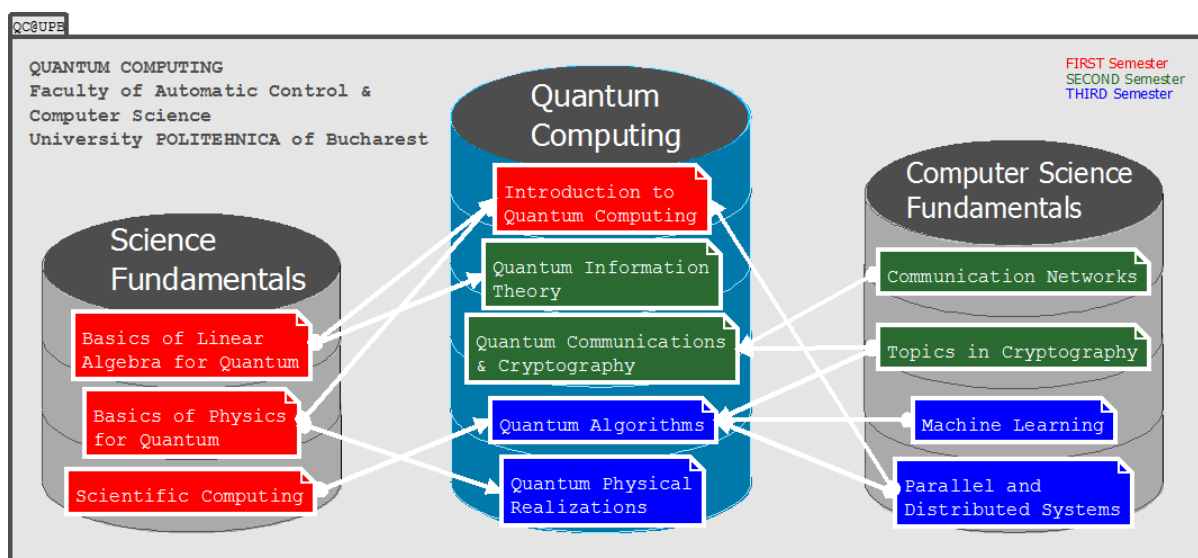


Programul de Master Quantum Computing

Descrierea disciplinelor din planul de învățământ



SC: Scientific Computing Calculul științific avansat prezintă fundamentele matematice ale simulărilor numerice utilizate în modelarea fenomenelor și sistemelor complexe. Se vor utiliza arhitecturi de calculatoare de ultimă oră, sisteme paralele de calcul atât cu memorie partajată cât și distribuită, alături de acceleratoare matematice de tipul GP-GPU. Se va pune accent pe însușirea cunoștințelor necesare pentru proiectarea și implementarea de aplicații computațional intensive pe structuri de calcul paralel.

BLAQ: Basics of Linear Algebra for Quantum Algebra liniară, limbajul matricilor și al vectorilor, reprezintă limbajul fundamental al Quantum Computing și al Quantum Information Theory. Abordarea domeniului de Quantum Computing utilizând Algebra liniară este strategia aleasă în cea mai citată carte din domeniu, anume Quantum Computation and Quantum Information de M. A. Nielsen & I. L. Chuang. Această abordare este și cea mai ușoară din punct de vedere matematic pentru un începător complet neinițiat. Principalul scop al cursului este să familiarizeze studenții cu elementele de bază ale Algebrei liniare, cu accent pe conceptele necesare în Quantum Computing, în particular, și în Știința Calculatoarelor și Inginerie în general. Un al doilea scop al cursului este ca studenții să dezvolte deprinderi de abordare și rezolvare pentru problemele științifice din domeniul științei calculatoarelor, prin lărgirea orizontului lor și prin dobândirea abilității de a gândi riguros matematic.

BPQ: Basics of Physics for Quantum Scopul acestui curs este să ofere o înțelegere largă asupra principiilor care guvernează Universul, cu accent pe oferirea unei rampe rapide de lansare înspre un studio introductiv al mecanicii cuantice. Cursul se va axa pe a construi un



fundament solid pentru intelegerea fenomenelor utilizate in ziua de azi in calculatoarele cuantice si va pregati studentii pentru a face fata schimbarilor din acest domeniu care evolueaza rapid.

IQC: Introduction to Quantum Computing Studierea conceptelor teoretice de baza si aspectelor practice legate de calcul cuantic. De la qubit la paralelismul cuantic via no-cloning, entanglement, teleportation, superposition, etc.

CN: Comunicatin Networks Înțelegerea metodelor pentru a asigura un protocol de comunicare între entități. Înțelegerea funcționării rețelelor actuale (stivele OSI / TCP-IP). Configurarea și administrarea rețelelor. Administrarea serviciilor. Cunoașterea unor reguli de securitate minimale pentru a preveni și contracara atacuri în rețele.

TC: Topics in Cryptography Obiectivul general al acestei discipline este înțelegerea primitivelor fundamentale utilizate în criptografia modernă și înțelegerea mecanismelor din spatele unor protocoale de securitate populare, care sunt foarte relevante în contextul calculului cuantic, cum ar fi funcțiile unidirecționale, RSA, Diffie-Hellman, algoritmi post-cuantici.

QIT: Quantum Information Theory Teoria informatiei reprezinta studiul stiintific al cuantificarii, stocarii si al comunicarii de informatie digitala, elemente peste care s-au construit comunicatiile modern, criptografia si algoritmi de decizie. In lumea Quantum, teoria informatiei cuantice, limbajul starilor amestecate si al canalelor cuantice oarecare, furnizeaza multe rezultate fundamentale, care dicteaza ce poate si ce nu poate fi facut cu un calculator cuantic, ceea ce ofera un fundament mathematic pentru cauzalitate ca principiu fizic, fapt ce dicteaza ratele optime de compresie si rata minima de erori pentru comunicatii probabilistice si algoritmi. Avand in vedere faptul ca toate starile cuantice decoereaza, devenind amestecate, teoria informatiei cuantice este cruciala pentru toate aplicatiile din lumea reala a aplicatiilor de Quantum Computing. Principalul scop al cursului este sa familiarizeze studentii cu elementele de baza ale Teoriei Informatiei, clasica si cuantica, cu accent pe conceptele necesare in Quantum Computing si in comunicatii cuantice, in particular, si in Stiinta Calculatoarelor si Inginerie in general. Un al doilea scop al cursului este ca studentii sa dezvolte deprinderi de abordare si rezolvare pentru problemele stiintifice din domeniul stiintei calculatoarelor, prin dezvoltarea unui background mathematic si prin implementarea gandirii abstracte datorita expunerii la selectie, extensie si exploatarea unor metrici cantitative, pentru a obtine rezultate corecte pornind de la datele practice imprecise.

QCC: Quantum Communications & Cryptography Algoritmul lui Shor a evidentiat erori critice in comunicatia securizata prin criptografie clasica, una dintre solutii fiind Comunicatiile Cuantice si Criptografia Cuantica. Date fiind dezvoltarea in prezent a comunicatiilor cuantice terestre si prin sateliti, precum si dezvoltarea calculatoarelor cuantice, Comunicatiile Cuantice si Criptografia Cuantica devin extrem de importante pentru aplicatiile reale ale Quantum Computing, furnizand primitive fundamentale cum ar fi routarea, corectia de erori, distributia de chei, calculul distribuit, lucruri care conduc spre aplicatii cum ar fi Quantum Internet si blockchain-uri cuantice, precum si rezultate teoretice referitoare la simularea clasica a



operatiilor cuantice, asa cum este teorema Gottesmann-Knill, care stabileste “magic state factories” ca fiind componente cheie ale oricarei arhitecturi de calcul cuantic. Principalul scop al cursului este sa familiarizeze studentii cu bazele comunicatiilor si criptografiei cuantice, cu accent pe impactul puternic al extensiilor testate experimental ale unor concept din Stiinta Calculatoarelor clasica si Inginerie in general. Un al doilea scop al cursului este ca studentii sa dezvolte deprinderi de abordare si rezolvare pentru problemele stiintifice din domeniul stiintei clasice a calculatoarelor, prin aplicarea background-ului lor classic la rezolvarea de probleme reale din lumea cuantica, asa cum ar fi routarea, distribuirea si distilarea si de asemenea protocoalele de distribuire a cheilor.

PDS: Parallel and Distributed Systems Înțelegerea metodelor de a asigura securitatea informatiilor stocate sau in tranzit in cazul folosirii de resurse fizice comune (stocare si networking). Cunoasterea sistemelor ce asigura identitatea entitatiilor precum si legaturile de incredere dintre acestea. Cunoașterea unor reguli de securitate minimale pentru a preveni și contracara atacuri în mediul virtual.

ML: Machine Learning Obiectivul acestui curs este sa ofere o introducere in teoria, metodele, algoritmi si aplicatiile agentilor inteligenti si ale sistemelor multi-agent. Acest curs contine metode si algoritmi atat pentru agenti unici (cum sunt agentii MDP, agentii POMDP, agentii RL) si sistemele multi-agent, si ii va ilustra in contextul diferitelor domenii de aplicatii. Studentii sa dobandeasca cunostinte teoretice si practice despre agentii inteligenti si despre sistemele multi-agent. Studiul diferitelor tipuri de agenti si de sisteme multi-agent. Invatarea metodelor de rationare utilizate de agentii inteligenti. Invatarea de metode de dezvoltare a aplicatiilor bazate de paradigma multi-agent. Dezvoltarea de aplicatii bazate pe agenti inteligenti. Abilitatea de a proiecta si de a dezvolta sisteme multi-agent.

QA: Quantum Algorithms Algoritmii cuantici sunt algoritmi care ruleaza pe un model realistic ce realizeaza calcule cuantice, anume modelul de circuite cuantice. Prin comparatie, un algoritm classic contine un numar finit de instructiuni care rezolva o familie de probleme, pe cand algoritmii cuantici pot utiliza o secventa finite de porti logice, astfel formand circuite cuantice. In lumea reala, algoritmii cuantici ofera multe rezultate remarcabile, ceea ce determina care problema poate sau nu poate fi rezolvata practice utilizand un calculator cuantic; un exemplu il reprezinta factorizarea eficienta a numerelor mari, ceea ce conduce la concluzia ca algoritmii cuantici sunt adesea caracterizati ca fiind unul dintre aspectele noi foarte importante in domeniile Quantum Information Processing, alaturi de Quantum Communication. Dat fiind faptul ca toate calculatoarele cuantice sunt construite ca sa fie mai eficiente decat cele clasice, pentru a rezolva practic problemele reale din lumea zilelor noastre, algoritmii cuantici sunt de baza pentru a implementa solutii in lumea reala, care utilizeaza Quantum Computing. Principalul scop al acestui curs este sa introduca studentii in lumea celor mai celebri algoritmi cuantici, precum si a aplicatiilor lor in rezolvarea problemelor din classical Computer Science, in particular, si a problemelor reale din inginerie, in general. Un al doilea scop al cursului este ca studentii sa dezvolte deprinderi de abordare si rezolvare pentru problemele stiintifice din domeniul stiintei calculatoarelor, prin dezvoltarea capacitatii lor de gandire referitor la concept abstracte, prin dezvoltarea unui background algorithmic si prin implementarea efectiva a gandirii abstracte in probleme ale



lumii reale, prin expunerea la metode prin care se dezvoltă algoritmi ce profita de fenomene cuantice spre a obține complexități mult inferioare de algoritmi, prin această deducând rezultate corecte din date practice imperfecte.

QPR: Quantum Physical Realizations Quantum Physical Realizations are a key aspect of quantum computing and quantum communication as they offer the technological foundation for practical implementation and adoption in real-world applications. Quantum Physical Realizations provide insights into how well protocols actually work in experimental and industrial conditions, and how their key build blocks: gates and measurements, have been physically implemented in the state of the art, leveraging various types of quantum systems that exhibit quantum phenomena. Given the fact that the ultimate test for any protocol is if it physically reproducible, Quantum Physical Realizations is crucial to real-world application of Quantum Computing. The principal aim of the course is show students how the concepts they have learned throughout the first year are implemented in recent papers, ensuring they have an understanding of the novel technologies that implement quantum information processing. A second aim of the course is to develop students' abilities to stay up to date with and to present new scientific and engineering results, by exposure to recent top-quality scientific papers on various subjects across Quantum Computing, combining the familiar concepts that they know with the unfamiliar novel technologies presented in each paper.