



Programul de master Grafică, Multimedia și Realitate Virtuală

Descrierea disciplinelor din planul de învățământ

Tehnici de programare pentru grafică de înaltă performanță

Cursul prezintă metode de redare a scenelor grafice 3D complexe, folosind tehnici de programare avansate pentru GPU. În cadrul cursului și a orelor de laborator sunt studiate metode de optimizare a operațiilor din banda grafică și simulare a efectelor naturale. Principalele tehnologii actuale folosite pentru dezvoltarea de aplicații grafice complexe și performante sunt descrise în cadrul cursului și utilizate în implementarea temelor de laborator: OpenGL, GLSL/Cg, OpenCL. Cursul tratează metode de redare a luminii, aplicarea texturilor (inclusiv environment mapping și bump mapping), redarea umbrelor, adăugarea ceții, sisteme de particule, teselare. Algoritmii predați la curs sunt implementați în cadrul temelor de laborator.

Sisteme avansate de analiză și prelucrare a imaginilor

După cursul introductiv de prezentare a principalelor formate de fișiere pentru imagini și a structurilor de date pentru analiza imaginilor sunt abordate o serie de aspecte legate de eșantionarea semnalelor și transformări (Fourier, Walsh, Hadamard, cosinus, Haar, wavelet-uri, etc.). În cadrul capitolului de îmbunătățire a imaginilor sunt studiate măriri statistice, extinderea contrastului, tehnici de modificare a histogramei, mărirea clarității imaginilor. Sunt abordate pentru filtrarea imaginilor atât metode în domeniul frecvență cât și în domeniul spațial. Pentru restaurarea imaginilor sunt discutate modele de zgomot, iar în continuare soluții prin filtrare spațială și prin filtrare în domeniul frecvență. Un capitol important al cursului este reprezentat de operații asupra imaginilor: operații matematice, operații bazate pe convoluție, operații bazate pe derivate, operații morfologice, inclusiv algoritmi morfologici de bază (extragerea granitelor, umplerea regiunilor, extragerea componentelor conectate, învelitoare convexă, subțiere, îngrosare, schelet, rețezare) și operații morfologice asupra imaginilor cu niveluri de gri (dilatare, erodare, deschidere, închidere, netezire morfologică, gradient morfologic, transformarea "top-hat", segmentare texturală, granulometrie). Capitolul de segmentare abordează tehnica de prag,



detectarea de contur pe baza operatorilor Laplace , Roberts, Prewitt , Sobel, Canny , Hough, inclusiv segmentarea bazata pe regiuni. Ultimul capitol se refera la sisteme numerice pentru prelucrari de imagini (procesoare de masive, sisteme sistolice, sisteme in banda de asamblare, sisteme MIMD cu memorie distribuita si cu memorie partajata, sisteme de prelucrare a imaginilor cuplate la PC).

Tehnici de Modelare 3D

Cea mai mare parte a modelelor utilizate in aplicatiile 3D (mesh-uri, terenuri, animatii, texturi etc.) este creata manual, cu ajutorul unor tehnici si unelte software si uneori chiar hardware dedicate. Intelegerea acestora si capacitatea de utilizare a lor cel putin la un nivel de baza este importanta pentru orice dezvoltator de aplicatii 3D.

Acest curs are o natura practica ridicata. Scopul lui este intelegerea conceptelor si tehnicilor generale specifice modelarii nu doar la modul teoretic, ci prin aplicarea lor efectiva in cadrul unora din pachetele software cele mai utilizate in prezent in acest sens (Maya).

Un accent deosebit se pune pe formarea capacitatii de optimizare a modelelor create, in functie de scop: redarea lor la calitate extrem de ridicata sau redarea in timp real.

De asemenea se acorda atentie intelegerii aspectelor avand conexiuni cu partea artistica a modelarii, cum ar fi tehnici de marire a realismului modelelor si scenelor 3D.

Introducere in Realitatea Virtuala

Realitatea virtuala poate fi definita pe scurt ca un ansamblu de tehnologii si concepte ce permite interactiunea utilizatorului cu un mediu simulat cu ajutorul computerului, avand sau nu legatura directa cu realitatea.

In prezent, realitatea virtuala este un domeniu complex si in plina evolutie, cu o gama extrem de larga de aplicatii, de jocuri pana la aplicatii medicale, militare, educationale, industriale si stiintifice.

Cursul isi propune prezentarea principalelor concepte si tehnici utilizate in realitatea virtuala precum si identificarea tendintelor de evolutie si a numeroaselor categorii de aplicatii pentru acest domeniu de perspectiva.

O trasatura distincta a acestui curs, comparativ cu alte cursuri de acelasi nivel de realitate virtuala, este accentul pus pe aspectele conexe interdisciplinare (sociale, psihologice, medicale, economice, legislative, etc.) cat si pe intelegerea imersiunii din numeroase puncte de vedere. In acest fel se urmareste crearea unei capacitati de a intelege aspectele diverse care trebuie luate in calcul in momentul conceperii unui sistem de realitate virtuala.



Tehnici de vizualizare a datelor volumetrice si animatie pe calculator

Prima parte a cursului prezintă noțiunile teoretice, metodele (Marching Cubes, Ray-casting, s.a.) și tehnicile de implementare moderne pentru vizualizarea și reconstrucția volumelor reprezentate prin date volumetrice (de exemplu, seturi de imagini Computer Tomograph), cu aplicații importante în medicina, arheologie, geologie, biologie, mostenire culturală, vizualizarea datelor științifice și în alte domenii. Sunt prezentate metode de vizualizare și reconstrucție în timp real folosind programe “shader” executate de Unitatea de Prelucrare Grafică (GPU) și tehnici GPGPU.

În partea a 2-a a cursului sunt prezentate principalele metode de realizare a animației pe calculator, cu aplicații în domenii diverse, pornind de la reclamele publicitare și jocurile pe calculator, până la realizarea filmelor pentru marile ecrane: animația bazată pe deformarea imaginilor, animația corpurilor rigide, animația corpurilor deformabile, animația personajelor.

Ca aplicație la curs, studenții trebuie să realizeze un proiect cu caracter de cercetare pe una dintre temele tratate în cadrul cursului, care va include și dezvoltarea unei aplicații.

Sisteme si tehnici multimedia

Cursul conține patru părți importante: prelucrare audio, imagini, video și multimedia authoring. Pentru domeniul audio se discută reprezentarea datelor digitale, unde audio, PCM, rata de esanționare și aliasing, cuantizarea și eroarea de cuantizare, dithering audio, formarea zgomotului, cuantizare neliniară, analiza de frecvență, analiza statistică. Prelucrarea audio digitală abordează specificațiile MIDI, prelucrare dinamică, restaurare audio, software pentru prelucrare audio, filtre audio digitale, proiectarea filtrelor audio, compresie audio digitală. În cadrul prelucrării digitale a vorbirii sunt prezentate aspecte legate de reprezentarea fonetică a vorbirii, modele pentru producerea vorbirii, analiza de timp scurt a vorbirii, spectrograma vorbirii, analiza homomorfică a vorbirii. Partea a doua dedicată imaginilor se ocupă de reprezentarea și descrierea imaginilor (descriptori de granituri, descriptori de regiuni, descriptori relaționali). Pentru recunoașterea de forme sunt abordate metode teoretice de decizie (potrivire, clasificatori statistici optimi, rețele neurale) și metode structurale (potrivirea numerelor de formă, potrivirea de siruri, recunoașterea sintactică a sirurilor, recunoașterea sintactică a arborilor). Cursul face și o scurtă prezentare a steganografiei. În capitolul video digital se discută reprezentarea datelor video digitale, standarde video, rezoluția și lățimea de bandă video digitală, prelucrare video digitală și estimarea mișcării. Ultima parte se referă la multimedia authoring, realizând o scurtă prezentare Adobe Director și elemente de sintaxă Lingo.



Transmisia datelor multimedia in retele de calculatoare

Cursul introduce studenții în trei domenii: teoria informației, standarde multimedia și comunicație multimedia.

Primele părți se referă la compresia statistică (Shannon-Fano, Huffman, Arithmetical), bazată pe dicționare (LZ77, LZ78, LZW, Deflate) și contextuală (PPM, MTF, Burrows-Wheeler), folosite pentru a comprima date, fără pierderi; JPEG-Lossless, JBIG, JBIG2, Fax-Group, MRC pentru a comprima imagini fără pierderi; FLAC, Apple Lossless, MPEG-4 ALS, Monkey's Audio, TTA pentru a comprima date audio fără pierderi; compresii în domeniul DCT (JPEG, MPEG), wavelet (JPEG-2000) și fractal, pentru compresia cu pierderi a imaginilor și filmelor; și MDCT (MP3, WMA) pentru a comprima secvențe audio cu pierderi.

Ultima parte se ocupă cu post-procesările efectuate pentru a elimina artefactele de compresie (eliminarea zgomotului, undelor și blocurilor), cu analizarea fișierelor media pentru a recupera caracteristici reprezentative și depozitarea pe sisteme distribuite, indexarea, căutarea și transmiterea lor.

Cursul se folosește de trei metode de predare: prezentarea teoriei de către profesor; prezentări ale studenților la curs, bazate pe articole de cercetare de ultimă oră și dezvoltarea de către studenți a unui proiect, pornind de la teme propuse, proiecte în dezvoltare sau o nouă idee pe care pot să o propună chiar ei.

Instrumente Informatice pentru Antreprenoriat și Management Tehnologic

Cursul de “Instrumente Informatice pentru Antreprenoriat și Management Tehnologic” (IIATM) urmărește cultivarea cunoștințelor și abilităților studenților pentru a dezvolta un proiect tehnic în spirit antreprenorial, ca un start-up sau în alte forme de organizare. În prima parte, cursul clarifică diversitatea practicilor antreprenoriale din ziua de azi, familiarizează studenții cu viziunea unui produs, cu evaluarea stării actuale a dezvoltării tehnologice – inclusiv a limitărilor, evoluțiilor și a oportunităților pentru poziționarea unei noi soluții pentru o nevoie veche sau nouă. În a doua parte, studenții dezvoltă competențe privind înțelegerea și gestiunii motivațiilor proprii și a membrilor unei echipe, gestiunea timpului, elemente introductive de planificare financiară, inclusiv privind instrumentele informatice dedicate, coordonarea activităților în echipă – de asemenea cu referire la soluții informaționale actuale. În a treia parte a cursului studenții se orientează către prezentarea publică a unui produs, se familiarizează cu aspectele



conceptuale, etice și legale ale proprietății intelectuale, cu abordări și tehnici în branding, cercetarea de piață și marketing.

Cursul are o importantă dimensiune practică, implicând studenții în activități de laborator pentru toate subiectele discutate. Astfel, studenții urmăresc evoluția unui produs de la design până la prezentarea publică în diferite etape ale acestuia, explorând diferitele fațete ale unui astfel de proiect prin activități de grup și interactive, prin familiarizarea cu soluții informatice diverse de comunicare, design și gestiune a muncii în echipă, precum și prin prezentări publice ale unor idei sau proiecte. Studenții dobândesc astfel atât abilități tehnice de lucru cu instrumente informatice curente necesare proiectelor antreprenoriale, cât și abilități de comunicare directă, publică și de lucru în echipă.

Ca urmare a finalizării cursului, studenții vor putea evalua oportunitatea dezvoltării unui produs în contextul tehnologic actual, vor putea estima nevoile inițiale privind demararea unui proiect antreprenorial și vor stăpâni principalele concepte precum și soluții informatice eficiente pentru punerea în practică a unui astfel de proiect.

Dezvoltarea Aplicațiilor de Realitatea Virtuală

În prezent, realitatea virtuală este un domeniu complex și în plină evoluție, incluzând numeroase tehnologii și concepte și având o gamă largă de aplicații, de jocuri până la aplicații medicale, militare, educationale, industriale și științifice.

Acest curs construiește pe fundamentul oferit de cursul "Introducere în Realitatea Virtuală" și are un caracter practic accentuat, scopurile sale fiind: familiarizarea studenților cu o gamă largă de tehnologii utilizate în prezent în realitatea virtuală, de la arhitecturi software până la echipamente hardware dedicate; dezvoltarea capacității de concepție, luând în calcul aspecte interdisciplinare și analizând într-un mod complex imersiunea; dezvoltarea capacității de implementare a unui sistem de realitate virtuală.

În cadrul orelor de aplicație studenții vor lucra în echipe la concepția și implementarea unor proiecte de realitate virtuală de dimensiuni medii, punând în practică noțiunile acumulate în acest curs și la cursul introductiv anterior și utilizând echipamentele și programele disponibile în laborator (HMD, tracking, haptice, fotogrametrie, modelare, etc.).

Motoare de grafică 3D în timp real

Motoarele 3D au apărut și au evoluat ca urmare a dezvoltării industriei de jocuri, fiind de aceea adesea numite "Motoare de jocuri". Dezvoltarea unui motor 3D sau utilizarea unuia existent



adresează cunoștințe din multe ramuri ale științei calculatoarelor: crearea imaginilor grafice realiste de mare complexitate și redarea lor în timp real, metode de realizare a animației, simularea efectelor fizice (detectia coliziunilor, frecarea, gravitația, etc.), inteligența artificială (teoria jocurilor, rețele neurale, s.a.), comunicarea în rețele de calculatoare și, nu în ultimul rând, cunoștințe solide de programare și inginerie software.

Principalul obiectiv al cursului este de a introduce noțiunile teoretice și practice necesare dezvoltării de motoare 3D în timp real și utilizării lor pentru crearea de aplicații diverse bazate pe spații virtuale 3D interactive. Se pune accent pe arhitectura motoarelor 3D, funcționalitățile diverselor componente, aspecte ale implementării folosind procesoarele Unității de Prelucrare Grafică, comunicarea în rețea în jocurile “multiplayer” și “Massive Multiplayer Online Games”.

Dezvoltarea aplicațiilor grafice pentru dispozitive mobile

În ultimii ani dispozitivele mobile au devenit din ce în ce mai puternice pe măsură ce diversii producători hardware se află într-o competiție continuă pentru supremația pe piață. De asemenea, sistemul de operare Android cunoaște în prezent o creștere spectaculoasă în fiecare zi fiind activate milioane de dispozitive noi care îl utilizează. Astfel piața aplicațiilor pentru dispozitive mobile se află într-o continuă creștere și o parte importantă începe să fie reprezentată de aplicații și jocuri ce necesită o grafică realistă de mare complexitate. OpenGL ES (Embedded Systems) este un subset al API-ului grafic 3D OpenGL folosit pentru dispozitive mobile cum ar fi telefoanele inteligente și tabletele.

Principalul obiectiv al cursului este de a introduce noțiunile teoretice și practice necesare dezvoltării de aplicații grafice pentru dispozitivele mobile ce utilizează sistemul de operare Android și OpenGL ES. Se va pune accent pe arhitectura și modul în care sunt construite aplicațiile pentru sistemul de operare Android precum și pe prezentarea și utilizarea API-ului OpenGL ES pentru dezvoltarea aplicațiilor grafice 3D.

Analiza și extragerea automată a conținutului documentelor

Cursul îi familiarizează pe studenți cu sistemele de analiză a imaginilor document. Acestea transformă documentele din format tradițional, pe hârtie, în formă digitală, pentru a le depozita, multiplica, a le face mai accesibile și a da posibilitatea trimiterii conținutului spre aplicații precum text-mining și text to speech.

Studenții vor învăța despre importarea și preprocesarea documentelor (eliminarea zgomotului, îmbunătățirea contrastului, eliminarea înclinării, binarizare); analizarea layout-ului pentru a clasifica regiunile (literă, cuvânt, paragraf, titlu, subtitlu, imagine, spațiu alb, număr de pagină,



...); analizarea ierarhiei, pentru a aranja obiectele într-o ordine logică (titlul cărții, autor, prefață, capitol, cuprins, ...); OCR care face transpunerea din imagine raster în text digital; postprocesare pentru a corecta greșelile de scriere și gramaticale și exportarea într-un format stratificat precum PDF sau MRC.

Cursul se folosește de trei metode de predare: prezentarea teoriei de către profesor; prezentări ale studenților la curs, bazate pe articole de cercetare de ultimă oră și dezvoltarea de către studenți a unui proiect, pornind de la teme propuse de profesor sau studenți.

Cercetare științifică

Activitatea de cercetare în cadrul programului de masterat „Grafică, Multimedia și Realitate Virtuală” este axată pe deschiderea unui orizont de cercetare științifică și formarea deprinderilor pentru utilizarea practică adecvată a cunoștințelor teoretice studiate la disciplinele din planul de învățământ al programului. Se urmărește ca, pe baza acestei discipline, studenții să dobândească o serie de competențe specifice, astfel încât să fie capabili:

- Să aleagă și să definească funcționalitatea unei aplicații ținând cont de posibilitățile oferite de grafica pe calculator, multimedia și realitatea virtuală.
- Să utilizeze diversele standarde, tehnologii și biblioteci specifice domeniului.
- Să identifice, să aleagă și să aplice abordarea corectă pentru rezolvarea unui anumit tip de problemă.
- Să poată evalua comparativ avantajele și dezavantajele alegerii făcute.
- Să deprindă metode de cercetare științifică, aplicând corect regulile de etică în cercetarea științifică.
- Să întocmească un raport de cercetare.
- Să realizeze eficient experimente și prototipuri specifice.
- Să utilizeze tehnici specifice de testare ale aplicațiilor din domeniu.

Fiecare student va primi o temă de cercetare la care va lucra pe parcursul celor 4 semestre, finalizându-se prin proiectul de dizertație.

Exemple de teme de cercetare:

- Campus UPB virtual 3D. Implementarea unor funcționalități de prezentare, orientare, căutare, redare în spațiul virtual a evenimentelor din spațiul real, etc.
- Spațiu virtual 3D multiplayer extensibil.
- Aplicație de orientare în campusul UPB, cu elemente de realitate augmentată, pentru dispozitive mobile.
- Sistem de realitate virtuală dedicat tratamentului prin imersiune controlată a diverse fobii



- Motoare de grafică 3D în timp real folosind GPGPU.
- Simulări 3D fotorealiste folosind GPGPU.
- Modelarea și redarea realistă a personajelor: modelarea mișcărilor, a expresiei feței, a hainelor și părului.
- Redarea emoțiilor unui avatar simulând emoțiile personajului real.
- Analiza și propunerea unor modele de interacțiune între personaje virtuale și mediul înconjurător, în contextul redării unei scene reale cu număr mare de personaje.
- Tehnici avansate de vizualizare, prelucrare și analiză în imagistica medicală: vizualizarea/ și modelarea tri-dimensională a obiectelor extrase din volume de date CT sau MRI, extragerea de forme din imagini în scopul diagnosticării sau asistării în actul medical, adnotarea semantică a imaginilor de către medici specialiști, cu informații vizuale și informații despre pacient, regăsirea imaginilor prin tehnici de image mining, și altele.
- Analiza structurală a imaginii document pentru extragerea conținutului.
- Procesare de imagini bazată pe Wavelet pentru conversia documentelor.