

Bírálat

Kató Zoltán

"Régiók és alakzatok:

Vizuális objektumok kinyerése és illesztése" c.

MTA Doktori értekezéséről

Kató Zoltán munkáját és szakmai fejlődését évek óta figyelemmel kísérem és aránylag jól ismerem. Az értekezés címének megfelelően a jelölt munkássága két, egymással laza kapcsolatban álló szakterületre összpontosul, ezek a Markov random mezők (MRF) alapú képszegmentálás és a két- illetve háromdimenziós alakzatok illesztése, regisztrációja. A két terület matematikai eszköztára jelentősen eltérő, ezért az, hogy a jelölt mind a két területen otthonosan mozog és jó matematikai színvonalat mutat, mindenképpen dicséretet érdemel.

A jelölt nemzetközi pályafutása a kilencvenes évek elején kezdődött, amikor fiatal kutatóként, doktoranduszként az francia INRIA (Sophia Antipolis) kutatóintézetben dolgozott. Az MRF alapú képszegmentálással kapcsolatos munkássága a *Josiane Zerubia* által képviselt tudományos iskolához köthető, amellyel máig megőrizte az aktív munkakapcsolatot, tanítványokat küld és együtt publikál. Egy másik neves társszerzője, *Ian Jermyn*, szintén ehhez az iskolához kötődik.

A publikációs listából kiderül, hogy a jelölt több mint 20 évig gyakorlatilag csak a képszegmentálás területén publikált, ami egy kicsit a „more of the same” érzést kelti. A listán szereplő publikációk valamivel több mint a fele ehhez a területhez kapcsolódik. A témával Kató Zoltán most is foglalkozik, de kevesebb mint tíz évvel ezelőtt öröndetes módon, Domokos Csaba tehetséges volt tanítványával új témába, az alakzatok illesztésébe kezdett, ahol viszonylag rövid idő alatt számottevő, nemzetközileg elismert eredményeket ért el. Az alakzat regisztrációnak, elsősorban az orvosi képelemzésben, jelentős hagyományai vannak a Szegedi Tudományegyetemen, ezért is öröndetes, hogy ez a kutatási irány szép folytatásra talált.

A két, értekezésben érintett problémakör klasszikusnak mondható, de még mindig aktuális és érdekes mint az elméleti, mint a gyakorlati szempontból. A bevezetőben a jelölt tömören áttekinti a létező módszerek főbb csoportjait és megindokolja a saját

kutatását. A motivációval összességében együtt lehet érteni, de a két témához egy-egy megjegyzést szeretnék tenni. Nem világos, hogy miért csak a paraméteres aktív kontúrok kerülnek említésre, amelyek – a jelölt által javasolt megoldásokkal szemben – valóban nem tudják kezelni a topológiai változásokat. Ugyanis közismert, hogy a Level Set alapú aktív kontúrok és felületek erre igenis képesek. A másik megjegyzésem az, hogy a javasolt illesztési módszerek működéséhez szükséges pontos binarizálás (szegmentálás) a gyakorlatban legalább olyan nehéz feladat, mint az illesztéshez gyakran felhasznált, stabil jellemzők kinyerése. Ennek a legjobb bizonyítéka, hogy az értekezés nagy része éppen a szegmentálásról szól. Természetesen, ezzel nem akarom kétségbe vonni a jelölt által támogatott, alternatív szemléletmód létjogosultságát.

Az értekezés összefoglalja a jelölt főbb eredményeit, felépítése követi a megfelelő publikációk struktúráját és idősorrendjét. Az első fejezet a korai munkásságot ismerteti, amikor a jelölt az INRIA-beli kollégákkal együtt dolgozott. Ebben az időben gyors fejlődésnek indultak a több felbontású és hierarchikus módszerek, amelyekről nagyobb rugalmasságot és sebességet vártak, joggal. Ebbe a folyamatba szervesen beleillik a fejezetben ismertetett munka is, amely egy klasszikus képszegmentáló Markov modell ilyen jellegű továbbfejlesztésére irányul. A kitűzött cél a kölcsönhatás típusok bővítése volt a számítási igény jelentős növekedése nélkül. Matematikailag igényes és technikailag korrekt, jól publikált eredmények születtek, amelyeket úrfelvételek elemzésére alkalmaztak Franciaországban. A cikkek többségének ugyanaz a három társszerzője van, közülük a jelölt neve mindig az első. Kritikus megjegyzésként felvehető, hogy kölcsönhatás típusok bővítése ellenére ezekben a módszerekbe geometriai jellegű információ (pl. az elvárt alakzat jellege) nehezen építhető be. A jelölt által hangsúlyozott alkalmazások és a szoftver oltalom ugyan megtörténtek, de a kapcsolódó hivatkozásokban kevés jel utal arra, hogy a módszerek a gyakorlatban is elterjedtek volna: a hivatkozások döntő része „belterjes”, azaz a saját szakterületekről, nem pedig teljesen más, alkalmazott szakterületekről származik.

Az értekezés további három fejezetének az eredményeit a jelölt egy téziscsoportba sorolja, ami azért logikus, hogy ezekben arról van szó, hogy hogyan lehet más, azaz nem csak intenzitási információt felhasználni MRF alapú képszegmentálásra. A törekvés teljesen indokolt, hiszen az alkalmazások jelentős részében az ilyen információ rendelkezésre áll. A 2. fejezetben a szegmensek színe, textúrája és mozgása, a 3. és 4. fejezetben pedig azoknak az alakja a mérvadó. Ezek a fejezetek viszonylag rövidek. A 4. fejezet a 3. fejezetben bemutatott módszer többretegű

módosításával foglalkozik, és valószínűleg csak azért különül el, hogy kidomborítsa a kutatás változatosságát. A módszerek és a teszteredmények bemutatása itt is, mind az értekezés többi részében, legtöbbször világos, matematikailag igényes és korrekt, legfeljebb a gyakorlati felhasználhatóságot lehet esetenként megkérdőjelezni. A 38. oldalon például nem világos, mi az F-measure, amely rangsorolja a (kevés) teszteredményt. A 2.4. ábra sem ad tiszta képet, hogy melyik a jobb eredmény, nem beszélve arról, hogy az ember először felismer, aztán szegmentál, a gép pedig fordítva teszi. (A tesztképeken könnyen felismerhető, de nehezebben szegmentálható objektumok láthatók.) Ráadásul a javasolt módszer nagyon lassú. Hasonlóképpen, a 2.5, 2.6 és 2.10 ábrák sem adnak tiszta képet a teszteredmények minőségéről és általánosíthatóságáról.

A „gas of circles” magasabb rendű aktív kontúr modell (a 3. és a 4. fejezet) egy érdekes elméleti konstrukció, amelyből le lehet vezetni kör alakú objektumokat detektáló algoritmusokat. Alapesetben ismerni kell a kör sugarát, de a többretegű modell változó méretű körökre is alkalmazható. A módszerek akkor működnek igazán látványosan, amikor nagyon sok objektum jelenik meg egy képen, mint például fakoronák egy légi felvételen vagy sejtek egy orvosi képen. Megjegyzem, hogy ezekre a feladatokra sok hatékony eljárás létezik, különösen az orvosi képfeldolgozásban. Az értekezésben azonban csak egy olyan klasszikus MRF alapú módszerrel történik összehasonlítás, amely az egyik, egyszerűnek tűnő esetben rossz eredményt produkál.

A „gas of circles” modellel kapcsolatos eredmények túl frissek ahhoz, hogy számon lehessen kérni a kiterjedt gyakorlati alkalmazásokat, amelyek remélhetően nem maradnak el. Ehhez azonban a többretegű modell esetében az eljárást lényegesen fel kell gyorsítani, hiszen jelenleg egy kisméretű képre akár 1000 mp lehet a futási idő, ami a gyakorlatban elfogadhatatlan. Ilyen számítási igény mellett nemhogy alkalmazni, de még érdemben tesztelni sem lehet az eljárást.

Az értekezés utolsó két fejezete a megfeleltetés nélküli 2D-s és 3D-s alakzat-illesztéssel foglalkozik. A lineáris regisztrációról az 5., a nemlineárisról pedig a 6. fejezet szól. Ez utóbbi esetben csak 2D-s, lapos alakzatok szerepelnek. Lehet, hogy nem olvastam elég figyelmesen a szöveget, de nem találtam magyarázatot arra, hogy a gyakorlatban fontos térbeli alakzatok itt miért maradtak ki. Feltehetően azért, mert több szabadságfok esetében nagyobb a valószínűsége, hogy egy nemlineáris módszer beragad egy lokális minimumban és hamis eredményt ad.

A megfeleltetés nélküli illesztés izgalmas és ígéretes téma, nem véletlen, hogy a két fejezetben összefoglalt eredményeket viszonylag rövid idő alatt több rangos folyóiratban is sikerült publikálni. Az explicit megfeleltetés nehéz feladatát ki lehet kerülni, és a megoldás várhatóan gyorsabb is lesz. A megfeleltetés nélkül, integrális jellegű módszerek közismert hátránya azonban a hiányos adatokkal szembeni kisebb robusztusság, különösen a magasrendű nyomatókat alkalmazó módszerek esetén.

Az illesztéssel kapcsolatos, közel múltban megjelent, szép elméleti és kezdeti, sikeres teszteredmények után a jelölt felvázol több alkalmazási lehetőséget. Jövő kutatás fő kérdése, hogy a gyakorlatban sikerül-e megoldani a szegmentálás és robusztusság problémáját. Hangsúlyozni szeretném azonban, hogy ezek a nyitott kérdések mellett is a regisztrációval kapcsolatos munkát nagyon jónak, eredetinek és kreatívnek tartom.

Összegezve, a jelöltnak a szépen megírt és jól strukturált értekezésben összefoglalt elméleti munkásságát nemzetközi színvonalúnak, ötletesnek, eredetinek és megfelelően publikáltnak tartom. Az eredmények gyakorlati felhasználhatósága a jövő kérdése. A téziseket elfogadom azzal a megjegyzéssel, hogy az 1.2, 2.3. és különösen a 2.4. tézist kevés publikáció támasztja alá, ezért ezen tézisek a súlya kisebb. A 2.3. tézishoz kapcsolódó fő publikációban a jelölt a négy társszerző közül a harmadik, ez tovább csökkenti a tézis súlyát.

Véleményem szerint az értekezés alkalmas a nyilvános vitára. A mű elfogadását javaslom.

Budapest, 2014 március 22.

Csetverikov Dmitrij