

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za strojništvo*



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

RAZPISANE TEME ZAKLJUČNIH, DIPLOMSKIH IN MAGISTRSKIH NALOG

za študente projektno-aplikativnega
in razvojno raziskovalnega programa
I. in II. stopnje

Ljubljana, 19. 2. 2025

Seznam naslovov (klik preusmeri na opis):

1. Uporaba naprave za sledenje pogleda za opazovanje obnašanja voznikov med vožnjo.....	4
2. Razvoj ustrezne zaščitne stene SOS-tunelske niše za osebna vozila in avtobuse.....	4
3. Naprava za demonstracijo vozne dinamike na tekočem traku	4
4. Preizkuševališče za analizo prevračanja modela vozila v pomanjšanem merilu	4
5. Zasnova naprave za meritve elastokaloričnega učinka	5
6. Tračni in verižni transporterji.....	5
7. Simulacija interakcije udeleženca prometnih nezgod z zračno blazino.....	5
8. Razvoj hibridne naletne blazine za zaščito potnikov pri naletu vozil v steno niše tunela	6
9. Razvoj vpenjalne priprave.....	6
10. Numerične simulacije naleta motorista v: a) točkovno zaščito in b) stebriček.....	6
11. Analiza pojemkov vozil (a) osebna vozila in b) avtobusi) v območju izletnih con (več nalog)7	
12. Testiranje poliuretanskih stebričkov po standardu.....	8
13. Razvoj prilagodljivega merilnika zasuka gredi	8
14. Zasnova in razvoj ekspanderja CO ₂ hladilnega sistema.....	8
15. Napetostno-deformacijska analiza podpor elastokaloričnega regeneratorskega.....	8
16. Zasnova krmiljenja in/ali merilne verige hibridnega hladilnega sistema (delo je možno razdeliti med dva študenta).....	9
17. Analiza kinematike in kinetike pogonskega sistema elastokaloričnega hladilnika.....	10
18. Razvoj naprednega sistema za pobiranje čebeljega strupa.....	10
19. Analiza aktuatorja iz materiala z oblikovnim spominom (možnih več diplomskih nalog) ..	10
20. Razvoj naprave za čiščenje cvetnega prahu	11
21. Simulacija interakcije udeleženca prometnih nezgod z varnostnim pasom pri aktivaciji zategovalnika.....	11
22. Snovanje varnih zaključnic varnostnih ograj	11
23. Izometrična analiza inženirskih problemov.....	12
24. Poenostavljeno modeliranje vijčnih zvez s pomočjo MKE.....	12
25. Snovanje in validacija MKE-čelade za namen trčnih preizkusov.....	12
26. Snovanje in validacija kolesa za trčne preizkuse kolesarjev (več nalog: modeliranje geometrije, priprava mreže, validacija).....	13
27. Eksplozijska odpornost stekla	13
28. Matematično modeliranje mehanskega odziva mehkih tkiv kolenskega sklepa za potrebe analize prometnih nezgod (več nalog)	13
29. Analiza poškodb kolena a) potnikov, b) pešcev in c) kolesarjev v prometnih nezgodah (več nalog).....	14
30. Vpliv načina modeliranja vezi na kinematiko kolenskega sklepa.....	14

31. Snovanje in validacija električnega skiroja za trčne preizkuse (več nalog: modeliranje geometrije, priprava mreže, validacija)	15
32. Modeliranje in validacija obremenitvenih parametrov eksplozijskih valov	15
33. Analiza trka, ocena tipa in resnosti poškodbe pri trku voznika e-skiroja s pešcem	16
34. Analiza trka, ocena tipa in resnosti poškodbe pri trku voznika e-skiroja z osebnim vozilom	16
35. Analiza prometnih nesreč za identifikacijo lokacij konfliktnih točk voznikov e-skirojev z drugimi prometnimi udeleženci	17
36. Identifikacija materialnih parametrov homogenih materialov s pomočjo korelacije digitalnih posnetkov (DIC oz. <i>Digital Image Correlation</i>) in optimizacije	17
37. Preizkuševališče za snovanje eksperimentov z računalniškim vidom	18

0. Pojasnila

Seznam razpisanih tem za diplomske naloge se stalno dopolnjuje. Najnovejša različica je vedno na voljo na spletnem naslovu:

<http://kmtm.fs.uni-lj.si/slo/izobrazevanje/RazpisaneTemeDiplomKMTM.pdf>

Dodatne informacije o posamezni nalogi so na voljo po e-pošti na kontaktnih naslovih, ki so zapisani pod opisi nalog. Vsebine nalog so okvirne in se lahko prilagodijo željam in zmožnostim študentov. Možne so tudi povezave razpisanih tem z ostalimi raziskavami s področij, ki jih pokriva Katedra za modeliranje v tehniki in medicini.

1. Uporaba naprave za sledenje pogleda za opazovanje obnašanja voznikov med vožnjo

Naloga naj kot uvod in izhodišče predstavi možnosti, ki jih ponuja naprava za sledenje pogleda. V nadaljevanju naj bo zasnovan poskus, pri katerem naj avtor naloge uporabi napravo za spremljanje treh različnih voznikov na treh različnih cestnih odsekih. Preizkusni vozniki in cestni odseki naj bodo izbrani tako, da se njihove lastnosti merljivo razlikujejo. Vozniki in cestni odseki naj bodo urejeni v matriko poskusov. Osrednji del naloge naj predstavi med poskusom izmerjene količine in njihovo analizo. Za analizo naj bo vidno polje razdeljeno na področja, za katera naj bodo določena trajanja in frekvence opazovanja za vsak element matrike poskusov. Na podlagi analize naj bodo za vsak element matrike poskusov podane tudi opisne ugotovitve.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

2. Razvoj ustrezne zaščitne stene SOS-tunelske niše za osebna vozila in avtobuse

V okviru diplomske naloge je treba razviti in numerično preveriti (Metoda Končnih Elementov) zaščitno sredstvo za SOS-tunelsko nišo, ki bi v primeru trka osebnega vozila (TB 11) ali v primeru trka avtobusa (TB 51) zagotovilo, da velikosti pospeškov (MVP – ASI), pojemka glave potnikov v vozilu po udarcu (PGU – PHD) in teoretične hitrosti glave pri udarcu (THGU – THIV) ne presežejo s standardom SIST – EN 1317 določenih mej. V zaključku naj bodo podana priporočila za konstrukcijo in vgradnjo takšne naprave.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

3. Naprava za demonstracijo vozne dinamike na tekočem traku

Analiza vozne dinamike v kvazistacionarnih pogojih je z vozili v naravni velikosti mnogokrat otežena zaradi zahtev po dragi merilni opremljeni in ustreznem prostoru za varno preizkušanje. Mnoge koncepte je mogoče preveriti na modelih v pomanjšanem merilu, ki poleg tega ob ustrezni konstrukciji omogočajo tudi boljši nadzor nad vrednostmi parametrov. Namen naloge je zasnovati napravo, ki bo omogočala opazovanje in merjenje parametrov vožnje modela vozila v pomanjšanem merilu (npr. 1:10) na tekočem traku z nastavljivimi in merljivimi parametri (hitrost, trenje, geometrijske, vztrajnostne in togostne lastnosti vozila). Naprava naj bo zasnovana tako, da je uporabna na delovni mizi in da je njena cena ob izpolnjevanju zahtev minimalna.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

4. Preizkuševališče za analizo prevračanja modela vozila v pomanjšanem merilu

Namen naloge je zasnovati preizkuševališče, s katerim bo mogoče na modelu vozila v pomanjšanem merilu (npr. 1:10 ali 1:8) spremljati njegovo obnašanje pri trku v oviro pod ostrim kotom. Zasnova vključuje pripravo samega modela vozila (prilagoditev zahtevanih geometrijskih, masnih in ostalih voznodinamičnih lastnosti obstoječe šasije) in sestavo merilnega sistema z uporabo obstoječe opreme (hitrotekoče kamere, pospeškomeri, ...). Preizkuševališče naj bo zasnovano tako, da ga bo mogoče hitro namestiti na čimmanjšem prostoru. Kot dokaz ustreznosti koncepta naj bo izveden in dokumentiran postopek preizkusa trka modela vozila v model varovalne ograje in na podlagi rezultatov določene vrednosti opazovanih količin.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

5. Zasnova naprave za meritve elastokaloričnega učinka

Velik potencial izkoriščanja elastokaloričnega učinka pri nekaterih zlitinah predstavlja uporaba v hladilnem procesu. Konvencionalna izvedba hladilnika vključuje kompresor, ki ga je možno nadomestiti z manjšim elastokaloričnim elementom. Lastnosti elastokaloričnih zlitin zaenkrat niso povsem raziskane. V okviru naloge je treba preveriti eno od možnih rešitev pri zasnovi naprave za preskušanje epruвет iz elastokaloričnih zlitin. Dana zasnova je pretežno mehanska in zagotavlja preskušanje epruвет pri različnih režimih obremenjevanja. Cilj naloge je razviti in preveriti zasnovo naprave do podrobnega numeričnega modela.

Kontakt: dr. Simon Krašna, simon.krasna@fs.uni-lj.si

6. Tračni in verižni transporterji

V sodobni proizvodnji si težko predstavljamo transport izdelkov znotraj proizvodnega procesa brez tračnih ali verižnih transporterjev. Osnovne oblike transporterjev je možno kot tipski produkt dobiti dokaj ugodno na samem trgu. Vendar pa treba v primeru res optimalnega transporta točno določenih oblik razviti/prilagoditi osnovne gradnike transporterjev. V okviru naloge je treba za tračne ali verižne namenske transporterje izdelati (več nalog):

- Na osnovi masnega pretoka in naklona je treba izdelati program za določitev obremenitev – momentov za izbiro pogona.
- V primeru visečega transporterja je treba določiti mejne kote nagibov za izbrane tipe tirnic in koles.
- Razviti-izdelati model visečega transporterja.
- Izdelati knjižnico tipskih modulov tračnih in/ali vijačnih transporterjev (glede na širino in obremenitev)
- ...

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
SMM d.o.o.

7. Simulacija interakcije udeleženca prometnih nezgod z zračno blazino

Numerični postopki z uporabo metode končnih elementov so nepogrešljivi pri snovanju varnostnih sistemov za zaščito potnikov pri naletu vozil. V nalogi je potrebno z uporabo že razvitih modelov vozil, potnikov in zračnih blazin izdelati simulacijo naleta vozila in posledično interakcijo udeleženca z zračno blazino pri čelnem in bočnem trku vozila.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

8. Razvoj hibridne naletne blazine za zaščito potnikov pri naletu vozil v steno niše tunela

V zadnjih letih se je pri naletu vozil v steno niše tunela zgodilo zelo veliko nesreč s smrtnim izidom. Za postavitev ustrezne verificirane/atestirane naletne blazine pa je v niši tunela premalo prostora (zaradi zagotovitve popolnega umika priklopnih vozil v nišo tunela). V nalogi je treba razviti ustrezno naletno blazino, ki bo po merilih EN 1317 standarda zagotovila dovolj nizke pojemke potnikov tako v osebnih vozilih kot avtobusih.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

9. Razvoj vpenjalne priprave

V obdelovalnem procesu se srečujemo težavami vpetja in obračanja različno velikih in razvejanih obdelovancev. Glede na velikost in obremenitev, ki nastopi predvsem zaradi položaja masnega središča obdelovanja, ki leži iz osi vpetja je treba razviti način vpetja in pogona za tipski sistem (družino) vpenjal. V okviru naloge je treba za družino vpenjal izvesti numerični preračun obremenitev ter določiti sistem vpetja, vležajenja pogona in prenosa.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
SMM d.o.o.

10. Numerične simulacije naleta motorista v: a) točkovno zaščito in b) stebriček

Za povečanje varnosti motoristov se na javnih cestah predvideva postavitev dodatnih zaščit kot so motoristične letve, zaščite nosilnih stebrov JVO ter opremljanje krivin s poudarkom na odstranjevanju nevarnih ovir.

V okviru naloge je treba preučiti vpliva trka motorista v:

- a) točkovne zaščite in
- b) PE stebriček

Predvideva se izvedba numerične simulacije naleta testne lutke Hybrid II v točkovne objekte s čimer bo možno izdelati primerjalna prometno-varnostna analiza vpliva postavitve točkovnih zaščit. Analiza velikosti biomehanskih poškodbenih kriterijev glave in vratu (HIC – Head Impact Criteria; NIC – Neck Injury Criteria) ter trupa/prsnega koša (CSI – Chest Severity Index) se naj izdelata s pomočjo numerične simulacije ob upoštevanju:

- Zakona o cestah in na podlagi tega zakona izdelanih predpisov,
- Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah,
- Standarda za prometne znake SIST EN 12899,
- TSC 02.210 : 2010 Varnostne ograje. Pogoji in način postavitve ter
- Tehnične specifikacije za varnost motoristov SIST-TS CEN/TS 1317-8.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

11. Analiza pojemkov vozil (a) osebna vozila in b) avtobusi) v območju izletnih con (več nalog)

Avtocestni priključki, predvsem t. i. oblika »trobente« so bili projektirani in izvedeni po sistemu postavitve jeklenih varnostnih ograj ob izvoznih, ob trasi ali uvoznih AC krakih, kar pa se je v določenih primerih izkazalo kot neustrezen prometno-varnostni element saj so tudi varnostne ograje neke vrste ovira pri morebitnem izletu vozila iz vozišča.

Z uvajanjem tovrstnih rešitev se ukvarjajo tudi druge države, ki sistematično skrbijo za dvig nivoja prometne varnosti vendar pa podrobni izračuni ali navodila za izvedbo takšnih ali podobnih rešitev ni. V praksi se je na naših AC izletna cona že v nekaj primerih izkazala kot ustrezna pa vendar je potrebno izvedena stanja na terenu nadgraditi tudi z dejanskim testiranjem pojemkov pri kontrolirani vožnji v področje izletne cone.

V več nalogah je treba preučiti potek pojemkov:

- a) osebne vozila mase 900 kg,
- b) osebne vozila mase 1500 kg in
- c) avtobusa mase 13.000 kg,

pri kontrolirani vožnji v območje izletne cone, ki je narejena iz naravnega okroglega agregata zrnivosti 16/32 mm. Pri tem je treba preučiti vpliv:

- a) hitrosti,
- b) kot naleta vozila in
- c) mesto izleta v izletno cono.

Izvesti je treba:

- a) računalniških simulacije z različnimi predpostavkami oz. pogoji kot so hitrost in merodajno vozilo ter
- b) preizkus oz. meritev pojemkov osebne vozila pri kontrolirani vožnji v območje izletne cone.

Rezultat skupnih nalog je, da se v okviru v okviru navedenih meritev in numeričnih simulacij določi zavorno pot merodajnega vozila v izletni coni ter v skladu s standardom SIST-EN 1317 opredeliti indikatorje vpliva sil na potnike, ASI (indeks neugodnih pospeškov).

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

12. Testiranje poliuretanskih stebričkov po standardu

Z namenom povečanja varnosti pešcev na nevarnih mestih se za postavitev varnejšega koridorja predvideva postavitev stebričkov, izdelanih iz PE-materiala. PE-stebrički morajo izpolnjevati pogoje, določene s **pravilnikom o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah**, v skladu s **standardom SIST EN 12899**. To pomeni, da morajo biti stebrički dovolj togi in se plastično ne deformirajo pri pluzenju snega, po drugi strani pa dovolj prilagodljivi, da ne povzročijo hude poškodbe kolesarjev in motoristov pri njihovem morebitnem naletu. V okviru snovanja geometrije bodo uporabljene eksperimentalne meritve in numerične simulacije v programskem okolju LS-DYNA.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si

13. Razvoj prilagodljivega merilnika zasuka gredi

Merjenje zasučnih kotov in hitrosti vrtečih se gredi pogosto predstavlja enega od pomembnih korakov merilnih protokolov. Posebej zahtevno je merjenje zasukov gredi brez prostih koncev, na katere ni mogoče neposredno namestiti zaznaval. Cilj naloge je koncipirati, razviti in preveriti napravo, ki jo bo mogoče namestiti na gredi različnih premerov med ležajni mesti z minimalnimi dodatnimi posegi. Konstrukcija naprave naj bo takšna, da bo mogoče uporabiti tipizirana zaznavala (inkrementalne dajalnike, potenciometre, Hallove senzorje itd.).

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

14. Zasnova in razvoj ekspanderja CO₂ hladilnega sistema

Najnovejše okoliške zahteve zahtevajo naravna hladiva v hladilnih napravah. Zelo pogosti so tako postali hladilni sistemi na osnovi CO₂ hladiva. Ti sistemi delujejo pri zelo visokih tlakih, posledica česar so nižji izkoristki. Za doseganje višjih izkoristkov gre razvoj v smeri izkoriščanja ekspanzijske energije, ki jo lahko koristimo za pogon električnega generatorja, kompresorja ali alternativne tehnologije hlajenja. Glede na izbiro načina izkoriščanja ekspanzijske energije poznamo različne tipe ekspanderjev, kot so:

- batni ekspander,
- turbinski ekspander,
- vijačni ekspander,
- itd.

Cilj diplomske naloge je napraviti pregled primernih ekspanderjev za pogon »pomožnega«
elastokaloričnega hladilnega sistema, jih ovrednotiti in izdelati idejno zasnovo ekspanderja za pogon elastokaloričnega regenerotorja.

Kontakt: doc. dr. Andrej Žerovnik, andrej.zerovnik@fs.uni-lj.si

15. Napetostno-deformacijska analiza podpor elastokaloričnega regenerotorja

Elastokalorična tehnologija hlajenja spada med najperspektivnejše alternativne tehnologije hlajenja. Pri delovanju elastokaloričnih tlačnih regenerotorjev se pojavijo v elastokaloričnem materialu visoke

tlačne obremenitve, ki povzročajo uklon osnovnih gradnikov regenerotorja - cevk. Za preprečevanje uklona cevk se uporablja podpore, ki so podvržene visokim napetostno-deformacijski obremenitvam.

Za potrebe razumevanja napetostno-deformacijskega stanja podpor v odvisnosti od materiala podpor in kontaktnih pogojev med podpor in cevko je potrebno izdelati numerično simulacijo za različne kombinacije materialov in kontaktnih pogojev v programskem okolju ANSYS ter ovrednotiti stanja podpor glede na material in kontaktne pogoje.

Kontakt: doc. dr. Andrej Žerovnik, andrej.zerovnik@fs.uni-lj.si

16. Zasnova krmiljenja in/ali merilne verige hibridnega hladilnega sistema (delo je možno razdeliti med dva študenta)

V sklopu razvoja prototipa hibridnega hladilnega sistema, ki temelji na kombinaciji parno-kompresorskega hlajenja in elastokaloričnega hlajenja je potrebno zasnovati in razviti merilno verigo in krmilni sistem hibridnega hladilnega sistema. Merilna veriga mora izvajati on-line monitoring hladilnega sistema, kot so:

- Temperature posameznih področji hladilnega sistema
- Tlaki posameznih področji hladilnega sistema
- Vrtljaji kompresorja
- Frekvenca ekspanderja
- Sila na elastokalorični regenerotor
- Pomik elastokaloričnega regenerotorja
- Itd.

Poleg merilne verige je potrebno zasnovati in izdelati tudi krmilni sistem, ki bo na osnovi podatkov merilne verige krmilil:

- Vstopni in izstopni ventil ekspanderja
- Pretok vode elastokaloričnega regenerotorja
- Prilagajal stanje ekspanzijskega ventila osnovnega CO₂ hladilnega sistema

V okviru diplomske naloge je potrebno zasnovati in izdelati merilno verigo in/ali krmilni sistem hibridnega hladilnega sistema v programskem okolju LabVIEW.

Kontakt: doc. dr. Andrej Žerovnik, andrej.zerovnik@fs.uni-lj.si

17. Analiza kinematike in kinetike pogonskega sistema elastokaloričnega hladilnika

Pri razvoju elastokaloričnega hladilnega sistema igra ključno vlogo pogonski sistem. Za obremenjevanje elastokalorične tehnologije hlajenja potrebujemo velike razmeroma veliko energije. To energijo je ob ustrezni zasnovi pogonskega sistema mogoče pri razbremenjevanju izkoristiti bodisi za naslednji cikel obremenjevanja ali pa za hkratno obremenjevanje drugega elastokaloričnega sistema. Ustrezna povračljivost energije je ključna za izdelavo energetsko učinkovitega hladilnega sistema na osnovi elastokalorične tehnologije, zato je dobro poznavanje kinematike in kinetike takšnega sistema ključnega pomena.

V diplomski nalogi je potrebno z uporabo programskega orodja MSC Adams na osnovi CAD geometrijskih modelov opraviti analizo kinematike in kinetike pogonskega sistema elastokaloričnega hladilnika ter ovrednotiti dobljene rezultate.

Kontakt: doc. dr. Andrej Žerovnik, andrej.zerovnik@fs.uni-lj.si

18. Razvoj naprednega sistema za pobiranje čebeljega strupa

Čebelarstvo je v Sloveniji izjemno poznana in rastoča kmetijska panoga, kateri se posveča vedno več pozornosti Med vsemi čebeljimi pridelki, pa je najmanj poznan čebelji strup. Slednjega pobirajo in izkoriščajo predvsem v vzhodnih deželah in ZDA, medtem ko v EU prednostne učinke čebeljega strupa šele spoznavamo. Hkrati je čebelji strup izjemno cenjen čebelji pridelek, saj ga je zelo težko pridobivati, količine pa so zelo majhne. Tudi zato je ta čebelji pridelek zelo cenjen in na trgu dosega ceno od 30 € pa vse do 200 € za gram. Dosedanja tehnologija pobiranja čebeljega strupa je dokaj primitivna in enostavna, zato je cilj to tehnologijo izpopolniti in avtomatizirati.

V diplomski nalogi je potrebno zasnovati sistem, ki bo omogočal intenzivnejšo in avtomatizirano pobiranje čebeljega strupa ter zagotavljal večjo čistost čebeljega strupa.

Kontakt: doc. dr. Andrej Žerovnik, andrej.zerovnik@fs.uni-lj.si

19. Analiza aktuatorja iz materiala z oblikovnim spominom (možnih več diplomskih nalog)

Aktuatorji iz materiala z oblikovnim spominom (SMA) so enostavno grajeni aktuatorji, z malo sestavnimi deli, ki delujejo na osnovi fazne transformacije materiala z oblikovnim spominom (Shape memory alloy). Ti aktuatorji se pretežno uporabljajo v vesoljski in letalski tehniki ter ostalih specialnih tehnikah. V zadnjem obdobju se SMA aktuatorji zaradi lahke konstrukcije in majhnega števila sestavnih delov vedno bolj uveljavljajo tudi v avtomobilski industriji, robotiki ter ostalih širše uporabnih industrijskih tehnikah.

V diplomski nalogi je potrebno napraviti analitični in/ali numerični izračun enosmerne in/ali dvosmerne aktuatorja iz materiala z oblikovnim spominom. Opcijsko je možna tudi fizična izdelava aktuatorja in izvedba eksperimentalne analize odziva aktuatorja ter primerjava z izračuni.

Kontakt: doc. dr. Andrej Žerovnik, andrej.zerovnik@fs.uni-lj.si

20. Razvoj naprave za čiščenje cvetnega prahu

Cvetni prah je izjemno pomembne čebelji pridelek, ki kot prehransko dopolnilo pripomore h krepitvi imunskega sistema. Cvetni prah čebele nabirajo na cvetovih in ga shranjujejo v nogicah ter ga prinašajo v panj kot hrano za ličinke in mlade čebele. Čebelarji cvetni prah pridobivajo z vstavljanjem smukalnikov pred čebelji panj ali v panj, tako da cvetni prah osmukajo s čebel. Pri tem se med cvetnim prahom znajdejo tudi razne nečistoče, ki jih je potrebno pred shranjevanjem in prodajo odstraniti. Manjši čebelarji počno to ročno, medtem ko veliki čebelarji cvetni prah čistijo v za to namensko izdelanih napravah, ki pa so zelo drage – 2500 € in več. V diplomski nalogi je potrebno zasnovati in razviti cenovno ugodno napravo za čiščenje cvetnega prahu, ki bi jo lahko manjši čebelarji izdelali sami, oziroma na trgu ne bi presegala cene 400 €.

Kontakt: doc. dr. Andrej Žerovnik, andrej.zerovnik@fs.uni-lj.si

21. Simulacija interakcije udeleženca prometnih nezgod z varnostnim pasom pri aktivaciji zategovalnika

Numerični postopki z uporabo metode končnih elementov so nepogrešljivi pri snovanju varnostnih sistemov za zaščito potnikov pri naletu vozil. V nalogi je potrebno z uporabo že razvitih modelov vozil, potnikov, varnostnih pasov in zračnih blazin izdelati simulacijo naleta vozila in posledično interakcijo udeleženca z varnostnim pasom pri aktivaciji varnostnega pasu pri čelnem in bočnem trku vozila.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

22. Snovanje varnih zaključnic varnostnih ograj

Z namenom povečanja varnosti motoristov pri naletu v varnostne ograje je treba zasnovati zaključnico varnostnih ograj, ki bi zagotavljala varnost tudi pri naletu motoristov oziroma da bi izpeljevala zahteve standarda **SIST TSC EN 17342 2019**. Modeliranje lahko poteka v SolidWorks, Siemens NX ali katerem koli drugem programskem okolju. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si

23. Izogeometrična analiza inženirskih problemov

Izogeometrična analiza inženirskih problemov je relativno nova metoda, ki se je razvila s ciljem direktne povezave geometrijskih modelov za namen numeričnih analiz brez njihove predhodne poenostavitve oziroma priprave za numerične analize. Prednost izogeometrične metode je uporaba geometrijske domene tudi za aproksimacijo rešitve parcialne diferencialne enačbe ter s tem prihranek na času, ki se porabi za pripravo in poenostavitve osnovne geometrije v fazi mreženja geometrijskih objektov. Poleg tega so včasih poenostavitve originalnega geometrijskega modela tako obsežne, da lahko vplivajo na končni mehanski odziv strukture. Pri zaključni nalogi bo študent primerjal časovno učinkovitost široko uporabne metode končnih elementov in izogeometričnega modela. Modeliranje lahko poteka v SolidWorks, Siemens NX ali katerem koli drugem programskem okolju. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

24. Poenostavljeno modeliranje vijčnih zvez s pomočjo MKE

Vijačne zveze so najbolj pogosta razstavljiva zveza strojnih delov. Njihovo natančno geometrijsko modeliranje v bolj zahtevnih numeričnih modelih je zelo zahtevno in časovno neučinkovito, zaradi česar vijačne zveze najbolj pogosto modeliramo poenostavljeno. Za ta namen obstaja nekaj različnih načinov modeliranja vijčnih zvez, ki so odvisni od načina prednapetja. Cilj zaključne naloge je preveriti natančnost modeliranja posameznih vijčnih zvez do porušitve. Modeliranje lahko poteka v SolidWorks, Siemens NX ali katerem koli drugem programskem okolju. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

25. Snovanje in validacija MKE-čelade za namen trčnih preizkusov

Čelade so pasivna osebna varovalna oprema za zaščito glave pred poškodbami, ki lahko nastanejo kot posledica udarca. Glede na namen uporabe razlikujemo različne vrste čelad (kolesarske, smučarske, motoristične, gradbene itd.), ki ponujajo različne stopnje varnosti za uporabnika in so zato snovane in testirane v skladu z različnimi standardi. V našem laboratoriju zelo pogosto izvajamo numerične analize za namen ocenjevanja varnosti kolesarjev in motoristov po standardu CEN TS 17342:2019. Lutke, ki jih imamo na voljo (HYBRID III, THUMS in VIVA) za izvajanje numeričnih analiz, niso opremljene z ustreznimi čeladami za namen natančne ocene poškodb. Zato bo glavni cilj zaključne naloge snovati, pomrežiti in validizirati numerični model čelade. Študent lahko poljubno določi vrsto čelade. Modeliranje lahko poteka v SolidWorks, Siemens NX ali katerem koli drugem programskem okolju. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

26. Snovanje in validacija kolesa za trčne preizkuse kolesarjev (več nalog: modeliranje geometrije, priprava mreže, validacija)

Kolesarji skupaj z motoristi in pešci spadajo med bolj ranljive skupine udeležencev prometnih nesreč. V našem laboratoriju zelo pogosto izvajamo numerične analize za namen ocenjevanja velikosti poškodb kolesarjev pri različnih vrstah trkov ali padcev. Za namen ocenjevanja poškodb kolesarjev potrebujemo kolesa različnih vrst (cestno, mestno, gorsko) in velikosti, zaradi česar želimo pripraviti parametrizirane geometrijske modele. Geometrijske modele je potrebno poenostaviti in ustrezno pomrežiti za namen izvajanja numeričnih analiz. V zadnji fazi je potrebno numerični model verificirati. Zaradi tega bo glavni cilj zaključne naloge snovati, pomrežiti in validizirati numerični model čelade. Študent lahko poljubno določi vrsto čelade. Modeliranje lahko poteka v SolidWorks, Siemens NX ali katerem koli drugem programskem okolju. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

27. Eksplozijska odpornost stekla

Steklo se v sodobnih družbah poleg njegove klasične uporabe za okenske odprtine in vrata čedalje več uporablja tudi kot nosilni konstrukcijski element in za fasade stavb. V grobem lahko varnostna stekla razdelimo na kaljena varnostna stekla (ESG) in lepljena (laminirana) varnostna stekla (VSG). Zaradi čedalje večje uporabe stekla v gradbeništvu in povečanja terorističnih aktivnosti na globalni ravni je potrebno raziskati mehanski odziv stekla na eksplozijsko obremenitev razstreliva. Cilj naloge bo pripraviti numerični model eksplozijsko obremenjenega ESG- ali VSG-stekla in ga verificirati s pomočjo že izvedenih testov iz literature.

Modeliranje in numerične simulacije potekajo v programskem okolju LS-DYNA.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si

28. Matematično modeliranje mehanskega odziva mehkih tkiv kolenskega sklepa za potrebe analize prometnih nezgod (več nalog)

Razvoj metode končnih elementov je omogočil vse bolj natančno modeliranje anatomskih struktur in posledično podrobno analizo napetostnih stanj v kritičnih pogojih obremenitve. V okviru diplomskega dela je potrebno pregledati in vsebinsko analizirati obstoječe načine numeričnega modeliranja mehanskega odziva a) ligamentov kolen, b) meniskusa in c) hrustanca za potrebe analize poškodb kolenskega sklepa v prometnih nezgodah. Numerične analize temeljijo na podlagi odziva, ki ga odda prevzeti model pri numeričnem simuliranju znanega eksperimenta iz literature. Modeliranje lahko poteka v SolidWorks, Siemens NX ali katerem koli drugem programskem okolju. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Analize posamezne anatomske strukture (ligament/meniskus/hrustanec) predstavljajo posebne zaključne naloge.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si

29. Analiza poškodb kolena a) potnikov, b) pešcev in c) kolesarjev v prometnih nezgodah (več nalog)

Z razvojem različnih varnostnih sistemov, kot so varnostni pasovi, zračne blazine in ostali aktivni in pasivni varnostni sistemi, se je varnost različnih udeležencev v prometu (potniki v avtomobilih, pešci, kolesarji itn.) veliko izboljšala. Kljub temu pa se poškodbe spodnjih okončin niso zmanjšale. Te sicer niso smrtno nevarne, vendar lahko povzročijo trajno ali začasno invalidnost. Poleg tega lahko predstavljajo tudi velike stroške za državo in zavarovalnice.

- a) V diplomski nalogi se je potrebno osredotočiti na potnika/voznika v čelnih trkih nizke naletne hitrosti. Oceniti je potrebno nivo poškodbe kolenskega sklepa s pomočjo numeričnih simulacij čelnega trka modela kolena v programskem okolju LS-DYNA. Potrebno je izvesti analizo parametrov, ki vplivajo na poškodbo kolena (1. Ekscentričnosti trka z vplivom različnih hitrosti; 2. Upogibni kot kolena). Kot merilo za zmanjšanje poškodb se upošteva indeks golenice ali največja dovoljena napetost v ligamentih kolen.
- b) V diplomski nalogi se je potrebno osredotočiti na pešce v urbanih središčih. Oceniti je treba nivo poškodbe kolenskega sklepa s pomočjo numeričnih simulacij bočnega trka modela kolena s poenostavljenim odbijačem valjaste oblike v programskem okolju LS-DYNA. Potrebno je izvesti analizo parametrov, ki vplivajo na poškodbo kolena (1. Tip avtomobila, 2. Naletna hitrost). Kot merilo za zmanjšanje poškodb se upošteva indeks golenice ali največja dovoljena napetost v ligamentih kolen.
- c) V diplomski nalogi se je potrebno osredotočiti na kolesarje v urbanih središčih. Oceniti je potrebno nivo poškodbe kolenskega sklepa s pomočjo numerične simulacije bočnega trka kolesarja in avtomobila z nizko naletno hitrostjo v programskem okolju LS-DYNA. Potrebno je izvesti analizo parametrov, ki vplivajo na poškodbo kolena (1. Tip avtomobila, 2. Ekscentričnost trka, 3. Velikost/tip kolesa). Kot merilo za zmanjšanje poškodb se upošteva indeks golenice ali največja dovoljena napetost v ligamentih.

Analiza vsakega vplivnega parametra je posebna naloga.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si

30. Vpliv načina modeliranja vezi na kinematiko kolenskega sklepa

Razvoj metode končnih elemnov je omogočil vse bolj natančno modeliranje anatomskih struktur in posledično podrobno analizo napetostnih stanj v različnih pogojih obremenitve. Različne tehnike modeliranja so bile uporabljene pri modeliranju mehkih tkiv kolenskih sklepov, vendar je učinek izbranega modela za simuliranje vezi kolenske kinematike ostal neraziskan. V okviru diplomske naloge je potrebno določiti učinek dveh najpogostejših tehnik, ki se uporabljata za modeliranje kolenskih vezi in vplivata na kinematiko sklepov v pogojih normalnega fiziološkega funkcioniranja sklepa na osnovi poznanih eksperimentov iz literature. Modeliranje lahko poteka v SolidWorks, Siemens NX ali katerem koli drugem programskem okolju. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si

31. Snovanje in validacija električnega skiroja za trčne preizkuse (več nalog: modeliranje geometrije, priprava mreže, validacija)

Vozniki e-skirojev so v zadnjem desetletju postali zelo izpostavljena ranljiva skupina udeležencev prometnih nesreč, ki so po podatkih Agencije za varnost prometa (AVP) preseglji število nesreč motoristov in pešcev v mestnih okoljih. Leta 2021 je bilo zabeleženih 109 prometnih nesreč, vozniki e-skirojev so jih sami povzročili kar 68 (62,4 %). Največ nesreč se je zgodilo v mestih, med vzroki prevladuje neprilagojena hitrost. Vse težje so tudi posledice, letos žal beležimo prvo smrtno žrtev. V našem laboratoriju izvajamo numerične analize za namen ocenjevanja resnosti poškodb, ki nastajajo v prometu kot posledica trkov ali padcev. Za namen ocenjevanja poškodb voznikov e-skirojev potrebujemo geometrijski model e-skiroja. Geometrijski model poenostavimo in ustrezno pomrežimo za namen izvajanja numeričnih analiz. V zadnji fazi je potrebno numerični model tudi validirati. Cilj zaključne naloge je snovati, pomrežiti in/ali validizirati numerični model e-skiroja. Študent lahko poljubno določi vrsto čelade. Modeliranje lahko poteka v SolidWorks, Siemens NX ali katerem koli drugem programskem okolju. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

32. Modeliranje in validacija obremenitvenih parametrov eksplozijskih valov

Eksplozijski valovi predstavljajo eno najbolj kompleksnih obremenitev za analizo eksplozijsko obremenjenih konstrukcij ali objektov, saj zahtevajo modeliranje tekočin ter interakcijo in prenos njihove energije na trdnine. Za modeliranje odziva eksplozijsko obremenjenih konstrukcij potrebujemo najprej validiran numerični model, kar zahteva primerjavo krivlje tlak-čas na določenih značilnih lokacijah. V odvisnosti od razdalje obravnavane konstrukcije od izvora detonacije pa je lahko obremenitev lokalna ali enakomerna. Od tega je tudi odvisno, katera bo najbolj ustrezna metoda za analizo obremenjene konstrukcije. Mreženje geometrije in numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA oziroma ANSYS-LS-DYNA.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

33. Analiza trka, ocena tipa in resnosti poškodbe pri trku voznika e-skiroja s pešcem

V zadnjem desetletju se je prodaja in uporaba e-skirojev izjemno povečala. Vozniki e-skirojev si delijo cestno infrastrukturo tudi z drugimi prometnimi udeleženci, zaradi česar se pojavljajo nove konfliktne točke prometnih nesreč v prometni infrastrukturi. Po podatkih agencije za varnost prometa (AVP) število prometnih nesreč z udeležbo e-skirojev narašča, najpogosteje pa so povzročitelji prav vozniki e-skirojev sami. Lani je bilo zabeleženih 109 prometnih nesreč, vozniki e-skirojev so jih sami povzročili kar 68 (62,4 odstotka). Največ nesreč se je zgodilo v mestih, med vzroki prevladuje neprilagojena hitrost. Na Univerzitetnem kliničnem centru (UKC) v Ljubljani se soočajo z naraščanjem števila obravnavanih pacientov, ki so se poškodovali pri padcu z e-skirojem. Poškodbe glave so v porastu, saj jih je bilo že lani kar 56 odstotkov. Večina vseh obravnavanih so otroci in mladostniki do 18. leta, teh je bilo lani kar 64,4 odstotka. Za oceno resnosti poškodbe lahko poleg eksperimentalnih uporabljamo tudi numerične MKE-lutke človeka. V našem laboratoriju uporabljamo različne lutke družine HYBRID, katerih geometrija temelji na geometriji eksperimentalnih lutk, ter biofidelčna MKE modela THUMS in VIVA. Lutke imajo vgrajene senzorje, na podlagi katerih rezultatov lahko vrednotimo resnost poškodbe posameznih delov telesa. Cilj te naloge je sestaviti delujoč numerični model trka med voznikom e-skiroja in pešcem ter oceniti tip in resnost poškodbe pri vozniku e-skiroja in pešču.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

34. Analiza trka, ocena tipa in resnosti poškodbe pri trku voznika e-skiroja z osebnim vozilom

V zadnjem desetletju se je prodaja in uporaba e-skirojev izjemno povečala. Vozniki e-skirojev si delijo cestno infrastrukturo tudi z drugimi prometnimi udeleženci, zaradi česar se pojavljajo nove konfliktne točke prometnih nesreč v prometni infrastrukturi. Po podatkih agencije za varnost prometa (AVP) število prometnih nesreč z udeležbo e-skirojev narašča, najpogosteje pa so povzročitelji prav vozniki e-skirojev sami. Lani je bilo zabeleženih 109 prometnih nesreč, vozniki e-skirojev so jih sami povzročili kar 68 (62,4 odstotka). Največ nesreč se je zgodilo v mestih, med vzroki prevladuje neprilagojena hitrost. Na Univerzitetnem kliničnem centru (UKC) v Ljubljani se soočajo z naraščanjem števila obravnavanih pacientov, ki so se poškodovali pri padcu z e-skirojem. Poškodbe glave so v porastu, saj jih je bilo lani že 56 odstotkov. Večina vseh obravnavanih so otroci in mladostniki do 18. leta, teh je bilo lani kar 64,4 odstotka. Za oceno resnosti poškodbe lahko poleg eksperimentalnih uporabljamo tudi numerične MKE-lutke človeka. V našem laboratoriju imamo različne MKE-modele osebnih vozil po standardu SIST EN 1317 in lutke družine HYBRID, katerih geometrija temelji na geometriji eksperimentalnih lutk, ter biofidelčna MKE modela THUMS in VIVA. Lutke imajo vgrajene senzorje, na podlagi katerih rezultatov lahko vrednotimo resnost poškodbe posameznih delov telesa. Cilj te naloge je sestaviti delujoč numerični model trka med voznikom e-skiroja in osebnim vozilom ter oceniti tip in resnost poškodbe pri vozniku e-skiroja in pešču.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
doc. dr. Miha Ambrož, miha.ambroz@fs.uni-lj.si

35. Analiza prometnih nesreč za identifikacijo lokacij konfliktnih točk voznikov e-skirojev z drugimi prometnimi udeleženci

V zadnjem desetletju se je prodaja in uporaba e-skirojev izjemno povečala. Vozniki e-skirojev si delijo cestno infrastrukturo tudi z drugimi prometnimi udeleženci zaradi česar se pojavljajo nove konfliktni točke prometnih nezgod na prometni infrastrukturi. Po podatkih Agencije za varnost prometa (AVP) je prometnih nezgod z udeležbo e-skirojev vse več, najpogosteje pa so povzročitelji prav vozniki e-skirojev sami. Policija je z ločenim beleženjem prometnih nezgod z udeležbo e-skirojev pričela v septembru 2019. Do konca leta 2019 je bilo devet nezgod, štiri so povzročili vozniki e-skirojev sami, posledice pa so bile ena huda in pet lažjih telesnih poškodb. V letu 2020 je bilo zabeleženih 51 prometnih nezgod z e-skirojem, v 30 primerih so bili povzročitelji vozniki e-skirojev sami (59 odstotkov). Tri osebe so bile hudo telesno poškodovane, 38 pa lažje. V letu 2021 je bilo zabeleženih že 109 prometnih nezgod, vozniki e-skirojev so jih sami povzročili kar 68 (62,4 odstotka). 16 oseb je bilo hudo, 74 pa lažje telesno poškodovanih. Letos do 12. aprila je bilo zabeleženih 24 prometnih nezgod z udeleženi vozniki e-skirojev, ki so v 16 primerih nezgode povzročili sami (67 odstotkov). Umrl je en voznik e-skiroja, trije so bili hudo, 13 pa lažje poškodovanih. Cilj naloge je na podlagi nacionalnih in tujih podatkov o prometnih nezgodah zaznati lokacije konfliktnih točk, v katerih so najpogosteje udeleženi vozniki e-skirojev, in na podlagi podatkov o njih zasnovati aktivnosti za zmanjšanje nevarnosti.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si

36. Identifikacija materialnih parametrov homogenih materialov s pomočjo korelacije digitalnih posnetkov (DIC oz. *Digital Image Correlation*) in optimizacije

Identifikacija materialnih parametrov za določene materiale se običajno izvaja s pomočjo prilaganja matematičnih in eksperimentalnih krivulj. Preprost in običajen način določanja eksperimentalnih krivulj je s pomočjo izvajanja nateznih testov in pobiranja podatkov senzorjev sile in merilnih lističev ali ekstenziometrov. Problem eksperimentalnih krivulj je, da ne predstavljajo dejanskega napetostno-deformacijskega stanja zaradi lokalizacije deformacije in pojava večosnega napetostnega stanja, ki jih senzorji ne zaznajo, zaradi česar moramo eksperimentalne podatke korigirati. Korekcijski postopki običajno niso dovolj natančni oziroma veljajo le za določen tip materiala. DIC je optična metoda, ki zagotavlja meritve premikov kontrastnih polj testnih vzorcev, na podlagi katerih lahko izračunamo realno deformacijsko polje. S pomočjo postopka optimizacije dobimo materialne parametre, ki nam podajo najmanjšo razliko med deformacijskimi polji. Numerične simulacije se izvajajo v programskem okolju LS-DYNA in LS-OPT.

Kontakt: doc. dr. Jovan Trajkovski, jovan.trajkovski@fs.uni-lj.si
izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
doc. dr. Andrej Žerovnik, andrej.zerovnik@fs.uni-lj.si

37. Preizkuševališče za snovanje eksperimentov z računalniškim vidom

Za preizkušanje konceptov uporabe računalniškega vida v industrijski avtomatizaciji je ugodno imeti na voljo generično preizkuševališče, ki ga je mogoče hitro prilagoditi zahtevam posameznih tehnoloških postopkov. Namen naloge je zasnovati takšno preizkuševališče. Zasnova vključuje izbiro strojne opreme (optični del s kamerami in ostalimi zaznavali ter procesni del na osnovi kartičnega računalnika Raspberry Pi) ter prilagodljive programske opreme (programske funkcije za določene funkcionalnosti z uporabo odprtokodnih knjižnic za strojni vid). Cilj je izdelati cenovno ugodno laboratorijsko preizkuševališče, ki ga bo možno hitro prilagoditi različnim nalogam pri potrjevanju konceptov uporabe strojnega vida v industrijski avtomatizaciji.

Kontakt: izr. prof. dr. Robert Kunc, robert.kunc@fs.uni-lj.si
SMM, d. o. o.