Juhász Imre „Kontrollponttal adott görbék leírása, alakmódosítása és szingularitásának vizsgálata" című MTA doktori értekezésének bírálata

Az értekezés a geometria – azon belül a görbeelmélet – területén ér el új eredményeket, amelyek gyakorlati szempontból számítógépes grafikai felhasználásokhoz kötődnek. Szűkebb területként a disszertáció a kontrollpont-alapú görbeleírásra, valamint az így leírt görbék elemzésére és alakmódosítására fókuszál, trigonometrikus polinomok bázisára épülő ciklikus görbék, illetve racionális B-szplájn görbék használatával. A fő cél gyakorlati szempontból fontos, rugalmasabb tervezést segítő modellek kidolgozása bizonyos elvárt tulajdonságok megőrzése mellett, beleértve a görbék hullámzási tulajdonságainak, szingularitásainak és konvexitásának vizsgálatát.

A dolgozat egy bevezető, az új eredményeket taglaló három és egy összegző fejezetből áll. A bevezető fejezet célja, hogy bevezesse a görbék vizsgálatához szükséges alapfogalmakat és geometriai elvárásokat, beleértve a normalizált rendszer, B-szplájn, konvexitás, hullámzáscsökkentés, alakzatmódosítás fogalmát és azokhoz kapcsolódó kritériumokat. A bevezető tartalmaz ugyan egyfajta motivációs összegzést, de talán szerencsésebb lett volna, ha a későbbi fejezetekben ez a valamivel részletesebb bemutatásra itt is sor került volna tömören. Az ábrákkal kapcsolatban a teljes dolgozatra nézve kijelenthető, hogy nagy odafigyeléssel, igényesen készültek, viszont elsősorban a laikusabb olvasó kedvéért el lehetett volna helyezni bennük olyan információt, ami a folyószövegben szerepel (például az 1.3. ábra nem teljesíti a hullámzáscsökkentést, de ennek oka az ábrán már nem került illusztrálásra). Nem érzem továbbá szerencsésnek, hogy már a bevezetőben is szerepel (relatíve) hosszabb bizonyítás (1.6. tétel), ha ez elkerülhetetlen volt, akkor talán függelékben jobb let volna ezt elhelyezni; a hosszabb bizonyítások függelékben való elhelyezése más fejezetekben is javította volna az olvasmányosságot.

A második fejezet zárt görbék leírásával foglalkozik trigonometrikus polinomokon alapuló ciklikus bázisfüggvényekkel. Megmutatásra kerül a ciklikus függvényrendszer lineárisan független volta, valamint hogy C^∞ típusú zárt görbék leírására alkalmasak számos hasznos tulajdonság teljesítése mellett (deriválásra nézve zártak, hullámzáscsökkentő tulajdonságúak, fokszámnövelésük egzakt módon kezelhető, konvexitás-megőrzők, a fokszámnövelt görbe kontrollpoligonja a görbéhez konvergál). Az eredmények számos nevezetes görbét is tartalmazó zárt trigonometrikus görbék nagy osztályára alkalmazhatók, így például az ellipszisre, tóruszcsomóra, stb. A fejezet egy szép eredménye még egy eljárás racionális trigonometrikus görbék egy osztályának kontrollpont alapú leírására, ami alkalmas nevezetes, gyakorlatban is előforduló görbék kezelésére (például szárnyprofil). A 2. fejezet eredményei az 1. téziscsoportban kerülnek összegzésre az összefoglalóban. A 2. fejezethez kötődően, a kiinduló trigonometrikus függvények bázisával kapcsolatban felmerülhetnek-e hatékonysággal kapcsolatos problémák? Például, a fokszámnövelésre vonatkozó konvergenciaeredményben (2.8. tétel) a konvergenciasebességet milyen mértékben befolyásolhatja a n volumene, találkozhatunk-e számítási nehézségekkel ha ez túl nagy, szükség lehet-e numerikus módszerekre? Hasonlóan, az eredeti bázisfüggvények helyett, más polinom-alapú bázisoknak lehet-e létjogosultsága, illetve lehet-e értelme (például hatékonysági szempontból) a bázisfüggvények approximálásának, illetve ennek milyen hatása lehet az elméleti eredményekre?

A harmadik fejezet a racionális B-szplájn (NURBS) görbék alakjának módosításával foglalkozik azok súlyainak, csomóértékeinek és fokszámának változtatásával. A fő cél a változtatások alakzatra gyakorolt hatásának vizsgálata, illetve kapcsolódó eljárások kidolgozása elsősorban azzal a céllal, hogy bizonyos jótékony geometriai elvárások teljesüljenek. A fejezet eredményeképpen megmutatásra kerül, hogy a zárt NURBS görbék rendjének növelésével kapott görbesorozat a kontrollpontok súlyozott

számtani közepéhez tart. A fejezet módszeresen tárgyalja továbbá a súlyok és csomóértékek módosításával elérhető alakzatváltozásokat. Harmadfokú B-szplájn görbék esetére konkrét példákat is látunk bizonyos geometriai elvárások teljesítésére a csomóértékek módosításával, így például arra, hogy a módosított görbe adott ponton menjen át, adott egyenest érintsen, vagy egy pontja adott helyre kerüljön. A 3. fejezet eredményei a 2. téziscsoportban kerülnek összegzésre az összefoglalóban. A 3. fejezethez kötődően merültek fel bennem a lehetséges 3D-s kiterjesztések, mely területtel kapcsolatos kérdéseimet az egész dolgozatra nézve fogalmazom meg. A 3D-s tervezésnél milyen további szempontok vannak, amiket figyelembe kell venni és ez várhatóan milyen módon befolyásolná az elméleti eredményeket? Például, milyen elem hova menjen át, milyen további szingularitások lehetségesek (4. fejezet)?

A dolgozat negyedik fejezete a görbék szingularitásának vizsgálatával foglalkozik, beleértve azok csúcs- és önmetszését, valamint eltűnő görbületű és torziójú pontjait. Nevezetesen, egy új módszer kerül bevezetésre kontrollpontok és bázisfüggvények kombinációjával adott globálisan változtatható görbék alaktani módosításával kapcsolatban. Az eljárás lényege, hogy egy tetszőlegesen kiválasztott kontrollpont helyzetét úgy tudjuk mozgatni, hogy közben a szingularitások egzakt módon ellenőrizhetők. A módszer képes a görbék globális konvexitását is figyelni. Apróbb észrevétel, hogy a 4.1, 4.2, 4.3. tételeknél a bizonyítás a tétel előtt van, ami az első olvasatra szokatlan. Kissé félrevezetőnek érzem továbbá a 4.8. szakasz „Alkalmazás" címét, mert az olvasó a bemutatottnál jóval gyakorlatiasabb leírást várhat. A 4.8.1. szakasz végén szerepel továbbá egy mondat arról, hogy [71]-ben hasonló eredményekre jutottak más úton; ha ez már említésre került, akkor hasznos lett volna részletezni az előnyöket/hátrányokat ezzel a megközelítéssel szemben. A 4. fejezet eredményei a 3. téziscsoportban kerülnek összegzésre az összefoglalóban. A 4. fejezethez kötődően felmerülhet, hogy a tárgyalt (természetes és precízen megfogható) esetek mellett vizsgálhatók lennének-e más jellegű, alaktani szempontból gyakorlatban vélhetőleg hasznos egyéb szingularitások? Például, elnyúltságra, túl kis/nagy görbületre/torzióra vonatkozó elvárások/elkerülési kényszerek. Speciálisan, milyen feltételek mellett milyen energiafüggvények lehetnek alkalmasak, például az ívhossz+görbület alapú görbementi integrálokon alapuló energiafüggvények mintájára?

A dolgozat ötödik fejezete egy rövid, de nagyon hasznos összefoglalást tartalmaz, illetve itt kerülnek megfogalmazásra az egyes tézispontok is a három korábbi fejezethez kötődően. Apró kritikai észrevétel, hogy az 5.2. szakaszban talán célszerűbb lett volna mellőzni a kontrollpontok említését a felsorolásból, lévén azok módosításával az értekezés érdemben nem foglalkozik. Nehézséget jelentett továbbá számomra az értekezésben megfogalmazott tézispontok tézisfüzetben való eredményekkel való beazonosítása, mivel ezek szerkesztése más logikát követett; az olvasó számára szerencsésebb lett volna az explicit beazonosítás.

Az értekezés motivációjával és eredményeinek hasznosíthatóságával kapcsolatban a következő kritikai észrevételeim vannak:

- A dolgozat motivációját tekintve többször hivatkozik gyakorlati területekre (gépjármű fényszórója, szárnymodell, grafikus tervezőszoftverek, stb.), ahol a vizsgált tulajdonságok teljesülése elvárás, adott típusú görbék gyakran megjelennek. Miközben az eredmények az elvárt felhasználói igényeknek (például hullámzáscsökkentés, konvex burokban maradás) való megfelelése szépen tárgyalt, számomra a dolgozat legnagyobb hiányossága, hogy teljes mértékben mellőzi az eredmények konkrét gyakorlati beépülését, illetve annak várható (konkrét) módját. Magam részéről ennek talán a leginkább meggyőző módja egy valós közeli tervezési feladatban, valós felhasználói felületen való prezentáció lenne, illetve értelemszerűen annak citálása.
- A gyakorlati felhasználás bemutatásához képest lényegesen kevésbé éreztem az elméleti felhasználhatóság szempontjából való bemutatást hiányosnak, viszont itt is nagyon örülnék egy

összefoglalónak arról, hogy elméleti szempontból a bemutatott eredmények milyen kiaknázása/továbbfejlesztése prognosztizálható leginkább? A dolgozat szerkezetét tekintve pontosan az elmélet/gyakorlati motiváció/alkalmazhatóság bemutatásához nagyon hasznos lett volna egy rövid fejezet a 4. fejezet után, ami szépen lekerekítette volna az egyébként kiváló eredmények bemutatását, és a laikusabb olvasó számára is hangsúlyosan, olvasmányosan, egy helyen foglalta volna össze ezeket az információkat. Nagy örömmel fogadnám, ha a vitán részletesebb ízelítőt kapnánk erről.

Kritikai észrevételeim ellenére az értekezést összességében kiváló munkának tartom, az eredmények mind elméleti, mind gyakorlati szempontból hasznosíthatónak ígérkeznek. Eredményeit a szerző minden esetben elméleti eszközökkel meggyőzően bizonyította és a szakterület nívós fórumain publikálta. Az eredmények elsősorban grafikus tervezői felületekben hasznosulhatnak például a modellekkel leírható görbéket/felületeket tekintő gyártási feladatokban. A dolgozat alapvetően jól szerkesztett, jó stílusban íródott, minimális számú gépelési/szerkesztési hibával találkoztam. A téziscsoportok minden pontját elfogadom, viszont nagyon szívesen láttam volna több részletet a konkrét hasznosíthatósággal kapcsolatban.

A dolgozat eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, a nyilvános védés kitűzését és a fokozat odaítélését támogatom.

Debrecen, 2017. március 30.

Dr. Hajdu András
tszv. egyetemi docens