ábra. A kis felbontású kép pontfelhőinek vektoros határai

9. ábra. A kis felbontású kép, a felhő és a feldolgozás eredménye

10. ábra. Az ábra bal oldali része a nagyobb, míg a jobb oldali a kisebb felbontású képet és a feldolgozások eredményeit mutatja

között. A vizuálisnál precízebbnek ható numerikus összehasonlítás is hasonló eredményt ad (a kétféle kontúr korrelációs együtthatója 0,997), de a vizuális hasonlóságot jelen esetben lényegesebbnek tartom. Igen szoros korreláció esetén sem lennének elégedettek, ha a vizuális összehasonlítás nem adna kielégítő eredményt.

Hasonlítsuk össze egy más paraméterű (több kieső pontot megengedő) futtatás eredményeit, de most úgy, hogy a kis és nagy felbontású képek feldolgozásából származó kontúrokat egymásra rajzoljuk (11. ábra). Amint az ábráról látható a vékony görbe (a nagy felbontású képről származó kontúr) és a vastag (a kis felbontású képről származó kontúr) teljesen egymáson fut.

Összegzés

Végkövetkeztetésként kimondható, hogy a kisebb felbontású kamerák alkalmasak arra, hogy a nagy felbontású képeken található nagyobb objektumok határait viszonylag gyorsan megállapíthassuk, lényegesen gyorsabban, mintha a nagy felbontású képeken tennének ugyanezt. Ez persze nem jelenti azt, hogy ne volna érdemes nagy felbontású kamerákat alkalmazni. Futásidő-érzékeny esetekben, mint amilyen az autonómvezető-probléma, érdemesnek látszik különböző felbontású kamerák együttes alkalmazása. A nagyobb objektumok határainak megállapítása után természetesen a finomabb részletek megállapításához továbbra is a nagy felbontású képeket érdemes alkalmazni.

Erre számtalan példa van az élővilágban. A nagyobb összefüggések megállapítása után a lények képesek egy-egy

részletre fókuszálni, sőt egyes esetekben (pl. sasok esetén) zoomolásra képes a szemük. Még zoomra képtelen szem esetén is, mint amilyen az emberi szem, ismerjük az egy-egy részletre koncentrálás jelenségét, amikor a nagyvonalú kiértékelést követően egy-egy részlet megfigyelésével (és a többi részlet figyelmen kívül hagyásával) a részletek megállapítása a feladat.

Akár autonóm gépkocsivezérlésről, akár úrfelvételek feldolgozásáról van szó, úgy tűnik, hogy a kisebb felbontású kamerákat sem kell mellőzni, mivel a különböző felbontású képek okos kombinálásával jelentősen felgyorsíthatók egyes feldolgozási folyamatok.

Köszönetnyilvánítás

A munkákat egy kutatás-fejlesztési pályázat finanszírozta: EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén. A projekt a magyar állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Allen, R. – Mills, D. 2004. *Signal Analysis, Time, Frequency, Scale, and Structure*. Wiley, IEEE
- Almqvist, H. – Magnusson, M. – Kucner, T. – Lilienthal, A. 2017. *Learning to detect misaligned point clouds*, Wiley, DOI: 10.1002/rob.21768
- Cormen, T. – Leiserson, C. – Rivest, R. – Stein, C. 2009. *Introduction to Algorithms*, 3rd Edition (The MIT Press), ISBN-13: 978-0262033848
- Elek, I. 2010. *Adatbázisok, térképek, információs rendszerek*, ELTE Eötvös Kiadó, ISBN 978 963 312 039 2

11. ábra. A kis és nagy felbontású képekből származó kontúrok összehasonlítása a két eredmény egymásra rajzolásával

- Elek, I. 2016. *Emergence of intelligence*, NOVA Science publishers, New York, , ISBN 978-1-53613-545-9
- Gonzalez, R. – Woods, R. 2018. *Digital Image Processing*, Pearson
- Gregory, R. 1973. *Az értelmes szem*. Gondolat Kiadó
- https://hu.wikipedia.org/wiki/Fényelektronikus_jelenség, utolsó elérés: 2019. 02. 06.
- Mineo, C. – Pierce, S. – Summan, R. 2019. *Novel algorithms for 3D surface point cloud boundary detection and edge reconstruction*, Journal of Computational Design and Engineering, Volume 6, Issue 1
- Sidiropoulos, A. – Lakakis, K. 2016. *Edge Points Detection in Unorganized Point Clouds*, International Journal of Constructive Research in Civil Engineering (IJCRCE), Volume 2, Issue 3, DOI: <https://doi.org/10.20431/2454-8693.0203002>

Dr. Elek István
egyetemi docens

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék
elek@map.elte.hu