

Universitatea Politehnica din Bucuresti
Spl. Independentei 313
060042 Bucuresti
Romania



Facultatea de Inginerie Aerospatiale
str. Gh. Polizu 1-5
tel. +40 21 402 3812

www.upb.ro

www.aero.pub.ro
inginerie.aerospatiale@upb.ro

**„Nicolae Tîpei” Aerospace Systems Engineering Department - Departamentul de Ingineria Sistemelor
Aerospațiale “Nicolae Tîpei”**

Avionics and Air Navigation MEng in Aerospace Engineering

Curriculum and Syllabus

Programul de studii de master în ingineria aerospațială ”Avionică și Navigație Aeriană”

Planul de învățământ și programa analitică

4 august 2016 - Versiunea 1.02 – nefinalizată

Conf. dr. ing. Octavian Thor Pleter
Decan

Prof. dr. ing. Adrian-Mihail Stoica
Director departament
Responsabil program de studii

SCV	Stability and Command of the Airspace Vehicles	2C 2S E	4CP
	Stabilitatea și comanda vehiculelor aerospațiale	UPB.09.S.09.O.011	
Course director: Prof. dr. Teodor-Viorel CHELARU			
Orbital Launchers: History, Launchers Programmes; Rocket Motor; Solid Rocket Motor (SRM); Liquid Rocket Engine (LRE); Hybrid Rocket Motor (HRM); Thrust Vector Control ; Reaction Control Systems. Particular cases of the rocket motion (Tsiolkovsky Problems); Intercontinental Ballistic Missile (ICBM), Trajectory Apex; Flight duration; Influence of the Earth Rotation; Motion Equations in Earth Frame; Motion Equation in Semi-Velocity Frame; Thrust Command; Uncoupled Motion Equation in Earth Frame; Uncoupled Motion Equation in Semi-Velocity Frame; Balance Motion for the Launchers; Linear Form of Uncoupled Longitudinal Motion; Linear Form of Uncoupled Lateral Motion; Quality Parameters of Longitudinal Motion; Quality Parameters of Roll Motion; Command System Synthesis on Longitudinal Channel; Command System Synthesis on Lateral Channel; Command System Synthesis on Roll;			
Lansatoare orbitale: istoric. programe de lansare; Motoare rachetă: Motorul racheta cu combustibil solid (MRCS); Motorul rachetă cu combustibil lichid (MRCL); Motorul rachetă cu combustibil hibrid (MRCH); Tracțiunea vectorială; Sisteme de comandă gazodinamică (Reaction Control System). Cazurile particulare de mișcarea rachetei (problemele Țiolkovsky); Racheta balistica intercontinentală (ICBM). Mișcarea Kepleriană în cazul rachetei balistice. Bătaia maximă ICBM, Săgeata maximă; Timpul de traiect; Influența rotației Pământului; Ecuațiile de mișcare în triedrul Pământ, Ecuațiile de mișcare în triedrul semi-viteză; Comanda gazo-dinamică; Forma decuplată a ec. de mișcare în triedrul Pământ; Forma decuplată a ec. de mișcare în triedrul semi-viteză; Mișcarea de bază pentru cazul lansatoarelor; Forma liniară decuplată a ec. mișcării longitudinale; Forma liniară decuplată a ec. mișcării laterale; Indici de calitate a mișcării longitudinale; Indici de calitate a mișcării de rulu; Sinteza sistemului de comandă pentru canalul de longitudinal; Sinteza sistemului de comandă pentru canalul lateral; Sinteza sistemului de comandă pentru canalul de rulu;			

CFO	Optimal control and filtering	2C 1L 1P E	4CP
	Comanda și filtrarea optimală	UPB.09.S.09.O.012	
Course director: Prof. dr. ing. Adrian-Mihail Stoica			
Aircraft robust stabilization with respect to modeling uncertainties; representations of the modeling uncertainties of aircraft dynamics; H^∞ norm. Singular H^∞ problems; statement and preliminary results. Linear matrix inequalities. Robust design of automatic flight control systems. Kalman () estimation and filtering . Parametric uncertainties in the model of the aircraft dynamics. H^∞ signal filtering. Multimodel problems and their applications to the design of automatic flight control systems. Fault detection and isolation with respect to sensors or/and actuators failures; residual generators synthesis.			
Stabilizarea robustă a aeronavelor în raport cu incertitudini de modelare; reprezentarea incertitudinilor de modelare a dinamicii aeronavelor. Incertitudini dinamice de modelare; norma H^∞ . Probleme H^∞ singulare; formulare și rezultate preliminare. Inecuații matriciale liniare. Proiectarea robustă a sistemelor de comandă automată a zborului. Incertitudini parametrice ale modelului dinamicii aeronavei. Estimarea și filtrarea Kalman () a semnalelor. Filtrarea H^∞ a semnalelor. Probleme multimodel și aplicații la proiectarea sistemelor de comandă automată a zborului. Detecția și identificarea căderilor traductoarelor și/sau a elementelor de acționare a comenzilor aeronavelor; proiectarea generatoarelor reziduale.			

TMC	Modeling and optimization techniques in air traffic management	2C 1S V	4CP
	Tehnici de modelare și optimizare în controlul traficului aerian	UPB.09.S.09.O.013	
Course director: Prof. dr. ing. Corneliu Berbente			
General motivation: SESAR and NEXTGEN programmes. Static optimisation; direct methods; Newton-type methods. Nonlinear programming; Kuhn-Tucker optimality conditions. Linear programming; airport capacity estimation and optimization. Mixed linear programming; aircraft collision avoidance. Conflict detection and resolution in air traffic management. Dynamic optimisation; optimality conditions; minimum principle; optimal trajectories. Linear dynamic models for air traffic flow management.			
Motivație generală: programele SESAR și NEXTGEN. Optimizări staționare; metode directe de optimizare; metode de tip Newton. Programare neliniară; condițiile Kuhn Toker. Programare liniară; estimarea și optimizarea capacității aeroporturilor. Programare liniară mixtă; aplicații pentru determinarea traiectoriilor de evitare a obstacolelor. Detecția și rezolvarea conflictelor în traficul aerian. Optimizări dinamice; condiții de optimalitate; principiul minimului; traiectorii optime. Modele liniare dinamice pentru managementul fluxului de trafic.			

MAP	Applied mathematics in avionics and navigation	2C 2S V	4CP
	Matematici aplicate în avionică și navigație aeriană	UPB.09.S.09.O.014	
Course director: Prof. dr. mat. Andrei Halanay (UPB-Mathematics)			
This lecture aims to the introduction of fundamental notions and of the main results from the field of Differential equations. The emphasis is on the properties of existence, uniqueness and stability of solutions. Both ordinary and delay differential equations are considered. Elements of variational calculus and control theory supplement the approach. In the seminar the Matlab language is used for simulations of the behavior of solutions of differential equations.			
Cursul isi propune prezentarea notiunilor fundamentale si a principalelor rezultate din domeniul teoriei Ecuatiilor diferentiale. Accentul este pus pe proprietatile de existenta, unicitate si stabilitate a solutiilor. Se studiaza atat ecuatii diferentiale ordinare cat si ecuatii cu intarziere. Elemente de calcul variational si din teoria controlului completeaza capitolele abordate. In cadrul aplicatiilor se urmareste si folosirea pachetului Matlab pentru simularea comportarii solutiilor ecuatiilor diferentiale.			

DZS	Space Flight Dynamics	2C 1L E	4CP
	Dinamica zborului spațial	UPB.09.S.09.O.015	
Course director: Prof. dr. Teodor-Viorel CHELARU			
Basic Physical Principles in Orbital Dynamics; Elements of the Keplerian Orbit; Time and Keplerian Orbits; Keplerian Orbits in Space; Classical Parameters of the Orbit; Perturbed Orbit; The Gauss Planetary Equations; Lagrange's Planetary Equations; Influence of the Earth Shape on Orbit ; The Influence of the Third Body on Orbit; The Radiation and Solar Wind on Orbit; Perturbed Geostationary Orbit (GEO); Geostationary Orbit Parameters; Modification of the Inclination Vector;			

Evolution of the Eccentricity Vector; Longitudinal Acceleration on GEO orbit; Single Impulse Orbit Adjustment; Multi Impulse Orbit Adjustment; Hohmann Transfers ; Orbital manoeuvres for GEO satellite; Kinematic Equations for Vehicle Attitude; Dynamic Equation for Vehicle Attitude; Gravitational Moment ; Linear Form of the Vehicle Motion around Mass Centre; Stability and Command Matrices;

Principii fizice de baza din dinamica orbitala; Elementele orbitei Kepleriene; Timpul si orbitele Kepleriene; Orbita Kepleriană in spațiu, parametrii clasici ai orbitei; Orbita perturbata; Ecuțiile planetare Gauss; Ecuțiile planetare Lagrange; Influența formei Pământului asupra orbitei; Influența celui de al treilea corp asupra orbitei; Influența radiației si a vântului solar asupra orbitei; Orbita geostaționara perturbată; Parametrii orbitei geostaționare (GEO); Modificarea vectorului înclinării; Evoluția vectorului excentricității; Accelerația longitudinala a orbitei GEO; Modificarea orbitei cu impuls singular; Modificarea orbitei cu impuls multiplu; Transferul Hohmann; Manevre orbitale pentru satelitul GEO; Ecuțiile cinematice pentru atitudinea vehiculului; Ecuțiile dinamice pentru atitudinea vehiculului; Momentul gravitațional; Forma liniară a ecuațiilor mișcării în jurul centrului de masă; Matricea de stabilitate și comandă.

CST	Scientific Research	10P V	10CP
	Cercetare științifică	UPB.09.S.09.O.016	
Course director: the research supervisor			
Research activity			
Activitate de cercetare			

ASN	Nonlinear analysis and design of automatic flight control systems	2C 1L 1P E	4CP
	Analiza și sinteza neliniară a sistemelor de comandă automată a zborului	UPB.09.S.10.O.009	
Course director: Prof. dr. ing. Adrian-Mihail Stoica			
<p>Properties of nonlinear dynamic systems; state-space representations. Dependence of dynamic nonlinear systems solutions on parameters; sensitivity equation. Periodic solutions; describing function based method. Pilot induced oscillations (PIO) detection; categories and PIO detection criteria. Liapunov stability. Adaptive automatic flight control systems. Absolute stability: Popov's criterion; saturated controls. Nonlinear dynamic inversion; sliding mode control; backstepping; applications of nonlinear synthesis of aircraft control and guidance laws. Nonlinear control for high-alpha problems.</p>			
<p>Proprietăți generale ale sistemelor dinamice neliniare; reprezentări în planul fazelor. Dependența soluțiilor sistemelor de ecuații diferențiale neliniare de condițiile inițiale și de parametri; ecuația sensibilității. Soluții periodice; metoda funcției de descriere. Detectia oscilațiilor induse de pilot (PIO); categorii și criterii de detecție a PIO. Stabilitatea în sens Liapunov; funcții Liapunov. Sisteme adaptive de comandă automată a zborului. Stabilitatea absolută; criteriul lui V.M. Popov; comenzi cu saturație. Inversiunea dinamică neliniară; metoda modului alunecător; metoda "backstepping"; aplicații la comanda automată neliniară a aeronavelor și la sinteza legilor de dirijare. Sisteme neliniare de comanda automată a zborului la incidențe mari.</p>			

SVA	Simulators for aerospace vehicles	2C 1L V	4CP
	Simulatoare pentru vehicule aérospațiale	UPB.09.S.10.O.010	
Course director: Conf. dr. ing. Nicolae-Serban Tomescu			
<p>History of simulation in aviation. Aviation simulators, usefulness, definitions, classifications and their main elements. Selection and preparation of civilian and military pilots. Civil aviation simulators. Modeling, identification and simulation in aviation. Mathematical models of aircraft. Computer systems used in flight simulators. Cabins and interfaces for simulators. Image Systems simulators. Specific acoustic simulation of flight simulators. Simulating the sensation of movement and effort in commands. Military simulators and their interconnection. Flight simulators for research, traffic management and other purposes. Flight simulators of entertainment using PCs</p>			
<p>Scurt istoric al simulării în aeronautică. Simulatoarele în aviație, utilitatea lor, definiții, clasificări și elementele lor principale. Selecția și pregătirea piloților civili și militari. Simulatoare pentru aviația civilă. Modelarea, identificarea și simularea în aeronautică. Modele matematice ale avionului. Sisteme de calcul utilizate la simulatoarele de zbor. Cabine și Interfețe pentru simulatoare. Sisteme de imagine pentru simulatoare. Simularea acustică specifică simulatoarelor de zbor. Simularea senzației de mișcare și a efortului în comenzi. Simulatoare militare și interconectarea lor. Simulatoare de zbor pentru cercetare, pentru dirijarea traficului și alte scopuri. Simulatoare de zbor de divertisment utilizând calculatoare de tip PC.</p>			

PAF	Flying and control of UAVs	2C 1L V	4CP
	Pilotarea și dirijarea aeronavelor fără pilot	UPB.09.S.10.O.011	
Course director: Prof. dr. ing. Octavian Grigore-Müller			
Artificial intelligent systems. Structure of artificial intelligence systems. The neuron, the fundamental unit of neural networks. Internal parameters and activation functions of the neuron. Neural networks architecture. Neural networks training process. Topology. Single layer perceptron. Multi-layer perceptron. Aircraft control using neural networks. Fuzzy systems. Fuzzy logic. Properties of fuzzy sets. Aggregation rules for fuzzy systems. Error detections with fuzzy systems on board of aircraft.			
Sisteme cu inteligenta artificiala. Componentele sistemelor cu inteligenta artificiala. Neuronul, unitatea fundamentala a retelelor neurale. Parametrii interni si functiile de activare ale neuronului. Arhitectura retelelor neurale. Procesul de invatare a retelelor neurale. Topologia retelelor neurale. Perceptronul cu un singur strat. Perceptronul multistrat. Dirijarea aeronavelor cu ajutorul retelelor neurale. Sisteme fuzzy. Logica fuzzy. Proprietatile multimilor fuzzy. Reguli de agregare pentru sistemele fuzzy. Detectarea erorilor de la bordul aeronavelor cu ajutorul sistemelor fuzzy.			

CST	Scientific Research	18P V	18CP
	Cercetare științifică	UPB.09.S.10.O.012	
Course director: the research supervisor			
Research activity			
Activitate de cercetare			

SOL	Optimal Synthesis of the Guidance Law	2C 2L E	4CP
	Sinteza optimală a legilor de dirijare	UPB.09.S.11.O.013	
Course director: Prof. dr. Teodor-Viorel CHELARU			
<p>Differential Games Based on Linear-Quadratic Optimisation; Game Rules Specifications; Candidates for Saddle-Point Solutions, the Formulation Two Point Boundary – Value Problem (TPBVP); Solving TPBVP by Riccati Equation; Sufficient Condition; Evaluation of the Game Solution through Adjoint Analyse- guidance precision; One-side optimisation: Non-maneuvrable Target, General Solution, Proportional Navigation Case (PN) . Optimal Interception with Terminal Velocity Weighting; Optimal Rendezvous (OR). Ideal Pursuer Manoeuvrable Target, Augmented PN (APN); Optimal interception with Terminal Velocity Weighting, Manoeuvrable Target, case AOR; Non-ideal Pursuer, case MEL (Minimum Effort Law); Non-ideal Pursuer and Non-ideal Evader Case SGL (Stochastic guidance Law); Two-side optimisation – Differential Games; Ideal Pursuer , General Solution; Ideal Pursuer without Terminal Velocity Weighting; Optimal Rendezvous with Terminal Velocity Weighting; Reduced Sensitivity to Time –to Go; Problem of Uncertain Delay Answer Time of Pursuer and Evader (Robust Guidance Method) ROB, Optimal Guidance with Multiple Target (MEG), Command System Synthesis using Gradient Techniques.</p>			
<p>Jocuri diferențiale cu optimizare liniar pătratică; Specificații și regulile jocului; Candidații pentru soluția punct șa, formularea problemei bilocale; Rezolvarea problemei bilocale cu ajutorul ecuației Riccati; Condiția de suficiență , Evaluarea sfârșitului jocului prin Analiza Adjunctă - precizia dirijării; Optimizarea unilaterală: Ținta nemanevrieră, Soluția generală; Cazul PN - Navigația Proporțională; Întâlnirea perfectă cu constrângerea vitezei de ratare. Întâlnirea optimală, cazul OR (Optimal Rendez-vous); Urmăritor ideal, cazul PN mărită, țintă manevrieră , cazul APN (Augmented PN) ; Întâlnire optimală mărită cu constrângerea vitezei de ratare, țintă manevrieră , cazul AOR; Urmăritor neideal (cu timp de răspuns), cazul MEL (Minimum Effort Law); Urmăritorul și urmăritul neideali (cu timp de răspuns), cazul SGL (Stochastic guidance Law) ; Optimizarea bilaterală - jocuri diferențiale: Cazul urmăritorului ideal (fără timp de răspuns). Soluția generală; Urmăritor ideal, Cazul fără constrângerea vitezei de ratare; Întâlnirea perfectă cu constrângerea vitezei de ratare; Reducerea sensibilității de Time-to-Go; Problema incertitudinii constantei de timp a aparatului de zbor - metoda de ghidare robustă (ROB); Dirijarea optimală cu ținte multiple (MEG); Sinteza sistemului de comandă prin tehnici de gradient.</p>			

DAZ	Aircraft Guidance	2C 1L V	4CP
	Dirijarea aparatelor de zbor	UPB.09.S.11.O.014	
Course director: Prof. dr. Teodor-Viorel CHELARU			
<p>Risk and danger zones during test in firing range. Flight commanded test; Guidance flight models; Experimental guided flight planning; Defining guided aircraft performance; Dynamic Launch Zone for Air-to-Air Homing Missile; Launch Zone and Hit Zone for Ground-to-Air Homing Missile; Launch zone for Beam Rider Guided Air-to-Ground Missile; Launch Zone for the Missiles launch from Helicopter , Guidance Precision; The Probability to Kill the Target; Atmospheric Turbulence Models; UAV's performance in Conditions of Uniform or Turbulent Wind; Precision of UAV's Flight in Condition of Sensor's Noise.</p>			
<p>Zona de risc si zona de pericol la experimentările prin trageri in poligon;Testul de pilotaj; Modele de zbor dirijat; Proiectarea experimentelor de zbor dirijat; Definirea performantele aparatelor cu zbor dirijat, Zona de lansare posibilă pentru rachete autodirijate aer-aer; Zona de lansare posibila și de</p>			

distrugere probabila pentru rachete autodirijate sol-aer; Zona de lansare pentru rachetele teledirijate aer-sol; Zona de lansare posibilă pentru rachetele lansate din elicopter; Precizia dirijării, Probabilitatea de distrugerea a țintelor, Modele de turbulența atmosferica; Performantele aparatelor de tip UAV in condiții de vânt uniform sau atmosferă turbulentă; Precizia zborului UAV in condițiile zgomotului introdus de senzori.

CNS	Complex Navigation Systems	2C 1L V	4CP
	Sisteme complexe de navigație aeriană	UPB.09.S.11.O.015	
Course director: ș.l. dr. ing. Gabriel Matei Pericle (Military Technical Academy)			
Air Navigation Systems: types and structures. Complex (Hybrid) Air Navigation Systems: characteristics, role and on-board equipment integration requirements. Topological structure of on-board data: information field, specific data processing in Complex (Hybrid) Air Navigation Systems. INS-GPS, INS-Doppler, INS-Radio, GPS-GLONASS, Doppler-aerodynamic and other hybrid systems: systems characteristics, functions, availability and reliability, integration requirements, command and control structures, precision, errors (types, assessment, filtering), specific mathematical models, I/O data, information acquired, information provided.			
Sisteme de navigație aeriană: clasificări, tipuri. Sisteme complexe de navigație aeriană: clasificări, tipuri, rolul și locul acestora în cadrul echipamentelor de bord aeronautice. Structura topologică a informațiilor la bordul aeronavelor: câmp informațional, procesări de date specifice sistemelor complexe de navigație aeriană. Sistemele INS-GPS, INS-Doppler, GPS-GLONASS, Doppler-aerodinamic, alte sisteme complexe: caracteristici de sistem, funcționare, disponibilitate, interoperabilitate, structuri de comandă și de control, precizie, erori (tipuri, estimare, filtrare), modele matematice implementate, informații de intrare, informații de ieșire.			

SES	Spatial Energy Systems	2C 1L 1P E	4CP
	Sisteme energetice spațiale	UPB.09.S.11.O.016	
Course director: Prof. dr. ing. Octavian Grigore-Müller			
State of Art in space power systems, methods to generate electrical power on board of spacecraft. Conversion of primary energy into electrical power. Primary battery. Fuel cell. Thermodynamic and kinetic basis of the fuel cell. The efficiency and the ideal performances of the fuel cell. The real performances of the fuel cell. Photovoltaic cell (PV). Photodiode and its characteristics. The topology of the PV. PV technologies. Equivalent electrical circuit. PV characteristics. Solar concentrator – dynamic power system. Other systems to generate electrical power on board of spacecraft. Voltage value options. Power systems architectures. Fully regulated bus. Sun – regulated bus. Peak power tracking bus. The International Space Station 160 – to 120 – V bus. 100 – V bus. 70 – V bus. Under 50 – V buses. Small satellite bus. Micro – satellite bus.			
Stadiul dezvoltării sistemelor energetice in domeniul spatial, metode pentru obtinerea electricitatii in navele spatiale. Conversia energiei primare in energie electrica. Bateria primara. Pile de combustie. Bazele termodinamice si cinetice ale pilelor de combustie. Randamentul si performantele ideale ale pilelor de combustie. Performantele reale ale pilelor de combustie. Celule fotovoltaice. Fotodioda si caracteristicile ei. Topologia celulelor fotovoltaice. Procedee de fabricatie a celulelor fotovoltaice. Generatorul fotovoltaic. Caracteristicile celulelor fotovoltaice. Concentratorul solar – Sistem energetic dinamic. Alte sisteme pentru obtinerea electricitatii la bordul navelor spatiale. Valoarea tensiunii de alimentare pe navele spatiale. Arhitectura unui sistem energetic instalat pe navele spatiale. Magistrala complet stabilizata. Magistrala stabilizata fata de soare. Magistrala cu			

urmarire de varf de putere. Statia spatiala Internationala (ISS) cu retea electrica de la 160 la 120 V. Reteaua electrica de 100 V. Reteaua electrica de 70 V. Retele electrice cu alimentare sub 50 V. Retele electrice pentru satelittii mici. Retele electrice pentru micro-sateliti.

CVS	Spacecraft control	2C 2L E	4CP
	Comanda automată a vehiculelor spațiale	UPB.09.S.11.O.017	
Course director: Prof. dr. ing. Adrian-Mihail Stoica			
Spacecraft control; mission analysis and design specifications. Satellite attitude determination; attitude parameterizations. Sensors for attitude determination. Deterministic methods for attitude determination. Triad algorithm, "q" type methods. Attitude determination via Kalman filtering. Attitude control. Actuators for attitude control. Satellite attitude control using reaction wheels. Thrusters based attitude control. Satellites formations.			
Comanda vehiculelor spațiale; misiuni și obiective. Determinarea atitudinii sateliților; parametrizări ale atitudinii. Senzori utilizati pentru determinarea atitudinii. Metode deterministe pentru determinarea atitudinii. Metoda triadelor, metode de tip "q". Determinarea atitudinii sateliților prin filtrare Kalman. Reglarea atitudinii sateliților. Dispozitive utilizate pentru reglarea atitudinii. Reglarea atitudinii utilizând roți inerțiale. Reglarea atitudinii utilizând dispozitive cu jet. Formații de sateliți.			

CST	Scientific Research	10P V	10CP
	Cercetare științifică	UPB.09.S.11.O.018	
Course director: the research supervisor			
Research activity			
Activitate de cercetare			

DIS	Dissertation Paper	28P V	30CP
	Lucrare de disertație	UPB.09.S.12.O.003	
Course director: the dissertation supervisor			
Dissertation preparation.			
Pregătirea disertației.			

DIE	Dissertation Exam	E	10CP
	Examen de disertație	UPB.09.S.12.O.004	
Course director: the examination board			
Dissertation exam.			
Examenul de disertație.			