

PROGRAMUL DE MASTERAT

GRAFICĂ, MULTIMEDIA ȘI REALITATE VIRTUALĂ

Descrierea disciplinelor din planul de învățământ

Programarea jocurilor video

Jocurile reprezintă un segment important din domeniul graficii pe calculator, multe dintre tehnicile avansate de redare grafică, fizică, efecte speciale, prelucrare de imagine sau chiar și dintre dispozitivele digitale actuale fiind dezvoltate în cadrul acestei industrii a jocurilor.

Cursul își propune în primul rând analiza particularităților programării de jocuri video pe platforme diverse și însușirea de noțiuni de bază cât și elemente avansate de programare în acest domeniu. Cursul începe prin analiza unor biblioteci și motoare grafice folosite în dezvoltarea de jocuri cât și modalitățile de integrare și folosire a platformelor de execuție și a dispozitivelor de interacțiune. În continuare se studiază particularitățile de dezvoltare a diverse tipuri de jocuri și moduri de abordare în programarea acestora, atât în ceea ce privește elementele scenei virtuale cât și a interfeței utilizator.

Ca elemente de programare de bază în jocuri, se vor discuta elemente de control al personajelor, animație și interacțiuni, algoritmi de coliziune, iluminarea scenei și programarea de efecte sonore și vizuale.

Elemente avansate ce se vor studia includ noțiuni de inteligență artificială și navigație, programarea de jocuri multiplayer, noțiuni de realitate virtuală și augmentată în jocuri și particularitățile dezvoltării de jocuri pe dispozitive mobile.

Modelare 3D

Cea mai mare parte a modelelor utilizate în aplicațiile 3D și mai ales jocuri (mesh-uri, terenuri, animații, texturi etc.) este creată manual, folosind tehnici și unelte software sau chiar hardware dedicate. Înțelegerea acestora și capacitatea de utilizare a lor, cel puțin la un nivel de bază, este utilă pentru orice dezvoltator de aplicații 3D.

Acest curs are o natură practică ridicată. Scopul lui este înțelegerea conceptelor și tehnicilor generale specifice modelării nu doar la modul teoretic, ci prin aplicarea lor efectivă în cadrul unora din pachetele software cele mai utilizate în prezent (Maya, 3DS Max).

Un accent deosebit se pune pe optimizarea modelelor, în funcție de scop: redarea la calitate extrem de ridicată sau redarea în timp real.

Acordăm mare atenție și înțelegerii aspectelor având conexiuni cu partea artistică a modelării, cum ar fi tehnici de mărire a realismului și înțelegerea percepției modelelor și scenelor 3D.

Introducere în realitatea virtuală și augmentată

Realitatea virtuală (RV) este un ansamblu de tehnologii și concepte ce permite interacțiunea utilizatorilor cu un mediu simulat, generat de către computer – ce poate avea sau nu legătură directă cu realitatea.

Realitatea augmentată (RA) reprezintă percepția unui mediu real peste elementele cărui se suprapun elemente virtuale, generate de către calculator. Din punctul de vedere al utilizatorului, această suprapunere îmbogățește, augmentează mediul real prin informație și interacțiune. Percepția poate fi directă (e.g. proiecții, ochelari semi-transparenti) sau indirectă (e.g. ecran de mobil ce combină imaginea în timp real de la cameră cu elementele generate de calculator).

Datorită costului echipamentelor, RV și RA erau utilizate până de curând doar în domenii cu bugete ridicate (militar, medical). Însă, în zilele noastre, ele devin tehnologii la nivel consumator, datorită lansărilor recente ale unor dispozitive cu prețuri accesibile și performanțe ridicate (din categoriile HMD, urmărirea corpului și a gesturilor, audio-haptic). RV și RA sunt, astăzi, domenii complexe și în plină expansiune, extrem de valoroase, de la jocuri de mare succes până la aplicații serioase în aproape toate domeniile (medical, militar, industrie, educațional, știință, artă și cultură). Asistăm la o explozie a interesului pentru ele și sunt considerate viitorul interacțiunii om-calculator.

Cursul își propune prezentarea principalelor concepte și tehnici utilizate în realitatea virtuală și cea augmentată, familiarizarea cu numeroasele categorii de aplicații actuale și identificarea tendințelor de evoluție.

La laborator, se urmărește familiarizarea studenților cu principalele tehnologii utilizate în RV și RA – de la arhitecturi și unelte software până la echipamente avansate disponibile în laboratorul dedicat (HMD, body/hand/gesture tracking, haptice, EEG, bio-senzori, reconstrucție 3D, audio 3D etc.).

O trăsătură distinctă a acestui curs este accentul pus pe aspectele conexe interdisciplinare (psihologice, sociale, medicale, economice, legislative, etice etc.) cât și pe înțelegerea profundă a imersiunii - din numeroase puncte de vedere (fizic, mental, emoțional). În acest fel se urmărește crearea unei capacități de a concepe și proiecta în mod optim soluții de realitate virtuală și augmentată pentru prezent și viitor.

Programarea prelucrărilor în banda grafică

Cursul prezintă metode de redare a scenelor grafice 3D complexe, folosind tehnici de programare avansate pentru GPU.

Sunt studiate metode de optimizare a operațiilor din banda grafică și simulare a efectelor naturale: metode de redare a luminii, aplicarea texturilor (environment mapping, bump mapping is displacement mapping), sisteme de particule, teselare și deferred shading.

Principalele tehnologii actuale folosite pentru dezvoltarea de aplicații grafice complexe și performante sunt descrise în cadrul cursului și utilizate în implementarea temelor de laborator

folosind OpenGL și limbajul de shader GLSL.

În partea a doua a cursului sunt prezentate modalități de creștere a vitezei în prelucrarea imaginilor folosind limbajul OpenCL. Algoritmii predați la curs sunt implementați în cadrul temelor de laborator.

Concepția jocurilor video

Cursul își propune să ghideze studenții prin procesul de concepție și implementare a principiilor de game design în jocurile video moderne. Cursul se axează pe crearea unei experiențe originale de joc, pe studiul ideilor de succes și de insucces din trecut, precum și pe o analiză comprehensivă a pieții actuale de gaming. Studenții vor parcurge întreaga durată de viață a unei idei, de la concepția inițială până la validarea acesteia printr-o felie verticală a unui produs original. Tehnicile de game design predate și folosite nu necesită cunoștințe tehnice, fiind susținute de o idee sprijinită în înțelegerea evoluției pieței, a utilizatorilor și a interacțiunii acestora cu jocurile video actuale.

Algoritmi pentru logica jocurilor video

Cursul prezintă metode de realizare a logicii jocurilor, folosind tehnici de inteligență artificială.

Sunt studiate metode de simulare a mișcărilor obiectelor, modelarea comportamentului personajelor, precum și experiența acumulată de acestea. Totodată sunt prezentate tehnici de determinare a drumurilor în vederea alegerii căilor care vor fi parcurse de personaje precum și modalitățile de luare a deciziilor în funcție de diferitele situații din joc.

În partea a doua a cursului sunt prezentate metode de învățare automată cu aplicabilitate în dezvoltarea jocurilor: învățarea deciziilor, metode de clusterizare în vederea reducerii spațiului căutării, precum și metode de învățare prin recompensă pentru modelarea acțiunilor realizate de personajele din joc în funcție de comportamentul adversarului.

Algoritmii predați la curs sunt implementați în cadrul temelor de laborator.

Prelucrarea imaginilor și a sunetului

Cursul prezintă noțiunile de bază din două domenii importante: prelucrarea sunetului și prelucrarea imaginilor. Pentru domeniul audio se studiază reprezentarea datelor audio

digitale, rata de eșantionare și aliasing, cuantificarea și eroarea de cuantificare, dithering audio, formarea zgomotului, cuantificare neliniară, analiza de frecvență, analiza statistică. Prelucrarea audio digitală abordează prelucrare dinamică, restaurare audio, filtre audio digitale, proiectarea filtrelor audio. 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.

Prelucrarea imaginilor este abordată în partea a doua a cursului, în care, la început, sunt prezentate principalele formate de fișiere pentru imagini și structurile de date pentru analiza imaginilor. Un capitol important se referă la filtrarea imaginilor utilizând atât metode în domeniul frecvență cât și metode în domeniul spațial. În continuare sunt prezentate operații asupra imaginilor: operații matematice, operații bazate pe convoluție, operații bazate pe derivate, operații morfologice, inclusiv algoritmi de bază și operații morfologice asupra imaginilor cu niveluri de gri. Capitolul de segmentare abordează tehnica de prag, detectarea de contur pe baza unor operatori și segmentarea bazată pe regiuni. Sunt studiate metode de descriere a granițelor și a regiunilor, pe baza cărora se realizează recunoașterea de forme. Cursul tratează și aspecte privind steganografia și estimarea mișcării.

Vizualizarea datelor volumetrice și animație 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, moștenire 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.

Dezvoltarea sistemelor de realitate virtuală și augmentată

Acest curs construiește pe fundamentul oferit de cursul introductiv și are un caracter practic accentuat, scopul său fiind să dezvolte capacitățile de

- concepție a sistemelor de RV și RA, luând în calcul aspecte interdisciplinare și analizând în mod profund imersiunea, naturalitatea, continuitatea și fluxul interacțiunii;
- implementare efectivă a acestor sistem avansate, complexe.

La curs sunt discutate studii de caz concrete, din numeroase domenii.

La proiect, studenții vor lucra în echipe la concepția și implementarea unor proiecte de RV & RA de dimensiuni medii, punând în practică noțiunile acumulate și utilizând echipamentele și programele disponibile în laboratorul dedicat.

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 (detecția 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”.

Programare paralelă pentru Unitatea de Procesare Grafică (GPGPU)

Unitatea de Prelucrare Grafică (GPU) modernă a devenit în prezent un hardware foarte versatil în domeniul arhitecturilor de calcul paralele many-core. Aceste arhitecturi (care includ și CPU-urile multi-core precum cele de la AMD și Intel) se diferențiază față de arhitectura clasică CPU prin următorul fapt: favorizarea operațiilor ce se pot executa în paralel asupra unei cantități mari de date față de execuția operațiilor single-task de latență scăzută.

Deși există diferențe de implementare între diverșii producători, toate GPU-rile moderne încearcă să mențină o eficiență ridicată prin folosirea de arhitecturi many-core masiv

paralele, care folosesc atât multithreading hardware cât și procesare SIMD – Single Instruction Multiple Data. Aceste metode nu sunt unice pentru GPU-uri însă în comparație cu CPU-urile, GPU-urile duc la extrem aceste metode ajungând la arhitecturi many-core masiv parale ce conțin mii de unități de procesare.

GPGPU (General-Purpose computing on Graphical Processing Units) reprezintă o metodă prin care Unitatea de Procesare Grafică poate fi utilizată pentru a executa calcule/programe de uz general care în mod normal sunt executate de CPU. Acest lucru a devenit posibil odată cu apariția etapelor programabile ale GPU-urilor precum și datorită existenței bibliotecilor și toolkit-urilor de dezvoltare puse la dispoziție de producătorii de unități de procesare grafică.

Obiectivul principal al cursului este însușirea noțiunilor teoretice și practice necesare creării de aplicații ce folosesc Programarea Paralelă pentru Unitatea de Procesare Grafică (GPGPU) și utilizarea acestora pentru dezvoltarea de aplicații avansate în diverse domenii de interes.

Analiza conținutului imaginilor

Cursul își propune tratarea conceptelor ce stau la baza analizei conținutului imaginilor, oferirea unei viziuni de ansamblu asupra cercetărilor relevante din cadrul acestui domeniu ce s-a dezvoltat extrem de mult în ultimii ani, prezentând, în același timp, latura practică, aplicațiile specifice.

Vor fi studiate aspecte legate de percepția vizuală, metrici pentru definirea calității reconstrucției imaginilor, alegerea unor tehnologii de procesare în domeniul spațial sau frecvența, noțiuni despre clusterizare și segmentare, citirea artificială.

Prezentările vor viza abordări din clase distincte destinate rezolvării unor probleme specifice (recunoașterea și clasificarea obiectelor, recunoașterea optică a caracterelor, grupare și segmentare inteligentă), cursul propunându-și, de asemenea, să compare constructiv o serie de tehnologii clasice cu unele ce utilizează învățare automată.

Cercetare științifică

Activitatea de cercetare în cadrul acestui program va fi o experiență unică și esențială pentru formarea ta profesională. Va realiza fixarea și aprofundarea cunoștințelor de la cursuri, prin proiecte concrete, și în același timp îți va deschide un orizont de cercetare, inovare, creativitate, ajutându-te să devii un inginer de concepție și nu doar de execuție. Îți vei dezvolta expertiza tehnică avansată, creativitatea, capacitatea de studiu individual avansat, autonomia și responsabilitatea dar și cea de colaborare cu colegi sau specialiști de top, din facultate și industria de profil, în cadrul unor teme complexe și provocatoare.

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

Recomandăm păstrarea aceleiași teme de cercetare pe parcursul celor 4 semestre, pentru a se putea finaliza (în disertație) cu un rezultat avansat, complex.

Exemple de teme:

- Multiple tipuri de jocuri cu elemente inovative, de concepție sau implementare (genuri clasice sau mixte, educaționale, cu interacțiune naturală prin body/hand tracking, tilt, de realitate virtuală sau augmentată, audio-haptice, cu geo-tagging etc.);
- soundofvision.net (3D vision; reprezentări audio-haptice, antrenament virtual etc).
- Campusul de realitate mixtă 3DUPB;
- Muzeu virtual;
- Tratarea fobiilor prin RV;
- Vizualizarea 3D a undelor cerebrale;
- Controlul mediului prin mișcare;
- Game engine;
- Motor de fizică pentru jocuri;
- Iluminarea globală în timp real a scenelor 3D;
- GPGPU pentru servere 3D MMO;
- Scanarea 3D a corpurilor;
- Vizualizarea și analiza datelor 3D;
- Night Vision/OCR;
- Interfață multimodală prin gesturi și voce;
- Recunoașterea obiectelor 3D;
- Prelucrarea paralela a imaginilor;
- Planeta fractalilor;
- Simulator univers;
- Alinierea imaginilor de la drone;
- Procesare imagini prin votare;
- Structuri N-dimensionale;
- 3D morphing;