



PRVI SIMPOZIJ O PRIMJENI UMJETNE INTELIGENCIJE U RAČUNALNOJ MEHANICI

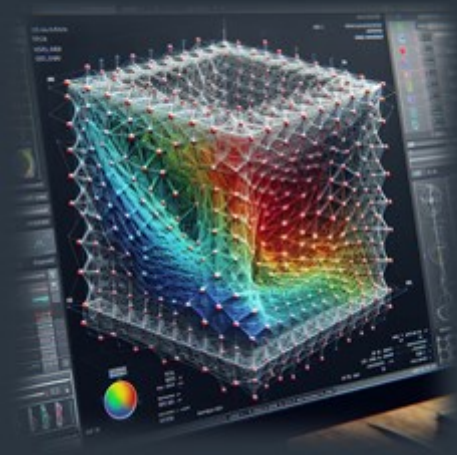
SAŽECI PREDAVANJA I ŽIVOTOPISI PREDAVAČA

Zagreb

18. listopada 2024.

Pokrovitelj:

Razred za tehničke znanosti
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti



Prvi simpozij o primjeni umjetne inteligencije u računalnoj mehanici

u organizaciji

Hrvatskog društva za mehaniku
i
Kluba hrvatskih humboldtovaca

Pokrovitelj:

Razred za tehničke znanosti
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti

Znanstveni i organizacijski odbor:

Jurica Sorić, Marko Čanađija, Milan Pelc, Ivica Skozrit

Društvo sveučilišnih nastavnika i drugih znanstvenika u Zagrebu

Frankopanska 5A, Zagreb

18. listopada 2024.

Zaklada Alexander von Humboldt – otvorena vrata prema znanstvenoj izvrsnosti

Milan Pelc
Klub hrvatskih humboldtovaca, Zagreb

Sažetak predavanja

Friedrich Heinrich Alexander, barun von Humboldt (Berlin, 14. rujna 1769. – Berlin, 6. svibnja 1859.), njemački je prirodoslovac i istraživač, univerzalni genij i kozmopolit, znanstvenik i podupiratelj. Između 1799. i 1804. putovao je Južnom Amerikom koju je istražio i opisao sa znanstvenoga gledišta. U svojem djelu Kosmos u 5 svezaka izložio je fizički opis svijeta. Opisao je mnoge zemljopisne pojave i prirodne vrste koje su dotada Europljanima bile nepoznate. Prema njemu su nazvane Humboldtova struja, rijeka Humboldt, Istočni i Zapadni Humboldtov lanac, mjesечеvo more Mare Humboldtianum kao i asteroid 54 Alexandra. Nakon Humboldtove smrti njegovi prijatelji i kolege osnovali su Zakladu kako bi nastavili njegovu velikodušnu potporu mladim znanstvenicima. S obzirom da su prvotne donacije izgubile vrijednost tijekom njemačke hiperinflacije dvadesetih godina, a potom i u Drugom svjetskom ratu, Savezna Republika Njemačka obnovila je 1953. rad Zaklade. Osnivačku je ispravu potpisao Konrad Adenauer, a prvi je predsjednik Zaklade postao dobitnik Nobelove nagrade za fiziku Werner Heisenberg. Zaklada Alexander von Humboldta potiče znanstvenu izvrsnost i suradnju između vrhunskih stranih i njemačkih istraživača svih znanstvenih disciplina. Godišnje dodjeljuje više od 700 stipendija i nagrada. Znanstvena je mreža proširena na 140 zemalja i uključuje više od 27 tisuća znanstvenika. U tu mrežu izvrsnosti uključen je i Klub hrvatskih humboldtovaca, osnovan 11. svibnja 1992. u Zagrebu, sa sjedištem na Marulićeve trgu 19. Prvi je predsjednik Kluba bio istaknuti znanstvenik i pokojni akademik Viktor Žmegač. Članovi su Kluba znanstvenici iz svih područja znanosti koji su tijekom svoje znanstvene karijere imali stipendiju Zaklade Alexander von Humboldta. Želja je članova Kluba da se među mladim znanstvenicima u Hrvatskoj poveća interes za prednosti stipendiranja koje pruža Humboldtova zaklada i suradnja s njemačkim i međunarodnim znanstvenim institucijama. Međunarodna znanstvena suradnja i mobilnost znanstvenika ključne su pretpostavke za razvitak moderne znanosti i znanstvene izvrsnosti za kojom teži i hrvatska akademska zajednica.

Iz životopisa predavača

Milan Pelc (Sisak, 24. XI. 1958.), povjesničar umjetnosti, diplomirao 1984. na Filozofskom fakultetu u Zagrebu na kojem je magistrirao 1988. i doktorirao 1992. Kao knjižničar od 1985.-1990. radio u Odjelu starih i rijetkih knjiga i rukopisa Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu, potom kao asistent na Odsjeku za povijest umjetnosti sveučilišta u Zagrebu (1990.-1993.). Višekratni studentski boravci u Njemačkoj kao stipendist Alexander von Humboldt-Stiftung. Od 1993. zaposlen na Institutu za povijest umjetnosti u Zagrebu, na kojem je bio ravnatelj od 2003. do 2018. Na Odsjeku za povijest umjetnosti Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu predavao kolegij Teorija likovnih umjetnosti (2000.-2010.), a na Studiju dizajna pri Arhitektonskom fakultetu istoga sveučilišta predavao je od 2004. do 2013. kolegij Vizualna kultura. Od 2020. predaje na Fakultetu hrvatskih studija Sveučilišta u Zagrebu kolegij Hrvatski umjetnici u Europi 15.-18. stoljeća. U mirovini od 2024. kao znanstvenik emeritus na Institutu za povijest umjetnosti.

Tenzorske neuronske mreže kao surogat modeli u mehanici

Luka Grubišić

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak predavanja

U ovom predavanju promatrat ćemo strukturirane neuronske mreže kao surogat modele rješenja parametarski ovisnih familija parcijalnih diferencijalnih jednadžbi. Neuronske mreže su klasa funkcija koje se dobivaju ugnježđenim kompozicijama afinity funkcija i aktivacijskih funkcija. Aktivacijska funkcija je vektorska funkcija vektorske varijable koja se konstruira kao produkt osnovne skalarne funkcije primijenjene na svaku od komponenata vektora domene pojedinačno. Kompresija informacije kao i moć (bogatstvo) reprezentacije ovakve klase funkcija proizlazi iz učinkovitog korištenja strukture matričnih koeficijenata afinity funkcija. Reprezentiranje matričnih koeficijenata korištenjem dekompozicije tenzorskih lanaca (tensor train decomposition ili matrix product states u fizikalnoj literaturi) omogućava smanjenje memorijske složenosti neuronskih mreža kao i ubrzanje njihovog izvrednjavanja na modernim grafičkim akceleratorima. U slučaju kada su aktivacijske funkcije glatke, rezidual koji se dobije uvrštavanjem surogat modela rješenja u diferencijalnu jednadžbu se može direktno izračunati automatskim deriviranjem, njegove norme se računaju korištenjem numeričkog integriranja na rijetko popunjenim mrežama (sparse grids). U ovom predavanju ćemo promatrati problem konstrukcije neuronske mreže, kao reprezentacije rješenja familije diferencijalnih jednadžbi (surogat modela), minimizacijom reziduala (učenjem). Prototipni problem će biti reprezentiranje familija reljefnih funkcija (landscape function) koje daju informacije o lokalizaciji svojstvenih funkcija Schroedingerovog hamiltonijana. Kao drugi primjer ćemo promatrati neuronske mreže kao surogat modele u problemu optimizacije geometrije mehaničkih struktura.

Iz životopisa predavača

Redoviti profesor u trajnom izboru Prirodoslovno matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Područje znanstvenog interesa je teorija operatora, numerička analiza metode konačnih elemenata, teorija aproksimacija s naglaskom na redukciju dimenzije modela te znanstveno računanje. Glavni znanstveni doprinosi su ostvareni u teoriji perturbacija operatora matematičke fizike, metode procjene greške aproksimacije svojstvenih funkcija i svojstvenih vrijednosti a posteriori u adaptivnim metodama konačnih elemenata, razvoju metode konturnih integrala u numeričkom rješavanju spektralnog i evolucijskog problema. Trenutno obnaša dužnost pročelnika Matematičkog odsjeka Prirodoslovno matematičkog fakulteta, predsjednika Udruge za industrijsku i primijenjenu matematiku te potpredsjednika Hrvatskog matematičkog društva.

Primjena neuronskih mreža u mehanici čvrstih tijela

Jurica Sorić

Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak predavanja

Pomoću velikoga broja podataka koji se najčešće dobivaju eksperimentom ili klasičnim numeričkim metodama, uz nedovoljno poznavanje fizikalnih zakona moguće je na učinkovit način modelirati fizikalne procese primjenom metoda umjetne inteligencije koje se temelje na strojnom učenju i neuronskim mrežama. Razvojem računala, neuronske mreže sve više nalaze primjenu u mehaničkim znanostima na kojima se temelji razvoj i projektiranje inženjerskih konstrukcija. Za postizanje optimalne i pouzdane konstrukcije, uvode se novi napredni materijali pri čemu je važno opisivanje konstitutivnih modela, koje se temelji na neuronskim mrežama i metodama dubokog učenja (deep learning). Prikazat će se postupci vođeni podacima (data driven) koji obuhvaćaju unaprijedne (feed forward) neuronske mreže, povratne (recurrent) neuronske mreže zajedno s LSTM (long short-term memory) i GRU (gated recurrent unit) algoritmima. Pritom će se razmatrati tzv. encoder-decoder modeliranje dubokog učenja koje uključuje i transformer arhitekturu koja se uglavnom koristi za procesiranje jezika (Natural Language Processing). Prikazat će se neuronske mreže koje uključuju i odgovarajuće osnovne fizikalne relacije (Physics-informed neural networks) koje pridonose smanjenju broja podataka za strojno učenje pri čemu se povećava numerička učinkovitost, što naročito dolazi do izražaja pri modeliranju inženjerskih problema. Pritom će se razmatrati formulacija pomoću diferencijalnih jednadžbi i energijska formulacija. Primjena spomenutih postupaka prikazat će se na modeliranju problema koji su vezani uz povijest deformiranja kao što su plastičnost, oštećenje i lom konstrukcije.

Iz životopisa predavača

Jurica Sorić je professor emeritus na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, redoviti je član Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti i Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. Bio je voditelj Katedre za mehaniku i čvrstoću. Kao gostujući istraživač i gostujući profesor, u više je navrata boravio na inozemnim sveučilištima: Sveučilište Ruhr u Bochumu, Tehničko sveučilište u Beču, Sveučilište Karlsruhe i University of California, Irvine, SAD. U okviru zajedničkih projekata boravio je i provodio istraživanja na Tehničkom sveučilištu u Darmstadtu i na Sveučilištu u Hannoveru. Njegova znanstvena djelatnost odnosi se na razvoj numeričkih algoritama u metodi konačnih elemenata za linearnu i nelinearnu analizu čvrstoće i stabilnosti luskastih konstrukcija, na razvoj bezmrežnih metoda te na proučavanje algoritama temeljenih na strojnom učenju. Objavio je 290 znanstvenih radova, od kojih su 72 u znanstvenim časopisima. Dobio je međunarodne nagrade CEACM Prof. Mang Award, i ICCES Distinguished Fellow, SAD. Domaće nagrade su: Velika medalja Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Nagrada Sveučilišta u Zagrebu Fran Bošnjaković, Nagrada Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, Nagrada Josip Juraj Strossmayer te Državna nagrada za znanost. Član je Uređivačkog odbora časopisa CMES: (Computer Modeling in Engineering & Sciences) i Transactions of FAMENA. Bio je član organizacijskog ili znanstvenog odbora više od 50 međunarodnih konferencija. Recenzent je više od 50 radova u međunarodnim časopisima. Član je Znanstvenog vijeća Međunarodnog centra za mehaničke znanosti, CISM Udine, Znanstvenog odbora CEACM-a, predsjednik od 2005. do 2008., Općeg vijeća IACM-a. Od domaćih znanstvenih udruga, član je Izvršnog odbora Hrvatskog društva za mehaniku, predsjednik od 2007. do 2009., Kluba hrvatskih humboldtovaca i Društva sveučilišnih nastavnika i drugih znanstvenika.

Strojno učenje u modeliranju jednadžbama

Ivica Kožar
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Sažetak predavanja

Rad je dio modela za određivanje parametara materijala iz eksperimentalnih ispitivanja. Savijanje prizmi u tri točke proizvodi dovoljnu količinu podataka za identifikaciju parametara modela materijala. Kada se podaci povežu s modelom, rezultat je zatvorena krivulja unutar koje treba interpolirati dodatne točke. Generalizacija tog problema je prikaz implicitno zadanih točaka, analitički i pomoću strojnog učenja pri čemu je krajnji cilj načiniti neuralne mrežu sposobnu za automatsko određivanje relevantnih parametara iz rezultata pokusa.

Grafički prikaz implicitno zadanih krivulja $f(x,y)$ nije jednostavan jer više parova točaka (x,y) zadovoljava jednadžbu pa standardni računalni programi rješavaju problem rasterizacijom: domena od interesa podijeli se u mrežu pravokutnika pa se za svaki pravokutnik ispituje da li je rezultat funkcije dovoljno blizu nuli. Takav prikaz bio bi eventualno pogodan za primjenu računalnog vida. Ovdje koristimo promjenu parametrizacije funkcije tako da dobivamo jednoznačno preslikavanje novog parametra (temeljenog na integralu funkcije) i točaka (x,y) . Postupak se temelji na arc-length metodi kombiniranoj s modificiranim Newtonovim algoritmom i nema singularnih točaka.

Provedeni numerički pokusi pokazuju da je moguće formirati neuralnu mrežu koja brzo i pouzdano opisuje proizvoljnu implicitnu funkciju pa čak i familiju implicitnih krivulja odjednom. Kod treniranja neuralne mreže koriste se parovi točaka, a ne jednadžba funkcije pa se tako dobivena neuralna mreža može koristiti za interpolaciju točaka dobivenih mjerenjima.

Iz životopisa predavača

Doktorirao na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, poslijedoktorand na EPFL (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne) i IWB (Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen), gostujući profesor na Laboratoire de Mécanique et Technologie, Ecole normale supérieure de Cachan. Trenutno je voditelj znanstvenog projekta "Strojno učenje u identifikaciji parametara modela konstrukcija i materijala" i doktorand vezan uz HRZZ "Multi-scale concrete model with parameter identification", a nedavni projekti uključuju IPA3C "Centre of Excellence for Structural Health" (zajedno s FSB i FER, Sveučilište u Zagrebu).

Dobitnik nagrade 2024. Central European Association for Computational Mechanics za doprinos računalnoj mehanici. Dobitnik brončane medalje na 20. međunarodnoj izložbi inovacija ARCA 22 za inovaciju: "Inovativna procedura brzog mjerenja toplinske vodljivosti betonskih uzoraka".

Član uredničkog odbora časopisa "Coupled systems mechanics", Technopress Korea i časopisa "Građevinar", Hrvatski savez građevinskih inženjera.

Bio je dekan Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, predsjednik Hrvatskog društva za mehaniku. Organizirao je međunarodne konferencije NATO Advanced Research Workshop "Extreme Man-Made and Natural Hazards in Dynamics of Structures" i 8. Međunarodni kongres Hrvatskog društva za mehaniku.

Bio je član Matičnog odbora za polja arhitekture i urbanizma, geodezije i građevinarstva. Ima znanstvenu suradnju s Université de Technologie Compiègne - Sorbonne Universités, University of Stuttgart, Technische Universität Braunschweig, University of Maribor i drugima. Znanstveni interes: inverzno modeliranje i identifikacija parametara iz podataka mjerenja, primjena strojnog učenja na probleme modeliranja.

Konveksne neuronske mreže i mehanika ugljikovih nanocijevi ili kako do novih metamaterijala

Marko Čanađija
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci

Sažetak predavanja

Predavanje predstavlja razvoj praktično upotrebljivog numeričkog alata za razvoj metamaterijala i struktura temeljenih na nanoreškastim nosačima. Obzirom na izvanredna mehanička svojstva ugljikovih nanocijevi, upravo će one biti korištene za izradu ovakvih hipotetskih struktura. Numerički postupak temelji se na skupu podataka dobivenim nizom simulacija vlačnog i tlačnog aksijalnog testa jednostrukih ugljikovih nanocijevi na sobnoj temperaturi pomoću molekularne dinamike. Dobiveni podaci koriste se za treniranje usmjerene neuronske mreže. Koristi se posebna vrsta neuronske mreže – tzv. integrabilna – djelomično konveksna neuronska mreža. Nakon treniranja, takva neuronska mreža služi kao konstitutivni model za sve aksijalno opterećene jednostruke ugljikove nanocijevi, koje imaju fizikalno realan promjer i proizvoljnu kiralnost. Mreža se povezuje sa štapnim konačnim elementima u softveru Abaqus, te se dobiva štapni konačni element koji vjerno reproducira mehaničko ponašanje nanocijevi ranije dobiveno molekularnom dinamikom. Efikasnost metode pokazuje se na seriji mehaničkih analiza nanoreškastih struktura koje uključuju i materijalnu i geometrijsku nelinearnost. Na kraju se razvijeni numerički postupak povezuje s optimizacijskim procedurama radi dobivanja nanostrukture ili metamaterijala traženih svojstava.

Iz životopisa predavača

Prof. dr. sc. Marko Čanađija redoviti je profesor u trajnom izboru na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Aktivan je istraživač u spregnutim problemima koji uključuju i mehaniku i termodinamiku, danas u prvom redu na nanometarskoj razini. Kao osnovni alat koristi metode strojnog učenja. U časopisima indeksiranim u Web of Science objavio je 77 članaka. Objavio je i tri knjige, od kojih su dvije izdane u inozemstvu, dok je jedna objavljena u izdanju Elsevier-a. Mentor je na tri završene doktorske disertacije, a trenutno vodi još dva doktoranda. Predsjednik je Hrvatskog društva za mehaniku. Član je Upravnog odbora i Akademske skupštine International Centre for Mechanical Sciences (CISM), Udine, Italija. Član je Central European Association for Computational Mechanics (CEACM). Za člana suradnika Akademije tehničkih znanosti Hrvatske izabran je 2021. godine. Među nagradama izdvajaju se Nagrada Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti za 2023. godinu, Državna nagrada za znanstvene novake u području tehničkih znanosti za 2002. godinu, te godišnja Nagrada Zaklade Sveučilišta u Rijeci za akademsku godinu 2009/2010.

Raspodjela deformacija udarno opterećenog materijala temeljena na infracrvenoj termografiji i umjetnoj inteligenciji

Lovre Krstulović-Opara
Fakultet elektrotehnike strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu

Sažetak predavanja

Već dugo godina toplinska emisija struktura pri udaru tema je znanstvenog interesa radne skupine na Katedri za konstrukcije, FESBa (Sveučilište u Splitu). Pred dosta godina u suradnji sa FSBom zamijećeni su slični uzorci raspodjele toplinske emisije i raspodjele deformacija (DIC metoda) kod uzoraka metala, kompozita i ćelijastih struktura. Toplinska raspodjela pri deformaciji apsorpcijskih ćelijastih materijala odigrala je značajnu ulogu pri istraživanjima provedenim s univerzitetom u Mariboru i Aveiru. Ono što je nedostajalo, je konverzija toplinske raspodjele u raspodjelu deformacija. Algoritmi umjetne inteligencije doprinijeli su povezivanju DIC metode kod raspodjele deformacija i toplinske raspodjele na način da se uspostavi korelacija za određenu skupinu uzoraka pri sličnim deformacijama. Cilj ovakvog pristupa je omogućiti da jednom naučeni algoritam može iz toplinskog snimka dobiti raspodjelu deformacija i obrnuto. Ovakav pristup je tek u povojima, a preostaje nam dugačak put u istraživanju robusnosti i primjenjivosti ovakve metode računalnog učenja.

Iz životopisa predavača

Lovre Krstulović-Opara je redoviti profesor na Sveučilištu u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje (Hrvatska). Njegova stručnost obuhvaća napredna eksperimentalna ispitivanja, infracrvenu termografiju i metode bez razaranja. U zadnje vrijeme znanstveni rad temelji se na procjeni deformacija putem infracrvene termografije kod udarnih opterećenja materijala poput kompozita i ćelijastih struktura. Održava intenzivnu aktivnu suradnju sa Sveučilištem u Mariboru, Sveučilištem u Aveiru, Sveučilištem u Kumamoto, Sveučilištem u Ljubljani i Sveučilištem u Zlinu. Njegova znanstvena karijera započela je na Sveučilištu u Zagrebu (diploma i magisterij znanosti), Sveučilištu u Darmstadtu i Sveučilištu u Hannoveru (doktorat znanosti). Njegov profesionalni rad odnosi se na ispitivanje metalnih konstrukcija bez razaranja, kao i na sudjelovanje u upravljanju nekoliko inženjerskih udruga.

Pregled modela umjetne inteligencije s primjenom u numeričkom modeliranju kompozitnih konstrukcija

Ivica Smojver
Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak predavanja

Konstrukcije izrađene od višeslojnih kompozitnih materijala iznimno visokih mehaničkih svojstava prisutne su više od 50 godina, otkako su se pojavile u području zrakoplovnog inženjerstva. Njihov razvoj uključuje upotrebu različitih materijalnih sustava, s vlaknima i matricama koje imaju širok raspon mehaničkih, kemijskih i ostalih svojstava. Danas se od njih sve više traže i multi-funkcionalnost, samo-obnovljivost, povećana sigurnost, ekološka prihvatljivost kao i jednostavnije održavanje. Dominantne numeričke metode kojima se opisuje njihovo ponašanje, među kojima se ističe metoda konačnih elemenata, iziskuju sve veće numeričke zahtjeve, kao i kompleksnost numeričkih i konstitutivnih modela. No, primjena umjetne inteligencije, posebice metoda strojnog učenja, omogućuje da se pojedini problemi koji se tiču različitih aspekata projektiranja i korištenja kompozitnih konstrukcija, rješavaju brže i sa znatno manjim računalnim resursima. Ovo uključuje razvoj materijala, modeliranje procesa, predviđanje materijalnih svojstava, konstruktivnu optimizaciju konstrukcija, kao i predviđanje i klasifikaciju popuštanja i oštećenja u kompozitnim konstrukcijama. Sve to omogućeno je dostupnošću velikih količina različitih podataka sakupljenim kroz velik izbor uzoraka u konstrukcijama, koji se obrađuju zahvaljujući sve naprednijim algoritmima za obradu velikih količina podataka. No, ovaj pristup postavlja i nove izazove u odabiru i obradi dovoljno pouzdanih skupina podataka kako bi metodologija dala upotrebljive rezultate. Stoga je u ovom radu dat sažeti pregled nekih od pogodnih pristupa koji koriste umjetnu inteligenciju i strojno učenje u numeričkom modeliranju mehaničke karakterizacije kompozitnih konstrukcija, s posebnim osvrtom na one u području zrakoplovstva i svemirske tehnike.

Iz životopisa predavača

Prof. Ivica Smojver djeluje na Zavodu za zrakoplovno inženjerstvo Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Prije toga radio je na Zavodu za tehničku mehaniku istog fakulteta kao i Tehničkoj vojnoj akademiji u Zagrebu, Katedra raketne tehnike. U razdoblju od 2004. – 2018. bio je voditelj Katedre za aerodinamiku te Katedre za zrakoplovne konstrukcije. Znanstveni interesi uključuju primjenu metode konačnih elemenata u analizi kompozitnih zrakoplovnih konstrukcija; analizu ponašanja zrakoplovnih konstrukcija pri udarnim opterećenjima; primjenu višerazinskih metoda u analizi pojave oštećenja u kompozitnim konstrukcijama; numeričko modeliranje kao i samoobnavljajuće kompozitne konstrukcije. Prof. Smojver podučava predmete u području avionskih konstrukcija te mehanike kompozitnih zrakoplovnih konstrukcija na studijima zrakoplovstva i strojarstva na FSB-u, kao i predmete iz područja raketne tehnike na Sveučilišnom vojnom studiju. Kao voditelj brojnih projekata ima više od 60 radova u referentnim publikacijama i zbornicima radova, te je imao pozvana predavanja, među ostalim institucijama i u NASA Glenn Laboratory, Airbus, Bombardier, TsAGI (Rusija) INCAS (Rumunjska) i dr. Među ostalim članstvima, prof. Smojver je *Senior Member* u *American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA)*, član *European Association of Computational Mechanics*, predstavnik Hrvatske u *Programskom odboru za transport Obzora 2020 te Obzora Europe*. 4 godine je obnašao dužnost ko-predsjedatelja u *Advisory Council for Aeronautical Research and Innovation in Europe - Member States Group (ACARE – MSG)* te je bio predstavnik RH u *Clean Sky 2 States Representatives Group*. Član je *Materials Technical Committee* u *American Institute of Aeronautics and Astronautics* od 2022.

Neuronski model zračnog difuzora s podesivim lopaticama

Željko Tuković

Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak predavanja

Novije smjernice i norme za procjenu učinkovitosti sustava distribucije zraka u prostoriji preporučuju upotrebu računalne dinamike fluida (CFD) kako bi se za pojedini oblik prostorije, poziciju odsisa u odnosu na dovod zraka, i specifične procese koji se odvijaju u prostoriji optimirao broj izmjena zraka u skladu sa stvarnim potrebama unutar prostorije. Difuzor sa pomičnim lopaticama primjer je difuzora kojim je promjenom režima rada (kut lopatice i protok) moguće znatno utjecati na smjer i karakteristike strujanja zraka u prostoriji. Najveći nedostatak upotrebe numeričkog modela prilikom modeliranja ovog tipa difuzora je vrijeme potrebno za provedbu simulacija. Stoga je u ovom radu razvijen pojednostavljeni rubni uvjet primjenom neuronske mreže i box metode. Rubnim uvjetom je moguće u ovisnosti o položaju lopatica i režimu rada difuzora u milisekundama izračunati profil brzine na izlazu iz difuzora s vrlo niskom relativnom greškom. Rezultati potrebni za treniranje neuronske mreže dobiveni su provedbom niza simulacija strujanja kroz izolirani zračni difuzor za različite protoke i položaje lopatica primjenom simpleFoam solvera (OpenFOAM), dok je postupak treniranja neuronske mreže proveden primjenom C++ biblioteke libtorch. U razvijenom numeričkom modelu, rezultati neuronske mreže se box metodom dodjeljuju na ulaz u domenu prostorije, čime je omogućena provedba simulacija za različite oblike i namjene prostorije s većim brojem difuzora s pomičnim krilcima u svrhu procjene učinkovitosti i toplinske ugodnosti, bez modeliranja geometrije difuzora i upotrebe domene promjenjivog oblika.

Iz životopisa predavača

Željko Tuković je redoviti profesor u Zavodu za energetska postrojenja, energetiku i okoliš na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Provodi istraživanja u području primjene metode kontrolnih volumena u numeričkom rješavanju problema mehanike kontinuuma. Posebice je fokusiran na sljedeća područja: interakcija između fluida i krutog tijela, numeričko modeliranje višefaznog strujanja primjenom pomičnih mreža, primjena numeričkih metoda u konstrukciji turbostrojeva. Sudjelovao je u nizu domaćih i međunarodnih istraživačkih projekta te je objavio 38 recenziranih radova u međunarodnim časopisima (<https://www.researchgate.net/profile/Zeljko-Tukovic>)

Modeliranje konstitutivnog ponašanja heterogenih materijala primjenom strojnog učenja

Tomislav Lesičar
Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak predavanja

Opis mehaničkog ponašanja materijala tradicionalno se temelji na analitičkim izrazima koji proizlaze iz brojnih eksperimentalnih ispitivanja. S obzirom na rastuću potražnju za razvojem novih materijala s kompleksnom mikrostrukturom, kao i proširenom eksploatacijom starih materijala, nužno je primijeniti nove i učinkovitije metode za opisivanje konstitutivnog ponašanja materijala. Metoda strojnog učenja temeljena na neuronskim mrežama postala je popularan pristup posljednjih godina. Uz to, posljednjih nekoliko godina posebna pažnja se posvećuje preciznom određivanju cjelovitosti konstrukcija i produljenju njihovog životnog vijeka, kao i postizanje izdržljivih, laganih, jeftinih i ekološki prihvatljivih konstrukcija. Pritom primjena numeričkih simulacija i naprednih numeričkih metoda, kao što je metoda faznog polja omogućuje procjenu cjelovitosti postojećih konstrukcija te optimiranja i razvoj novih konstrukcija poboljšanih performansi u fazi projektiranja. U ovom predavanju bit će prikazana primjena unaprijedne arhitekture neuronske mreže za opisivanje plohe tečenja kod elastoplastičnog ponašanja materijala. Materijalni model pogonjen neuronskom mrežom je kombiniran s jednadžbom faznog polja i ugrađen je u metodu konačnih elemenata u obliku razdvojenog algoritma rješavanja sustava diferencijalnih jednadžbi za modeliranje oštećenja u materijalima i procjenu cjelovitosti konstrukcija. Učinkovitost metode je demonstrirana na jednostavnim akademskim primjerima iz literature.

Iz životopisa predavača

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Lesičar zaposlen je na Zavodu za tehničku mehaniku Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, gdje drži nastavu iz područja čvrstoće materijala i numeričkih metoda u mehanici čvrstih tijela. Njegovo područje istraživanja obuhvaća napredne numeričke metode za analizu procesa deformiranja mehaničkih konstrukcija, napredne formulacije metode konačnih elemenata, razvoj algoritama za numeričko modeliranje oštećenja i zamora te višerazinsko modeliranje materijala uključujući razmatranja na mikrorazini. Izvanredni profesor Lesičar je kao suradnik sudjelovao na 4 znanstveno-istraživačka međunarodna projekta, 2 domaća istraživačka projekta i 2 istraživačko-razvojna projekta u suradnji s gospodarstvom. Objavio je više od 90 znanstvenih radova. 23 rada su indeksirana u citatnoj bazi WoSCC, 14 radova se nalazi u časopisima koji su u bazi Current Contents (CC), od čega je 8 radova objavljeno u 25 % najbolje rangiranih časopisa u predmetnom području, odnosno pripadaju kvartilu Q1. 2 rada se nalaze u 5% najboljih časopisa. Prezentirao je više od 20 radova na međunarodnim konferencijama. Prema citatnoj bazi Web of Science, izvanredni profesor Lesičar je citiran u 121 bibliografskoj jedinici, a prema Scopus 152 bibliografske jedinice. Trenutno je mentor 3 doktorske disertacije u izradi.

Primjena umjetne inteligencije u rješavanju stohastičkih inverznih problema mehanike materijala i primjena računalnog vida u konstrukcijama

Mijo Nikolić

Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu

Sažetak predavanja

Predavanje se bavi primjenom umjetne inteligencije i strojnog učenja u rješavanju stohastičkih inverznih problema u mehanici materijala i konstrukcija s fokusom na identifikaciju parametara loma. Parametri loma imaju ključnu ulogu u preciznom simuliranju propagacije loma, koji je izrazito nelinearan i osjetljiv na različite parametre. U radu se koriste dva testa za identifikaciju parametara loma: jednoosno vlačno ispitivanje i ispitivanje savijanjem u četiri točke, koji služe kao referentne simulacije za određivanje čvrstoće materijala i energije loma. Inverzni problem određivanja parametara se rješava metodom Bayesove uvjetne vjerojatnosti i korištenjem Monte Carlo Markovljevih lanaca. Tradicionalno se rješavanje stohastičkih inverznih problema temelji na zamjenskim ili surogat modelima kao što su metoda polinomskog kaosa. U ovom radu se analizira upotreba dubokih neuronskih mreža kao surogat model te se uspoređuju i analiziraju različite arhitekture mreža za učenje ponašanja materijala pri slomnom ponašanju. Učenje se vrši na podacima dobivenim iz računalnih simulacija modelom za propagaciju pukotina. Osim dubokih neuronskih mreža, prikazuje se i upotreba autoenkodera, neuronskih mreža s kojima se može smanjiti dimenzionalnost i eliminirati šum iz baze podataka. Na kraju rada prikazuje se uspješna identifikacija parametara loma, uključujući vlačnu i posmičnu čvrstoću, te energiju loma pri vlačnom i posmičnom naprezanju. U predavanju će se također i prikazati jedan primjer korištenja računalnog vida za identifikaciju pukotina na zgradama.

Iz životopisa predavača

Mijo Nikolić je rođen u Splitu 02. siječnja 1988. godine. Nakon završenog sveučilišnog diplomskog studija građevinarstva na Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu, upisao je dvojni doktorski studij između École Normale Supérieure de Cachan u Parizu u Francuskoj i Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Split. Doktorski rad je obranio 2015. godine.

Trenutno radi kao docent na Katedri za tehničku mehaniku Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu. Njegova znanstveno-istraživačka djelatnost odvija se u području teorijske i računalne mehanike, razvoju fizikalnih i numeričkih modela s primjenom u geotehnici, konstrukcijama i materijalima, rješavanju inverznih problema, stohastičkih proračuna, teorije Bayesove uvjetne vjerojatnosti u primjeni na identifikaciju parametara te primjeni umjetne inteligencije, strojnog učenja i modela temeljenih na velikoj količini podataka.

Voditelj je uspostavnog znanstveno-istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost te je razvio istraživačku grupu koja se trenutno bavi stohastičkim inverznim problemima i Bayesovom uvjetnom vjerojatnošću, velikom količinom podataka generiranih računalnim simulacijama na računalnim klasterima te primjeni strojnog učenja i umjetne inteligencije.

Fizikalno proširene neuronske mreže i hiperelastičnost

Martin Zlatić
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci

Sažetak predavanja

Predavanje daje kratki pregled korištenja neuronskih mreža na par primjera iz materijalnoga modeliranja, popraćeno komentarima od jednostavnijih („black-box“) načina modeliranja do složenijih načina modeliranja uz uvažavanje fizikalnih ograničenja pojedinih materijala. Potom se detaljnije obrađuje fizikalno proširene neuronske mreže te je dan pregled fizikalnih ograničenja te načini njihova uklapanja u neuronske mreže. Primjeri fizikalnih ograničenja koji su prezentirani jesu objektivnost, normalizacijski uvjet energije deformiranja, normalizacijski uvjet naprezanja, ne-negativnost energije deformiranja, konveksnost (polikonveksnost) i termodinamička konzistencija. Dani su i računski primjeri koji prate predstavljene neuronske mreže, svi primjeri su sa velikim deformacijama. Predstavljeno je modeliranje običnog hiperelastičnog ponašanja i modeliranje Mullinsova efekta koji se pojavljuje kod gumenih materijala. Na kraju je dana kratka usporedba između kompleksnosti različitih modela i njihove točnosti na različitim računskim primjerima.

Iz životopisa predavača

Martin Zlatić, rođen 18.3.1996. u Rijeci, je asistent i student na poslijediplomskom doktorskom studiju na Tehničkom Fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Prijediplomski studij strojarstva je upisao 2014. na Tehničkom Fakultetu, a 2019. završava diplomski studij te upisuje doktorski studij. Sudjeluje u izvođenju nastave na prijediplomskoj i diplomskoj razini, te je tokom studija objavio 4 znanstvena rada u međunarodnim časopisima na temu primjene neuronskih mreža u mehanici čvrstih tijela, 3 članka sa primjenom na hiperelastičnosti i 1 članak na ugljičnim nanocijevima. Trenutno znanstveno istraživanje je usmjereno na fizikalno proširene neuronske mreže te njihova primjena na različitim materijalnim ponašanjima.

Strojno učenje i optimizacija pri dizajnu mikrokanalnih izmjenjivača topline

Ante Sikirica
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci

Sažetak predavanja

Strojno učenje posljednjih godina značajno je promijenilo percepciju i pristup u razvoju novih te poboljšanju postojećih inženjerskih rješenja. Integracijom strojnog učenja s tradicionalnim pristupima računalne dinamike fluida i optimizacije, moguće je efikasno rješavati probleme koji su do sada bili teško dostižni. Okosnica predavanja je primjena modela temeljenih na strojnom učenju za preciznu procjenu toplinskih performansi mikrokanalnih izmjenjivača topline. Ovakav pristup ubrzava dizajnerski proces, omogućujući istraživanje šireg spektra parametara i scenarija, što rezultira učinkovitijim i funkcionalnijim rješenjima. Istraživanje je dodatno usmjereno na primjenu metoda optimizacije s više funkcija cilja, koje uravnotežuju suprotstavljene ciljeve kao što su minimizacija temperature i optimizacija protoka unutar mikrokanalnih izmjenjivača topline. Ostvareni rezultati jasno ukazuju na veliki potencijal strojnog učenja u optimizaciji složenih inženjerskih sustava, osobito u kontekstu upravljanja i odvođenja topline. Neuronske mreže, kao jedan od temeljnih alata u repertoaru metoda strojnog učenja, pokazale su se iznimno učinkovitima u modeliranju složenih odnosa između velikog broja parametara. Njihova sposobnost da identificiraju i koreliraju nelinearne i složene međuovisnosti omogućuje ne samo točnije predikcije, već i donošenje informiranijih odluka u procesu dizajna. Rezultati otvaraju put za još naprednija, učinkovitija i održivija rješenja koja će oblikovati budućnost inženjerskih rješenja za upravljanje topline.

Iz životopisa predavača

Ante Sikirica, mag. ing. mech., je asistent na Sveučilištu u Rijeci, pri Centru za napredno računanje i modeliranje (CNRM), te vanjski suradnik na Tehničkom fakultetu (RITEH). Titulu magistra inženjera strojarstva stekao je na Tehničkom fakultetu u Rijeci, gdje je ujedno i doktorand. Kao sistemski administrator sveučilišnog HPC sustava te specijalist za računalnu dinamiku fluida, okosnicu znanstvenog djelovanja znanstvenika čini primjena računalstva visokih performansi u području računalne dinamike fluida, strojnog učenja i optimizacije u inženjerskim problemima. Aktivno sudjeluje u realizaciji nastave, posebno u kolegijima koji integriraju računalnu dinamiku fluida i paralelno programiranje u superračunalnom okruženju.