

A TANTÁRGY ADATLAPJA

1. A képzési program adatai

1.1 Felsőoktatási intézmény	Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár
1.2 Kar	Matematika és Informatika
1.3 Intézet	Magyar Matematika és Informatika Intézet
1.4 Szakterület	Számítógépek és információ-technológia
1.5 Képzési szint	Alapképzés
1.6 Szak/Képesítés	Információmérnöki (magyar nyelven)

2. A tantárgy adatai

2.1 A tantárgy neve	Számítógépi grafika (Grafică pe calculator)						
A tantárgy kódja	MLM5060						
2.2 Az előadásért felelős tanár	RÓTH Ágoston-István, egyetemi docens						
2.3 A szemináriumért felelős tanár neve	RÓTH Ágoston-István, egyetemi docens						
2.4 Tanulmányi év	2	2.5 Félév	4	2.6 Értékelés módja	kollokvium (laborfeladatok, projekt és írásbeli vizsga)	2.7 Tantárgy típusa	kötelező szaktárgy

3. Teljes becsült idő (az oktatási tevékenység féléves óraszámja)

3.1 Heti óraszám	5	melyből: 3.2 előadás	2	3.3 szeminárium/labor	1/2
3.4 Tantervben szereplő össz-óraszám	70	melyből: 3.5 előadás	28	3.6 szeminárium/labor	14/28
A tanulmányi idő elosztása:					óra
A tankönyv, a jegyzet, a szakirodalom, vagy saját jegyzetek tanulmányozása					18
Könyvtárban, elektronikus adatbázisokban, vagy terepen való további tájékozódás					8
Szemináriumok/laborok, házi feladatok, portfóliók, referátumok, esszék kidolgozása					18
Egyéni készségfejlesztés (tutorálás)					8
Vizsgák					3
Más tevékenységek:					0
3.7 Egyéni munka össz-óraszámja					55
3.8 A félév össz-óraszámja					125
3.9 Kreditszám					5

4. Előfeltételek (ha vannak)

4.1 Tantervi	<ul style="list-style-type: none"> Nincsen
4.2 Kompetenciabeli	Alapkompetenciák az alábbi tárgyakból: <ul style="list-style-type: none"> analitikus mértan; görbék és felületek differenciálgeometriája; numerikus analízis; fejlett C++ objektumorientált programozási technikák.

5. Feltételek (ha vannak)

5.1 Az előadás lebonyolításának feltételei	<ul style="list-style-type: none"> Táblával és videoprojektorral felszerelt előadó.
5.2 A szeminárium/labor lebonyolításának feltételei	<ul style="list-style-type: none"> Fehér táblával és videoprojektorral felszerelt számítógépes terem, melyben a gépek diszkrét/dedikált videokártyája legalább OpenGL

	3.0-val kompatibilis, illetve a fellepített programok között megtalálható a platform-független Qt Creator SDK és fejlesztői környezet.
--	--

6. Elsajátítandó jellemző kompetenciák

Szakmai kompetenciák	<p>C4. Az informatika és a formális modellek elméleti alapjainak felhasználása</p> <p>C4.1. Az informatika alapfogalmainak és alapelveinek, valamint a matematikai elméletek és modellek meghatározása</p> <p>C4.2. Matematikai és számítógépes (formális) modellek értelmezése</p> <p>C4.3. Valós feladatok megoldásához megfelelő modellek és módszerek meghatározása</p> <p>C4.4. A szimuláció alkalmazása az elkészített modellek viselkedésének tanulmányozására és teljesítményük kiértékelésére</p> <p>C4.5. Különböző területekről származó formális modellek beépítése specifikus alkalmazásokba</p>
Transzverzális kompetenciák	<p>CT1. A szervezett és hatékony munka szabályainak, a didaktikai-tudományos területhez való felelősségteljes hozzáállás alkalmazása a saját potenciál kreatív értékesítéséhez, a szakmai etika alapelveinek és normáinak tiszteletben tartásával</p> <p>CT3. Hatékony módszerek és technikák használata tanulásra, információszerzésre, kutatásra és a tudásszerzési kapacitások fejlesztésére, egy dinamikus társadalom igényeinek való megfelelésre, román és egy nemzetközi nyelven történő kommunikációra</p>

7. A tantárgy célkitűzései (az elsajátítandó jellemző kompetenciák alapján)

7.1 A tantárgy általános célkitűzése	<ul style="list-style-type: none"> • Modellezési, feladatmegoldói, matematikai szövegértési készségek, továbbá hatékony megjelenítési technikák és fejlett programozási jártasságok fejlesztése OpenGL, QtCreator és C++ alapú platform független környezetben a sík és térmodellezés alapjainak elsajátításával.
7.2 A tantárgy sajátos célkitűzései	<ul style="list-style-type: none"> • OpenGL renderelési technikák elsajátítása. • Lagrange, Hermite és Ferguson interpolációs, valamint (racionális) Bézier, B-spline és ciklikus approximációs görbék/felületek ismertetése, ezek egységes ős- és absztrakt osztály alapú implementálása, valamint interaktív megjelenítése. • Olyan hatékony és C++ alapú (ős/sablon/absztrakt) osztályok kialakítása, melyeket később a hallgatók egyrészt kutatáshoz (feltéve, ha az egyetemünkön maradnak), másrészt mobiliparra és játékfejlesztésre építő cégeknél elhelyezkedve is könnyen felhasználhatnak.

8. A tantárgy tartalma

8.1 Előadás	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
1. Bevezetés görbe- és felületmodellezésbe	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[2]–[6], [8]–[18]
2. Bézier-görbék és felületek modellezése (I) <ul style="list-style-type: none"> • P.E. Bézier és P.F. de Casteljau munkássága; 	Interaktív programokra,	[2]–[5], [17]

<ul style="list-style-type: none"> • Bézier-görbék rekurzív értelmezése (de Casteljau–algoritmus); • Bézier-görbék Bernstein-polinomos leírása és kapcsolata a rekurzív értelmezéssel; • Bézier-görbék geometriai tulajdonságai; • Bézier-görbék adott simaság szerinti illesztése. 	projektorra, és táblára épülő előadás	
3. Bézier-görbék és felületek modellezése (II) <ul style="list-style-type: none"> • de Casteljau–algoritmus pontjainak geometriai jelentése; • Bézier-görbék felosztása; • hullámzás- és hosszcsökkentés, konvexitás megőrzés; • hatékony algoritmusok Bézier-görbék kiértékelésére; • fokszámnövelés; • interpolálás Bézier-görbékkel. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[2]–[5], [17]
4. Bézier-görbék és felületek modellezése (III) <ul style="list-style-type: none"> • Bézier-felületek tenzor szorzatos alakja; • Bézier-felületek geometriai tulajdonságai; • Bézier-felületek fokszámnövelése; • Bézier-felületek adott simaság szerinti illesztése; • Bézier-felületek mátrixalakja; • interpoláló Bézier-felületek. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[2]–[5], [17]
5. Bézier-görbék és felületek modellezése (IV) <ul style="list-style-type: none"> • Bézier-görbék és felületek racionális alakja és tulajdonságaik. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[2]–[5], [17]
6. B-spline-görbék és felületek modellezése (I) <ul style="list-style-type: none"> • Isaac Jacob Schoenberg, Carl de Boor, L. Mansfield, M. Cox, R. Riesenfeld, W. Gordon, W. Böhm munkásságának rövid ismertetése; • normalizált B-spline bázisfüggvények értelmezése és tulajdonságaik; • B-spline görbék értelmezése, lokális változtathatóságuk, és végpontbeli interpolációs feltételeik és tulajdonságaik. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[2]–[6], [12], [17]
7. B-spline-görbék és felületek modellezése (II) <ul style="list-style-type: none"> • B-spline görbék lokális konvex burok tulajdonsága; • Cox–de Boor felosztásos algoritmus; • hodográf és magasabb rendű deriváltak; • folytonosság tanulmányozása. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[2]–[6], [12], [17]
8. B-spline-görbék és felületek modellezése (III) <ul style="list-style-type: none"> • Böhm csomóérték beszűrési algoritmusa; • hullámzáscsökkentés; • B-spline felületek értelmezése és tulajdonságaik. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[2]–[6], [12], [17]
9. B-spline-görbék és felületek modellezése (IV) <ul style="list-style-type: none"> • B-spline görbék és felületek racionális változatai és tulajdonságaik. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[2]–[6], [12], [17]

10. Zárt görbék és felületek modellezése ciklikus bázisfüggvényekkel a véges fokszámú trigonometrikus polinomok terében	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[8]–[10]
11. Csúcspont- és részecskeárnyalók/shaderek (I) <ul style="list-style-type: none"> • rögzített és programozható grafikus csővezeték ismertetése; • rögzített funkcionalitások helyettesítése; • csúcspont és részecske processzor; • OpenGL beállítások és bevezetés a GLSL árnyalási programozási nyelvbe; • GLSL implementációs technikák és példák. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[1], [7], [19]
12. Csúcspont- és részecskeárnyalók/shaderek (II) <ul style="list-style-type: none"> • a GLSL nyelv részletesebb ismertetése: adattípusok, struktúrák és változók, feltételes utasítások, ciklusok és függvények; • kommunikáció csúcspont és részecske árnyalók között; • kommunikáció árnyalók és főprogram között. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[1], [7], [19]
13. Csúcspont- és részecskeárnyalók/shaderek (III) <ul style="list-style-type: none"> • effektek implementálása: irányított, pontszerű és reflektor típusú fényforrás; kétoldali megvilágítás az összes létező fényforrás figyelembevételével; adaptív élsimítás; futás közbeni textúra generálás; rajzfilm effektus, buckaleképzés. 	Interaktív programokra, projektorra, és táblára épülő előadás	[1], [7], [19]
14. Kollokvium (írásbeli vizsga)		
Könyvészet <p>[1] Jasmin Blanchette, Mark Summer. <i>C++ GUI Programming with Qt 4</i>, Trolltech Press, 2006.</p> <p>[2] Gerald Farin: <i>Curves and surfaces for CAGD, fifth edition: a practical guide</i>, The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics, 2001.</p> <p>[3] Gerald Farin: <i>NURBS: from projective geometry to practical use</i>, 2nd edition, A K Peters/CRC Press, 1999.</p> <p>[4] Joseph Hoschek, Dieter Lasser: <i>Fundamentals of Computer Aided Geometric Design</i>, A K Peters/CRC Press, 1996.</p> <p>[5] Imre Juhász: <i>Számítógépi geometria és grafika</i>, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1995.</p> <p>[6] Les A. Piegl, Wayne Tiller: <i>The NURBS Book (Monographs in Visual Communication)</i>, 2nd edition, Springer, 1999.</p> <p>[7] Randi J. Rost, Bill M. Licea-Kane, Dan Ginsburg, John M. Kessenich, Barthold Lichtenbelt, Hugh Malan, Mike Weiblen: <i>OpenGL Shading Language</i>, 3rd ed., Addison-Wesley Professional, 2009.</p> <p>[8] Ágoston Róth, Imre Juhász, Josef Schicho, Miklós Hoffman: <i>A cyclic basis for closed curve and surface modeling</i>, Computer Aided Geometric Design, 26(5):528–546, 2009.</p> <p>[9] Ágoston Róth, Imre Juhász: <i>Control point based exact description of a class of closed curves and surfaces</i>, Computer Aided Geometric Design, 27(2):179–201, 2010.</p> <p>[10] Imre Juhász, Ágoston Róth, 2010. <i>Closed rational trigonometric curves and surfaces</i>, Journal of Computational and Applied Mathematics, 234(8):2390–2404.</p> <p>[11] Ágoston Róth, Imre Juhász, 2011. <i>Constrained surface interpolation by means of a genetic algorithm</i>, Computer-Aided Design, 43(9):1194–1210.</p> <p>[12] Imre Juhász, Ágoston Róth, 2013. <i>A class of generalized B-spline curves</i>, Computer Aided Geometric Design, 30(1):85–115.</p> <p>[13] Imre Juhász, Ágoston Róth, 2014. <i>A scheme for interpolation with trigonometric spline curves</i>, Journal of Computational and Applied Mathematics, 263(C):246–261.</p>		

- [14] Ágoston **Róth**, 2015. *Control point based exact description of trigonometric/hyperbolic curves, surfaces and volumes*, Journal of Computational and Applied Mathematics, 290(C):74–91.
- [15] Ágoston **Róth**, 2015. *Control point based exact description of curves and surfaces in extended Chebyshev spaces*, Computer Aided Geometric Design, 40:40–58.
- [16] Imre Juhász, Ágoston **Róth**, 2019. *Adjusting the energies of curves defined by control points*, Computer-Aided Design, 107:77–88.
- [17] Ágoston **Róth**, 2019. *Algorithm 992: An OpenGL- and C++-based function library for curve and surface modeling in a large class of extended Chebyshev spaces*, ACM Transactions on Mathematical Software, Vol. 45, No. 1, Article 13.
- [18] Ágoston **Róth**: <https://sites.google.com/site/agostonroth/computer-aided-geometric-design/computer-graphics-bsc-computer-science-groups>
- [19] Dave Shreiner, Mason Woo, Jackie Neider, Tom Davis: *OpenGL Programming Guide*, 5th ed., *The Official Guide to Learning OpenGL*, Version 2, Addison-Wesley, 2006.

8.2 Szeminárium /Labor	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
1. OpenGL rajzoló primitívek	Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	[1], [7], [18], [19]
2. OpenGL megjelenítési technikák	Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	[1], [7], [18], [19]
3. Adatszerkezetek: Descartes-koordináták (DCoordinate3), mátrixsablonok (Matrix<T>), négyzetes mátrixok (RealSquareMatrix: public Matrix<GLdouble>), általános görbeosztály (GenericCurve3). Numerikus módszerek: <i>LU</i> -felbontás, lineáris egyenletrendszerek numerikus megoldása.	Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	[1], [7], [18], [19]
4. Adatszerkezetek: hagyományos paraméteres alakban adott görbék (ParametricCurve3), továbbá kontrollpontok és tetszőleges bázisfüggvények lineáris kombinációjával leírt görbék implementálása és megjelenítése (LinearCombination3). Sajátos alkalmazások: Bézier- és ciklikus görbék modellezése (BezierCurve3: public LinearCombination3 , illetve CyclicCurve3: public LinearCombination3), stb.	Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	[1], [2], [7], [8]–[10], [18], [19]
5. Projektfeladatok ismertetése és kiosztása Kivételkezelést, homogén és textúra koordinátákat, háromszögesített oldallapokat és hálókat, színeket, különböző típusú fényforrásokat és anyagi jellemzőket részlegesen implementáló forrásállományok ismertetése és befejezendő feladatként való kitűzése.	Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	[1], [7], [18], [19]

<p>Adatszerkezetek: Exception, HCoordinate3, TCoordinate4, TriangulatedMesh3, Color4, DirectionalLight, PointLight: public DirectionalLight, Spotlight: public PointLight, Material.</p> <p>Alkalmazás: háromdimenziós modellállományok feldolgozása és megjelenítése.</p>		
<p>6. Adatszerkezetek: hagyományos paraméteres alakban adott felületek (ParametricSurface3), továbbá általános tenzorszorzatként leírt felületek kiértékelésére és megjelenítésére tervezett absztrakt őosztály ismertetése (TensorProductSurface3).</p> <p>Alkalmazás: egyéni projekthez tartozó felületi foltok megjelenítése, azok interaktív illesztése és interpolációra való használata. Projektrel kapcsolatos adatszerkezetek ismertetése/elkezdése:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Some{Arc Patch}3: public {LinearCombination3 TensorProductSurface3}, • SomeComposite{ Curve Surface}3, <p>ahol Some ∈ {Bezier, Hermite, BSpline, Quartic, SecondOrderTrigonometric, SecondOrderHyperbolic, FirstOrderAlgebraicTrigonometric, FirstOrderAlgebraicHyperbolic, SecondOrderAlgebraicTrigonometric, SecondOrderAlgebraicHyperbolic}.</p>	<p>Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése</p>	<p>[1], [2], [7], [14], [18], [19]</p>
<p>7. Kitűzött projektek és laborfeladatok folytatása</p>	<p>Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése</p>	<p>[1], [7], [18], [19]</p>
<p>8. Kitűzött projektek és laborfeladatok folytatása</p>	<p>Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése</p>	<p>[1], [7], [18], [19]</p>
<p>9. Kitűzött projektek és laborfeladatok folytatása</p>	<p>Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése</p>	<p>[1], [7], [18], [19]</p>
<p>10. Kitűzött projektek és laborfeladatok folytatása</p>	<p>Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF</p>	<p>[1], [7], [18], [19]</p>

	állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	
11. Csúcspont- és részecskeárnyalók implementálása és tesztelése (I) Adatszerkezet: ShaderProgram . Kitűzött projektek és laborfeladatok folytatása.	Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	[1], [7], [18], [19]
12. Csúcspont- és részecskeárnyalók implementálása és tesztelése (II) Adatszerkezet: ShaderProgram . Kitűzött projektek és laborfeladatok folytatása.	Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	[1], [7], [18], [19]
13. Csúcspont- és részecskeárnyalók implementálása és tesztelése (III) Adatszerkezet: ShaderProgram . Kitűzött projektek és laborfeladatok folytatása.	Fehér tábla és projektor használata, laborórán nyomon követhető interaktív PDF állományok bemutatása és elmagyarázása, befejezendő fejléc és forrásállományok házi feladatként való kitűzése	[1], [7], [18], [19]
14. Kollokvium (projektek bemutatása)	Projektek ellenőrzése, diákokkal való tudományos beszélgetés	
<p>Könyvészet: ugyanaz, mint az előadások esetén, a befejezendő laborfeladatokhoz tartozó fejléc és forrásállományok, továbbá az előadások elméleti anyaga a https://sites.google.com/site/agostonroth/computer-aided-geometric-design/computer-graphics-bsc-computer-science-groups weboldalon érhetőek majd el.</p>		

9. A tantárgy tartalmának összhangba hozása az episztemikus közösségek képviselői, a szakmai egyesületek és a szakterület reprezentatív munkáltatói elvárásaival.

- A tantárgy tartalma hasonló a fontosabb hazai és külföldi egyetemeken oktatott, számítógépi grafikába és geometriai modellezésbe vezető tárgyak hagyományos tartalmához és elvárásaihoz, mi több a tantárgy elméleti és laboranyaga sokszor túl is mutat ezen egyetemek elvárásain, megteremtve egyrészt egy esetleges mesteri, később pedig a doktori képzés alapjait, másrészt olyan fejlett programozási és interaktív modellezési technikákat is biztosít, mely számos ilyen témában érdekelt hazai és külföldi cég igényeinek is megfelel.

10. Értékelés

Tevékenység típusa	10.1 Értékelési kritériumok	10.2 Értékelési módszerek	10.3 Aránya a végső jegyben
10.4 Előadás	Alapfogalmak, alaptételek és alap geometriai, modellezési fogalmak pontos ismerete és helyes használata.	Félév végi írásbeli vizsga elméleti jellegű feladatokból. Az írásbelire a beugrót egy átmenőnek minősített labortevékenység jelenti (vagyis minden házi feladatként kitűzött laborfeladat megoldása kötelezően helyesen kell legyen, továbbá a projekt is átmenő minősítésű kell legyen).	40%
10.5 Szeminárium/Labor	Laborfeladatok helyessége, egyéni projekt fokozatos fejlesztése és legalább átmenő szintű befejezése	Hétről hétre helyesen implementált és személyesen bemutatott, határidőre kitűzött laborfeladatok ellenőrzése. Helyesen implementált egyéni projekt félévvégi személyes bemutatása. Másolt program(ok), projekt(ek) bemutatása az írásbeli vizsgáról való kizárással jár.	60%
10.6 A teljesítmény minimumkövetelményei			
<ul style="list-style-type: none">• Összes kitűzött laborfeladat határidőre való helyes megoldása. Ezek a minimális félévközi tevékenységet képezik, meglétük nélkül nem lehet részt venni az írásbeli vizsgán és projektbemutatáson sem a normál vizsgaperiódusban, sem a pótvizsgák során.• Legalább 5-ös minősítésű projekt megírása. Az ezzel kapcsolatos minimális követelmények a https://drive.google.com/uc?export=download&id=1x6fpCEhszfNxOsk-nSyn8gW6NNw0xj6w linken adott PDF állomány <i>Minimal requirements</i> című szakasza alatt találhatóak meg (lásd a 23. oldalt).• Legalább 5-ös minősítés elérése az írásbeli vizsgán.			

Kitöltés dátuma

2022. június 2.

Az előadás felelőse

dr. RÓTH Ágoston-István,
egyetemi docens



Szeminárium felelőse

dr. RÓTH Ágoston-István,
egyetemi docens



Az intézeti jóváhagyás dátuma

2022. június 2.

Intézetigazgató,

dr. ANDRÁS Szilárd-Károly, egyetemi docens