

ГОДИШЊИ ИЗВЕШТАЈ О РЕАЛИЗАЦИЈИ ПРОЈЕКТА
за период: 01.01.2012. до 31.12.2012.
Програм истраживања у области технолошког развоја
Област: Машинство и индустријски софтвер

Наслов:

**Интелигентни роботски системи за екстремно
диверзификовану производњу**

Smart Robotic Systems for Customized Manufacturing

Евиденциони број:	TR 35007
Руководилац:	Др Петар Б. Петровић, редовни професор
Организација координатор:	Машински факултет Универзитета у Београду
Организације учесници:	Факултет техничких наука у Новом Саду
Корисник:	ИКАРБУС а.д. – Фабрика аутобуса и специјалних возила – у реструктурирању, Земун
Број месеци истраживача:	72
Трајање пројекта:	4 године

1. Кратак приказ предмета, садржаја и циљева истраживања (Прилог.1 Уговора)

Предмет истраживања на овом пројекту су нови концепти производних система за екстремно диверзификовану производњу и различити аспекти њиховог трансфера у домаћу индустрију.

Кључни захтев екстремно диверзификоване производње, односно персонализоване производње, јесте екстремна флексибилност производне опреме, чија се својства приближавају или изједначавају оним која човек поседује у оквиру мануелних система. У генеричком смислу, основни садржај оваквог концепта јесте интелигенција, која је уграђена у опрему и производни систем у целини.

Постојеће стање као и трендови у стварању генеричких знања из домена вештачке интелигенције указују на чињеницу да изградња интелигентних производних система високог степена аутономности, који би поседовали довољну робусност за практичну применљивост у индустријским условима, није реална у скоријој будућности (неколико деценија).

У циљу превазилажења овог ограничења и истовремено проналажења практично употребљивог одговора на реалне потребе индустрије, постепено се уобличава једно прелазно и у технолошком смислу, еволутивно решење, у облику хибридног система. **Хибридни систем за екстремно диверзификовану производњу** јесте нови технолошки ентитет који се постепено изграђује и који ће у будућности која је непосредно пред нама представљати технолошку основу за нову производну парадигму масовне кастомизације. Основа хибридног производног система је симбиотска интеракција човека и машине, на новим основама, које се битно разликују од постојеће индустријске праксе. Унутар хибридног производног система радни задаци се остварују у тесном колаборативном, односно тимском раду, тако што робот или друга аутоматска опрема, извршавају репетитивне рутинске задатке, а човек, користећи своја изузетна сензорска својства и супериорну интелигенцију, обезбеђује функцију аутономности производног система у реалном времену. Хибридни производни систем је основни истраживачки оквир на пројекту TP35007, при чему се његово истраживање ограничава на домен роботске монтаже и роботског заваривања, са фокусом на истраживање симбиотске интеракције човека и робота кроз туторску функцију, односно на поставку нових механизма преноса знања и вештина са робота на човека и стварање предуслова за тимски рад човека и робота у заједничком радном простору. Дакле, у оквиру хибридног производног система, работи имају способност да уче и поседују својства за безбедан рад са човеком у заједничком радном простору.

Пројекат је структуриран и састоји се из пет радних пакета:

- | | |
|----------------|--|
| TP35007-PP_1 - | Менаџмент пројекта; |
| TP35007-PP_2 - | Интерфејс за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем; |
| TP35007-PP_3 - | Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка; |
| TP35007-PP_4 - | Практична верификација и изградња демонстрационих инсталација; |
| TP35007-PP_5 - | Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера. |

Као **основни истраживачки циљ** поставља се задатак изградње научно заснованих теоретских основа генеричке природе и практичних приступа за пројектовање и развој интелигентних роботских система базираних на симбиотском односу робота и човека. Човек је на различите начине директно укључен у производни процес (на нивоу извршења задатка) и има улогу да кроз своје деловање обезбеди производном систему потребан и довољан ниво аутономног понашања. Кључни садржај у овом симбиотском односу је трансфер вештина и знања са човека на роботски систем и односи се на оне ситуације у којима роботски систем без присуства човека не може да изврши постављени задатак. Робот и њему придружена мехатронска опрема изводи репетитивне задатке различите врсте, укључујући и оне који носе ризик по здравље човека, а човек који је спрегнут са овим системом, својим чулима допуњује сензорски систем машине и својом супериорном интелигенцијом разрешава деликатне проблеме у реалном времену, посебно оне који се односе на доношење одлука у недовољно познатом окружењу, укључујући и реаговање у потпуно новим ситуацијама, које се драстично разликују од номиналног плана за извршавање постављеног технолошког задатка, а све то у контексту малосеријске и екстремно диверзификоване производње.

Други циљ је да се у домаћу индустрију, која је после екстензивних разарања економског система Србије доведена на врло низак технолошки ниво и своју конкурентност на светском тржишту базира пре свега на јефтином физичком раду и примарној преради сировина, уведу нови, високотехнолошки и иновативни садржаји кроз примере позитивне индустријске праксе. Позитивна индустријска пракса подразумева изградњу пилот демонстрационих система, који ће показати применљивост и практичну вредност за домаћу индустрију и тако покренути трансформационе процесе у смеру стварања индустрије знања. У овом контексту планирано је да се до окончања пројекта TP35007 изграде демонстрационе инсталације на Машинском факултету и у производним погонима компанија чланица конзорцијума и/или компанија које чине групу компанија пословно заинтересованих за резултате пројекта TP35007. Основни садржај ових демонстрационих инсталација ће бити хибридни роботски систем, односно роботске технолошке ћелије у којима је остварен неки вид симбиотске спреге човека и робота у извршавању постављеног задатка. На овим инсталацијама ће бити верификовани критични истраживачки садржаји и практично примењен концепт нове симбиотске интеракције човека и машинског система, фокусирајући се на изабране примере технолошких задатака, који су: 1)високоваријантне природе, 2)традиционално се изводе екстензивним ангажовањем мануелног рада, и 3)који носе инхерентне ризике по здравље човека (премештање човека на технолошки комплексније/квалитетније задатке). Практична применљивост резултата пројекта подједнако обухвата велике компаније као и сектор малих и средњих предузећа, посебно она која су усмерена на извоз и друге облике кооперативне сарадње на међународном нивоу, суштински мењајући постојеће стање у домаћој индустрији кроз отварање нових високотехнолошких и развојних радних места и препуштање постојећих, радно интензивних задатака, делимично или у целисти, интелигентним роботским системима.

Трећи циљ је да се концепт интелигентних технолошких система, интелигентних робота и мехатронике као генеричких мултидисциплинарних технологија за градњу оваквих система, промовише и дисеминира у едукативни систем за образовање инжењера и у привреду, кроз успостављање нових курсева, лабораторијских вежбања у настави, и семинара и других облика иновације знања за компаније чланице конзорцијума и пословно заинтересоване компаније ван конзорцијума пројекта. У оквиру ове групе активности систематски се развија иницијатива шире мобилизације индустрије, носиоца инвестиционог капитала и истраживачко-развојних институција на изградњи нових механизма за успостављање нових технолошких основа индустрије Србије, компатибилних са европским моделима технолошког развоја, првенствено смештених у концепт Европских технолошких платформи (ETP-European Technology Platforms). Суштина је у томе да је неопходно створити опште повољан амбијент, у националним размерама, који ће овакве процесе учинити изводљивим и потребним.

Планирани и до сада остварени резултати пројекта се групишу у две групе:

Научни резултати и иновације: Нове формално-теоретске основе за изградњу система за симбиотску спрегу човек-машина у оквиру роботизованих система за аутоматску монтажу и операција заваривања које обухватају: а)Концептуалне основе и разраду модела двосмерне комуникације човека и машине и трансфер знања и вештина са човека на машину; б)Концептуалне основе и разраду модела систематске аквизиције човековог понашања у разрешавању комплексних ситуација; ц)Сензорски систем - сила, вештачко гледање и оптичка триангулација структуриране светлости; д)Систем за обраду, фузију и препознавање сензорских сигнала; е)Концептуалне основе и разрада модела семантичке интерпретације обрађених сензорских сигнала - свест робота о стању окружења у коме делује; ф)Изградња концептуалних основа хаптичког интерфејса за физичку спрегу манипулационог робота и човека (тутора). Овај комплексан истраживачки резултат би имао садржаје значајног продора у области вештачке интелигенције, мерљиве у интернационалним размерама и као такав, представљао основни иновативни садржај пројекта, који би у случају реализације свих планираних функција имао вредност радикалне технолошке иновације генеричког карактера.

Техничка решења: а) Изградња Regional Competence Center на Машинском факултету у Београду у оквиру Центра за нове технологије, специјализована за домен интелигентних роботских система за технологију монтаже и заваривање + плазма/ласер резање (постојећа опрема, опрема коју донира компанија MILLER USA, опрема коју донира компанија HYPERTHERM USA, опрема ФТН доступна за коришћење кроз пројекат TP35007, додатна опрема коју финансира МНТР, адаптација постојећег простора коју финансирају компаније чланице конзорцијума); б) Демонстрационе инсталације: Демонстрациона инсталација 1 - ИКАРБУС хибридни систем за роботско заваривање модула нове генерације носеће структуре нископодних аутобуса - изградња технолошке ћелије која ће у завршној фази пројекта TP35007 бити доведена у потпуно функционално стање и даље, као референтна инсталација, репликована за потребе компаније и компанија домаће индустрије; ц)Демонстрациона инсталација 2 - Хибридни систем за роботску монтажу фамилије модула склопа изабраног електромеханичког производа - изградња модуларне технолошке линије/ћелије која ће у завршној фази

пројекта TP35007 бити доведена у потпуно функционално стање и даље, као референтна инсталација, репликована за потребе компаније и компанија домаће индустрије.

2. Циљ истраживања у другој години (Прилог.1 Уговора)

У другој години истраживачки напори су били фокусирани на остварење два циља:

1. Поставка, систем анализа и изградњу теоретских модела за: а) симбиотску спрегу човек-машина и стварање основа за практичну имплементацију концепта колаборативног односно, тимског рада човека и робота и б) трансфер знања/вештина на машински систем, односно, аквизиције човековог понашања у разрешавању комплексних ситуација у оквиру недовољно структурираног радног окружења, и
2. Изградња експерименталних / демонстрационих инсталација за верификацију постављених теоретских модела и практичну проверу критичних хипотеза у лабораторијским условима.

Отежавајућа околност у делу изградње експерименталних инсталација био је изостанак набавке капиталне опреме која је обухваћена основним планом реализације пројекта и била је обавеза Министарства образовања, науке и технолошког развоја. У циљу превазилажења ове проблематичне ситуације, донета је одлука да се **приступ самоградње**, који је усвојен као основно опредељење на пројекту TP35007 како би се редуковала укупна цена коштања пројекта у делу изградње односно систем-интеграције експерименталних инсталација, прошири и на ниво саставних модула система. Тако су комбиновањем постојеће опреме, компоненти које су набављене куповином као готова роба мале вредности или позајмицом, и израдом склопова на бази сопственог знања и развојних активности, комплетирани три експерименталне инсталације, од којих су две започете прве истраживачке године, а трећа представља потпуно нов развој, у целисти остварен у другој истраживачкој години. То су:

1. Лабораторијска инсталација за роботско гледање базирано на ласерској тачкастој и линијској триангулацији и супербрзој аквизицији геометријског простора сцене, базираној на оптичкој триангулацији структуриране (кодирани) светлости;
2. Хаптички интерфејс базиран на шестокомпонентном сензору силе за идентификацију интеракције са окружењем и трансфер вештина на манипулациони робот антропоморфне конфигурације у облику вертикалне зглобне руке;
3. Лабораторијски тест сто за испитивање концепта роботских зглобова са управљивом попустљивошћу – меки зглобови, као основне градивне компоненте нове генерације индустријских робота, односно индустријских хуманоидних робота, способних да тимски раде са човеком у извршавању комплексних задатака.

Све наведене експерименталне инсталације су оригинална техничка решења лабораторијског типа, функционално комплетна, и поседују поред хардверске структуре и одговарајућу отворену софтверску структуру специјализоване намене, прилагођене специфичностима употребљеног хардвера и постављеним истраживачким задацима на пројекту TP35007. Развој ових експерименталних инсталација је био врло захтеван јер је обухватио широк корпус развојних активности: конципирање, пројектовање (механика, управљачка електроника, сензорски и актуациони систем, управљачки, аквизициони и комуникациони софтвер), физичка реализација и пуштање система у рад.

Овде се посебно напомиње да поред значајних уштеда, приступ самоградње омогућава инхерентну флексибилност експерименталне опреме, која пре свега подразумева отвореност система за различита прилагођавања и прекомпоновања са циљем да се задовољи широк спектар експерименталних захтева, укључујући и оне који нису препознати у фази иницијалних активности конципирања и пројектовања. Такође, инхерентна флексибилност подразумева и могућност вишеструког коришћења саставних делова експерименталног система за потпуно различите намене.

У истраживачком смислу, претходно наведени садржаји теоретске и експерименталне природе су преточени у тематске оквире докторских дисертација најмлађих чланова пројектног тима.

У циљу активне дисеминације резултата истраживачких активности и валоризације уложених средстава за финансирање пројекта TP35007, један део истраживачких ресурса пројекта био је усмерен на сарадњу са индустријом, са фокусом на конкретне потребе у делу примене индустријске аутоматизације:

1. Развој и реализација CNC система за плазма резање високих перформанси за потребе компаније ИКАРБУС а.д., која у оквиру овог пројекта има статус директног корисника резултата

истраживања (члан конзорцијума пројекта TP35007) и показује велику заинтересованост и отвореност за сарадњу;

2. Детаљна студија изводљивости модернизације технологије заваривања применом индустријских робота у компанији Колубара Метал из Вреоца, која има партнерски статус на пројекту TP35007;
3. Прелиминарна истраживања роботизације процеса монтаже нове генерације модуларних радијатора за грејање стамбеног и радног простора, који је као иновативно решење развила компанија ЦИНИ из Чачка.

Нова парадигма производних технологија је реалност која више од једне деценије егзистира у истраживачком и индустријском простору Европе, и представља нови оквир за мултидисциплинарна и екстензивна истраживања великог степена значајности за индустријски развој. Овакви садржаји морају да се пренесу у домаћу науку и индустрију, између осталог и у контексту европских интеграционих процеса Србије. У том смислу, током друге истраживачке године настављене су раније започете активности на увођењу концепта Европских технолошких платформи, односно њиховог националног еквивалента, у индустријски простор Србије. Активности на пројекту TP35007 су повезане са активностима које се реализују у оквиру Академије инжењерских наука Србије, где је током 2010. године успостављен програм Националних технолошких платформи Србије. Активности у оквиру реализације овог програма, посебно у делу развоја производних технологија, односно јачања технолошке основе индустрије Србије и њеног опоравка, презентирани су јавности кроз једнодневни скуп организован у облику Форума у Привредној комори Србије. Председник организационог одбора НТПС Форума био је проф. Петар Б. Петровић, руководилац пројекта TP35007. Такође, у овом контексту професор Петар Б. Петровић је активно учествовао у регионалном скупу **SEE Management Forum 2012**, кроз модерацију пленарне сесије: Употреба транслационе науке и технолошких платформи. Такође професор Петровић је активно учествовао у раду централног светског догађаја за домен производних технологија у 2012. години: **World Manufacturing Forum 2012**, који је одржан у Штудгарту, Немачка, октобра месеца 2012. године са основним тематским оквиром: Smart Policies for Global Manufacturing Innovation. Скуп је окупио водеће стручњаке за област производних технологија и индустријских политика, а по карактеру је био затвореног типа. Скуп је отворио председник Европске комисије Мануел Баросо.

3. Фазе и активности у другој години истраживања (Прилог.1 Уговора)

- Фаза реализације 2:** Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
- Активност 1: Концептуалне основе и разрада модела систематске аквизиције човековог понашања у разрешавању комплексних технолошких ситуација / део 2;
- Временски оквир: 01/01/2012 - 30/06/2012
Резултат: М51 Број резултата: 1
- Фаза реализације 2:** Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
- Активност 2: Сензорски систем - Интеракција робота са окружењем преко генерализованог вектора силе - део 2;
- Временски оквир: 01/01/2012 - 30/06/2012
Резултат: М63 Број резултата: 1
- Фаза реализације 2:** Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
- Активност 3: Сензорски систем - оптичка триангулација структуриране светлости за екстремно брзу аквизицију просторне геометрије окружења - део 2
- Временски оквир: 01/01/2012 - 30/06/2012
Резултат: М63 Број резултата: 1
- Фаза реализације 2:** Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
- Активност 4: Концептуалне основе антропоморфних робота за комплексне задатке интеракције са окружењем у процесу монтаже – концепт индустријских хуманоида;
- Временски оквир: 01/03/2012 - 31/12/2012
Резултат: М51 Број резултата: 1
- Фаза реализације 3:** Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка

- Активност 1: Доградња функције аквизиције геометријских информација из реалног окружења у изабрани комерцијално расположиви CAD пакет за просторно геометријско моделирање / део 1;
 Временски оквир: 01/06/2012 - 31/12/2012
 Резултат: М85 Број резултата: 1
- Фаза реализације 4:** Експриментална верификација/демонстрација у лабораторијским условим
 Активност 1: Инсталација 1: Монтажа заварених склопова / роботско заваривање, дигитализација геометрије завареног склопа и димензиона метрологија ласерском триангулацијом и триангулацијом структуриране светлости – Студија за компанију Колубара Метал;
 Временски оквир: 01/06/2012 - 31/12/2012
 Резултат: М85 Број резултата: 1
- Фаза реализације 4:** Експриментална верификација/демонстрација у лабораторијским условима
 Активност 2: Инсталација 2: Монтажа малих механичких склопова, операције роботизованог спајања целова с укљученом функцијом адаптивног понашања аквизицијом генерализованог вектора силе спајања;
 Временски оквир: 01/09/2012 - 31/12/2012
 Резултат: М85 Број резултата: 1
- Фаза реализације 4:** Експриментална верификација/демонстрација у лабораторијским условима
 Активност 3: Модуларни систем за плазма резање са уграђеном функцијом адаптивног управљања режимом резања – Демонстрациона инсталација у комп. ИКАРБУС;
 Временски оквир: 01/01/2012 - 31/12/2012
 Резултат: М82 Број резултата: 1
- Фаза реализације 5:** Изградња и одржавање WEB портала пројекта TP35007
 Активност 1: Доградња WEB портала пројекта TP35007;
 Временски оквир: 01/01/2012 - 31/12/2012
 Резултат: М85 Број резултата: 1
- Фаза реализације 5:** Изградња и одржавање WEB портала пројекта TP35007
 Активност 2: Интеракција и дисеминација резултата у оквиру Програма Националних технолошких платформи Републике Србије;
 Временски оквир: 01/01/2012 - 31/12/2012
 Резултат: М51 Број резултата: 1

Б Реализација обавеза дефинисане Уговором

1. Конкретан опис резултата пројекта, по активностима и фазама, који су остварени у извештајном периоду (до 15 страница), са упоређењем са обавезама и резултатима дефинисаним Уговором.

Фаза реализације 2:	Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
Активност 1:	Концептуалне основе и разрада модела систематске аквизиције човековог понашања у разрешавању комплексних технолошких ситуација / део 2;
Временски оквир:	01/01/2012 - 30/06/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-РП_2: Интерфејс за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем.

Корпус спроведених истраживачких активности у овом тематском оквиру је стављен у контекст израде докторских дисертација два млада истраживача, доктораната чије су докторске тезе усмерене у област интелигентних роботских система за флексибилну аутоматизацију процеса монтаже и заваривања у условима екстремно малих серија и велике варијантности производа – нова производна парадигма масовне кастомизације. Постављени су основни концептуални оквири за кооперативни однос човек-робот на бази сензора који генерише информацију о генерализованом вектору контактне силе и/или оптичких сензора за идентификацију стања у окружењу на бази оптичке триангулације ласерске или структуриране светлости. Практична верификација развијених модела у оквиру овог радног пакета је била ометена застојем у набавци капиталне опреме.

Резултати:

Планирано:	M51 Број резултата: 1
Остварено:	M21 Број резултата: 1
	M33 Број резултата: 1
	M53 Број резултата: 1
	M63 Број резултата: 2

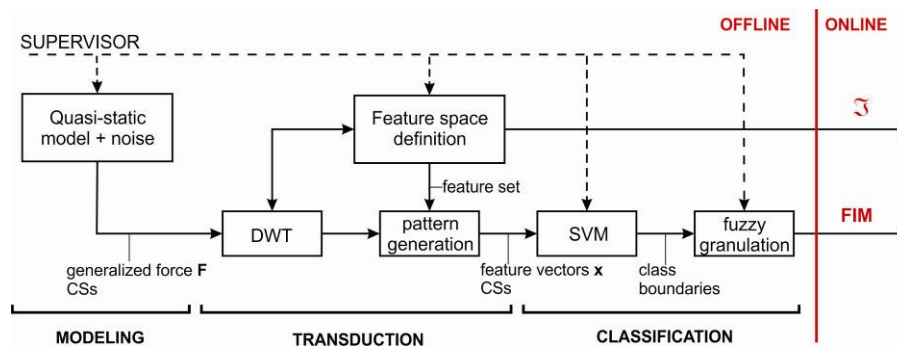
Фаза реализације 2:	Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
Активност 2:	Сензорски систем - Интеракција робота са окружењем преко генерализованог вектора силе - део 2;
Временски оквир:	01/01/2012 - 30/06/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-РП_2: Интерфејс за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем и повезана је са радним пакетима TP35007-РП_3 и TP35007-РП_4.

У оквиру ове теме током истраживачке 2012. године разматрани су аспекти изградње формалног модела за уградњу у управљачки систем робота: 1) априорног знања и вештина које поседује човек за извођење операција спајања делова у процесу монтаже, или 2) знања екстрахованог из метамодела примењеног над реалним сензорским сигнаlima, генерисаних активностима човека у извођењу операција монтаже или селектираних, односно препроцесираних сензорских информација генерисаних у секвенцама роботског извођења задатака под туторством човека. Анализирајући варијантне технике у оквиру корпуса soft-computing приступа, издвојена је теорија фази-логичких система и апроксимативног закључивања као најпогоднији математички оквир за решавање овог проблема. У том контексту развијена је фази-инферентна машина базирана на SVM класификатору за препознавање, односно фази-класификацију контактних стања на бази временске серије вектора генерализоване контактне силе. Архитектура фази-инферентне машине приказана је на слици 2.2.1. Суштина приступа који је овде примењен је у коришћењу апроксимативних аналитичких модела процеса спајања и њихове комбинације са сензорским подацима генерисаних у реалном процесу спајања које изводи робот под надзором човека. Трансфер знања са човека на машински систем остварује се преко дефинисања скупа особности релевантних за класу задатака спајања и дефинисања апроксимативног аналитичког модела. На бази тих информација, и информација које као временску серију генеришу сензори о генерализованом вектору контактне силе, односно силе спајања, модул за партиципу простора особности који је базиран на носећим векторима (Support Vector Machine) дели укупни простор особности над подпросторе омеђене фази границама.

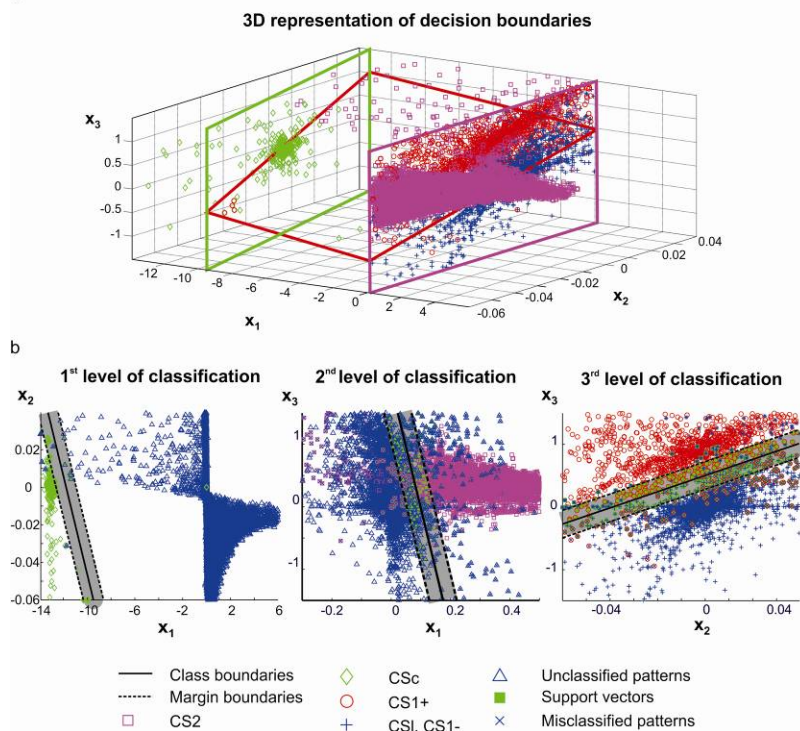
Такође, врло битна карактеристика која развијену инферентну машину одваја од осталих и чини је оригиналним решењем јесте очување динамичке компоненте садржане у временској сензорској серији. Та динамичка компонента се чува трансформацијом сензорских сигнала у облике који се у формалном смислу исказују као слова специфичне азбуке, и који се даље претварају у стрингове, односно речи и реченице изведене над овом азбуком. Препознавањем овако формираних речи помоћу коначног аутомата типа акцептора, истовремено се **препознаје и контекст**, а не само тренутна вредност сензорских сигнала. Стринг, односно реч или реченица, односно неки од регуларних израза, представљају апстрактни еквивалент неке од могућих путања система у усвојеном простору особености. Динамичка компонента садржана у контексту (префиксу и суфиксу стринга или слова, при чему је слово једнако неком одређеном физичком стању) радикално повећава робусност. Примена носећих вектора омогућила је оптималну партицију, односно партицију са максималном маргином између кластера.

Спроведени експерименти су показали довољност апроксимативног модела и практично непогрешиво препознавање контактнoг стања. На слици 2.2.2. приказан је један случај партиције простора особености на примеру цилиндричног спајања крутих делова. Експерименти су спроведени у Лабораторији за кибернетику и мехатронске системе Центра за нове технологије, Машинског факултета у Београду, на инсталацији која је развијена у оквиру овог пројекта. Тест сто је опремљен шестокомпонентним сензором силе који генерише информацију о генерализованом вектору силе спајања.



Слика 2.2.1: Архитектура развијене фази инферентне машине за идентификацију контактних стања на бази информације о генерализованом вектору контактне силе.

a



Слика 2.2.2: Пример партиције простора особености за случај цилиндричног спајања крутих делова. Експерименти спроведени на Машинском факултету, на опреми која је резултат развојних активности на пројекту TP35007.

Даљи развој у овом тематском оквиру биће усмерен ка имплементацији развијеног система на роботску платформу, односно реални роботски систем у пуној функционалној конфигурацији за рад у режиму адаптивног кретања, са интегрисаном функцијом препознавања стања процеса спајања у реалном времену и кориговањем номиналне трајекторије, тако да се избегавају потенцијално опасна стања, као што су стања са додиром у две и више тачака. Ове активности биће спроведене на роботу који је у фази набавке, а представља део капиталне опреме пројекта TP35007.

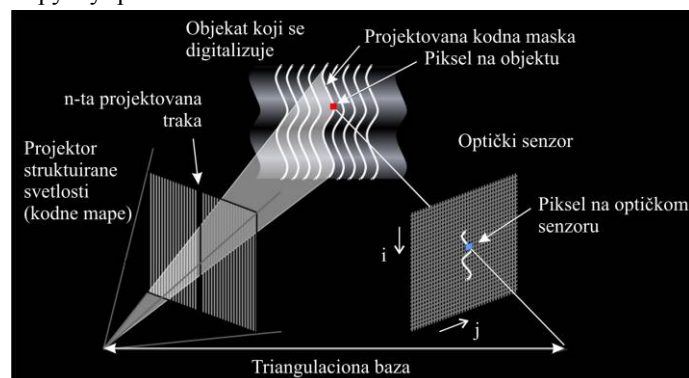
Резултати:

Планирано: M63 Број резултата: 1
 Остварено: M22 Број резултата: 1
 M33 Број резултата: 2

Фаза реализације 2: Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
 Активност 3: Сензорски систем - оптичка триангулација структуриране светлости за екстремно брзу аквизицију просторне геометрије окружења - део 2
 Временски оквир: 01/01/2012 - 30/06/2012

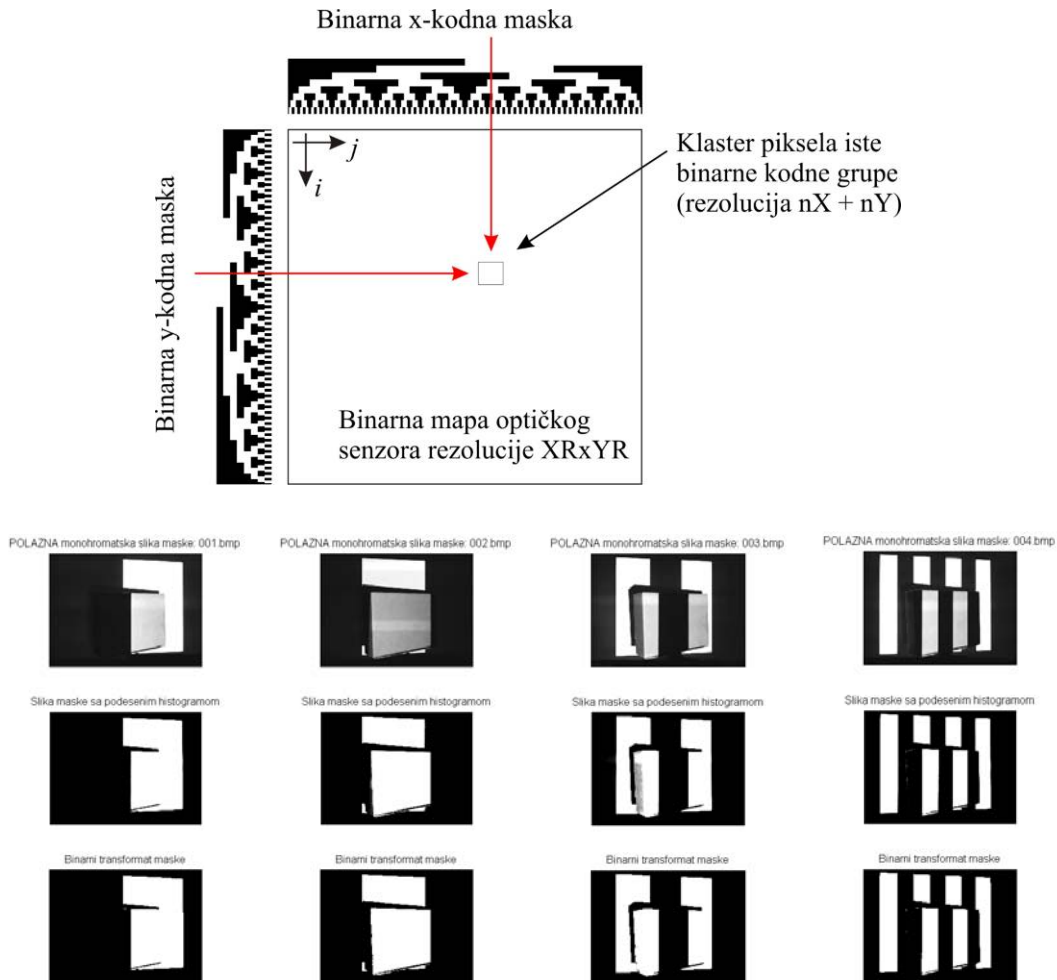
Ова активност припада радном пакету TP35007-РП_2: Интерфејс за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем и повезана је са радним пакетима TP35007-РП_3 и TP35007-РП_4 као полазна теоретска основа за њихову реализацију.

Поред интеракције преко контактне силе која делује на врх робота, други врло значајан простор за интеракцију робота са окружењем јесте визуелна информација. Као и код човека, визуелном информацијом робот прикупља потребне информације о геометрији објеката и њиховим релативним односима у његовом радном простору. Визуелна информација је од суштинског значаја за адаптивно аутономно понашање робота у многим производним процесима, а роботско заваривање је карактеристичан пример, где је визуелна информација основни носилац информација о средини у којој робот извршава постављени радни задатак. У другој истраживачкој години настављена су истраживања у делу примене ласерске триангулације и триангулације структуриране светлости а робусну аквизицију геометријске информације у реалним индустријским условима. Истраживачке активности су посебно фокусиране на триангулацију структуриране светлости и у том контексту изградњу конкретних алгоритама за следеће задатке: 1) генерисање кодираних маски бинарног типа (природни бинарни код и Грау-ов циклични код), 2) алгоритми за калибрацију оптичког система базираних на Хофовој трансформацији бинарне слике, 3) алгоритми за калибрацију триангулационог система линеарног и нелинеарног типа, 4) алгоритми за обраду слике – побољшање (филтрација, корекција хистограма и слично) и трансформацију у бинарну слику са адаптивним нивоом праговања, 5) алгоритми за генерисање треће димензије пиксела помоћу кластеровања кодних група задате просторне резолуције – формирање просторних облака тачака, 6) алгоритми за генерисање просторног модела униформном просторном мрежом, 7) алгоритми за мануелну корекцију просторног модела (елиминација расутих тачака) и 8) алгоритми за пресвлачење модела оригиналном колор мапом – формирање просторне 'коже'. Ове активности велике математичке комплексности реализоване су у Матлаб окружењу, уз примену USB интерфејса за комуникацију са камером као оптичким сензором. На слици 2.3.1 приказан је концепт оптичке триангулације структуриране светлости.

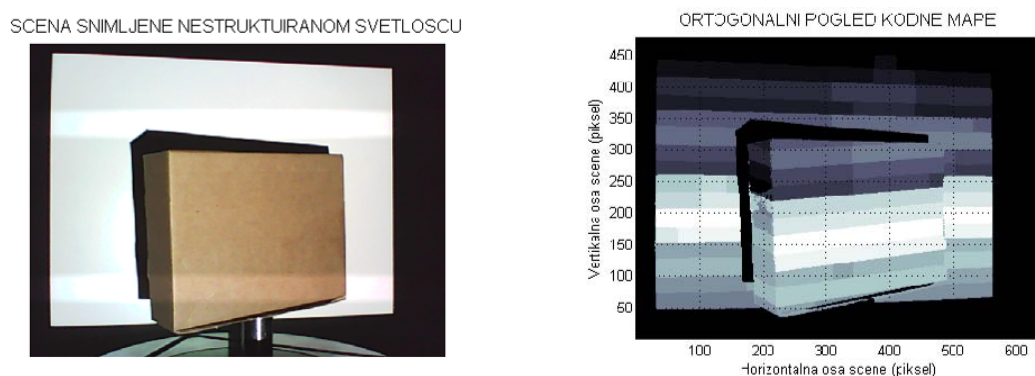


Слика 2.3.1: Концепт структуриране светлости. Програмабилни извор генерише кодну мапу познатог садржаја и пројектује је на сцену на којој се налази објекат који се дигитализује. Анализом промена на кодној мапи која је као одраз сцене снимљена оптичким сензором генерише се просторни облак тачака из којег се даљом обрадом генерише просторни модел сцене.

На слици 2.3.2 приказан је принцип генерисања кодне мапе и пример сцене са призматичним објектом који је осветљен низом од 4 кодне мапе из скупа бинарних кодних маски по x-оси. Бинарне кодне мапе у приказаном случају су изведене по Грау-овом цикличном коду што обезбеђује њихову просторну суседност. Број кодних мапи и резолуција оптичког сензора одређују просторну резолуцију сцене на којој се налази објекат који се дигитализује. У конкретном случају укупан простор захваћен оптичким сензором дискретизује се на 256 кластера пиксела са истим кодним обележјем. На слици 2.3.3 приказана је сумарна кодна мапа из које се даље триангулацијом изводи просторни модел објекта.

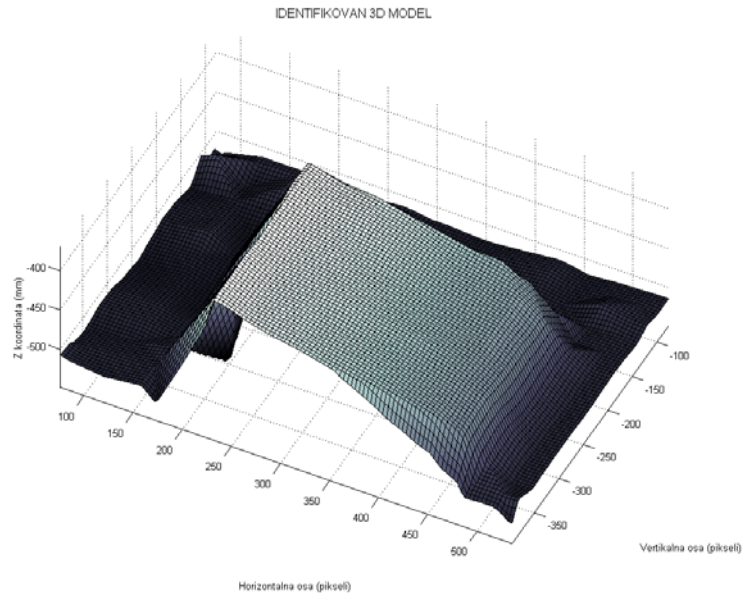


Слика 2.3.2: Концепт генерисања бинарне кодне мапе (горе) и пример сцене са пројектованим низом од 4 кодне маске генерисане развијеним софтвером (оригинална слика се трансформише у монохороматски еквивалент, аутоматски обрађује (побољшава), и на крају трансформише у бинарни еквивалент).



Слика 2.3.3: Оригинална колор слика сцене (призма) и њен трансформат који настаје као резултат пројекције скупа од 8 кодних маски (прве четири приказане на слици 2.3.2). Деформација осмобитне резултантне кодне мапе у равни пројекције је очигледна!

На слици 2.3.4 је приказан просторни модел изведен из генерисаног просторног облака тачака који је изведен из деформисане резултантне раванске кодне мапе приказане на слици 2.3.3. Модел је генерисан униформном мрежом са 9396 тачака. На слици 2.3.5 приказан је модел са слике 2.3.4 на који је утиснута полазна слика призме забележена камером, односно модел је 'обучен у кожу оригинала', чиме је добијен утисак фотореалистичности. Степен постигнуте фотореалистичности може се проценити на основу слике 2.3.6 поређењем оригиналне слике (фотографије) и ортогоналне пројекције фотореалистичног модела.



Слика 2.3.4: Просторни модел сцене са призмом у средишту изведен триангулацијом деформисане кодне мапе осмобитне резолуције приказане на слици 2.3.3.



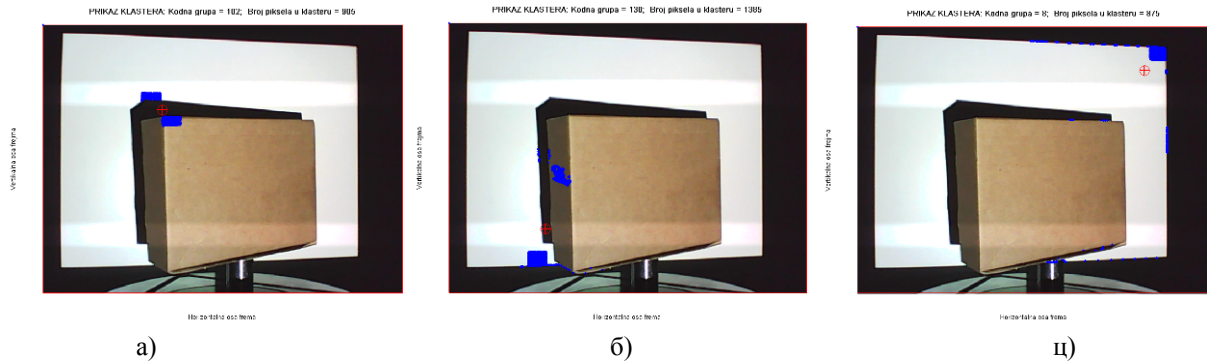
Слика 2.3.5: Просторни модел са слике 2.3.4 'обучен у оригиналну кожу' преузету са полазне колор фотографије сцене која се анализира.



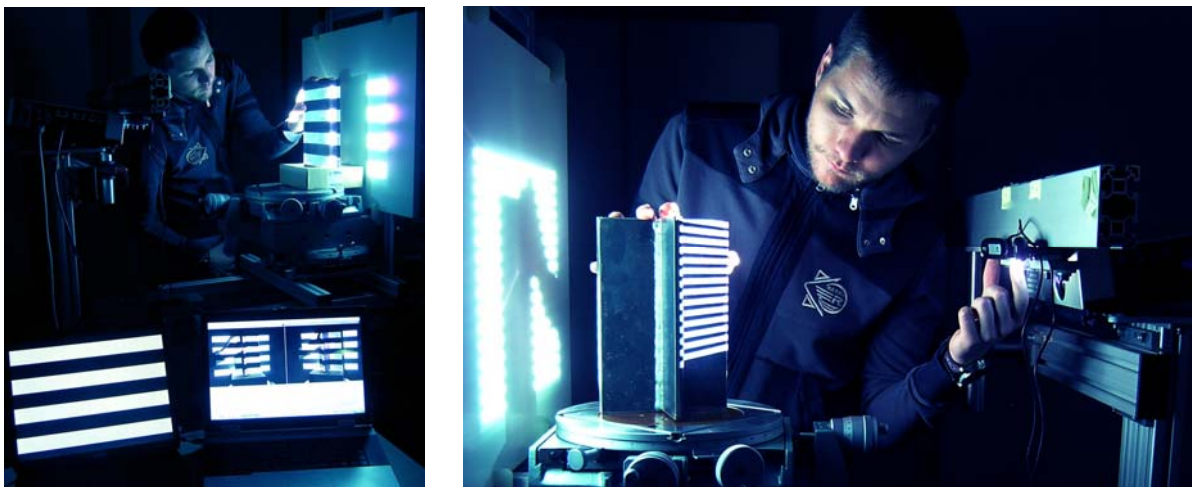
Слика 2.3.6: Поређење оригиналне фотографије сцене са призмом (лево) и ортогоналне пројекције генерисаног просторног модела приказаног на слици 2.3.5.

Просторни модели наведени на слици 2.3.4 и 2.3.5 су у основи груби, јер су генерисани малом просторном резолуцијом од 8 бита (оригинална сцена је подељена на само 256 правоугаоних региона од

по 1200 пиксела). Бољи квалитет модела се једноставно остварује повећањем просторне резолутивности. Са опремом која је коришћена реално остварива резолуција је 12 бита, односно партиција сцене на 4096 региона, што даје за ред величине мањи просторни квант. Ипак, у таквим условима треба очекивати пораст поремећаја изазваних несавршеношћу оптичког система. На слици 2.5.7 приказани су типични случајеви грешака које се појављују у формирању кодних кластера. Плаве тачке на слици 2.5.7 означавају кластер пиксела са истим бинарним кодом. Лако се уочавају грешке типа ивичног цепања кластера (а), затим цепања изазваног неуниформношћу осветљености (б), и грешке расипања изазваног оптичким шумом или рефлексијама (ц). У овом тренутку се ради на развоју интелигентног алгоритма који ће поседовати способност делимичне или потпуне корекције претходно наведених грешака кластеровања кодираних пиксела. Тај алгоритам је базиран на својству суседности кодних група, на основу чега је могућа аутоматска корекција грешке или само препознавање и елиминација погрешно кодираних пиксела.



Слика 2.3.7: Карактеристични облици грешака у кластеровању који настају као последица оптичких несавршености или поремећаја. Плавом бојом су означени пиксели истог кодног садржаја а црвени крст представља идентификовани центар кластера разматране кодне групе.



Слика 2.3.8: Мерни сто развијен за експерименте са триангулацијом структуриране светлости.

Разматрани пример показује ефикасност развијеног алгоритма и његову применљивост за препознавање геометрије окружења у технолошким задацима као што је роботско заваривање или реверзно инжењерство. Чак и код малих просторних резолуција које се остварују оптичким сензорима малог квалитета, могуће је даљом обрадом, на пример аналитичким провлачењем равни кроз скуп апроксимативно компланарних тачака које одговарају некој од геометријски равних површи реалног објекта, аналитички идентификовати локацију шава са великом прецизношћу, што је основни задатак у процесу адаптивног роботског заваривања. Комплетна валидација развијеног аналитичког модела и развијених алгоритама је у одсуству набавке висококвалитетних камера (централизована набавка преко ЈУП) изведена помоћу обичних WEB камера, чија је цена занемарљива у односу на укупну комерцијалну вредност оваквог система, а такође и његову технолошку вредност. Квалитет оптичког хардвера је свакако битан, посебно у делу контроле експозиције, али суштина је у примењеним алгоритмима за обраду слике и управо у тој чињеници лежи велики потенцијал за развој и за резултате. Активности у овој области ће бити настављене несмањеним интензитетом и у трећој истраживачкој години са циљем

имплементације на реални роботски систем и верификацију у реалним условима индустријске производње. Овде леже велики потенцијали за значајан научни допринос и практичну имплементацију у реалним условима индустријске производње. Ова истраживања су повезана са докторском дисертацијом једног од младих доктораната ангажованих на пројекту TP35007.

Резултати:

Планирано: M63 Број резултата: 1
 Остварено: M21 Број резултата: 1
 M63 Број резултата: 1

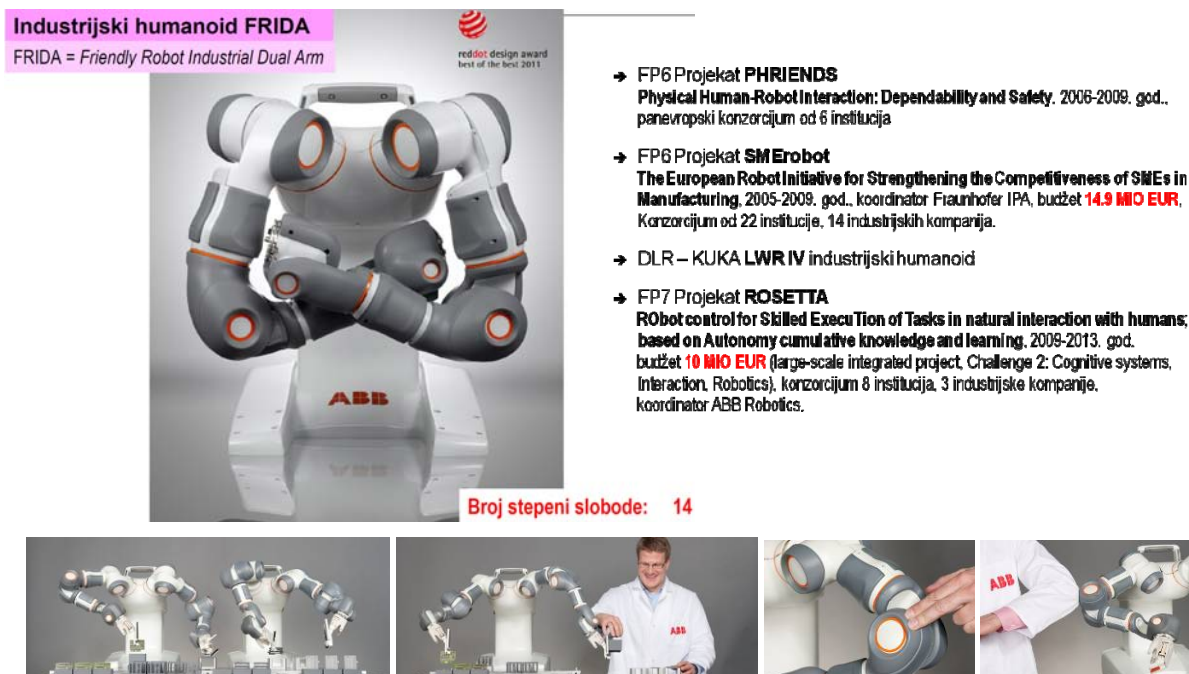
Фаза реализације 2: Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем

Активност 4: Концептуалне основе антропоморфних робота за комплексне задатке интеракције са окружењем у процесу монтаже – концепт индустријских хуманоида;

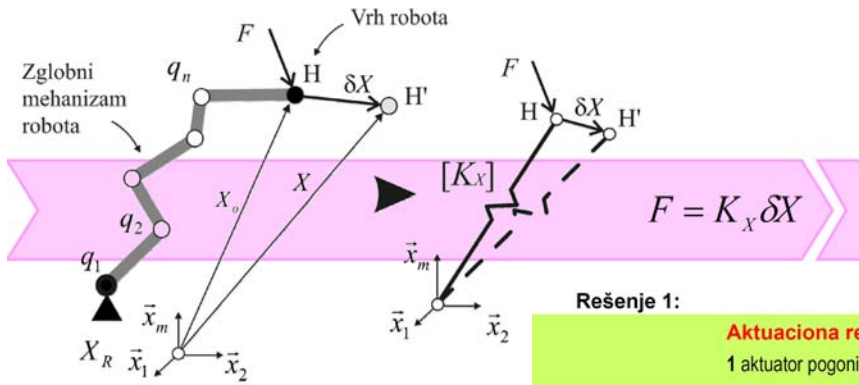
Временски оквир: 01/03/2012 - 31/12/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-РП_2: Интерфејс за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем и повезана је са радним пакетима TP35007-РП_3 и TP35007-РП_4 као полазна теоретска основа за њихову реализацију.

Нова производна парадигма масовне кастомизације пред производне технологије поставља готово контрадикторан захтев споја флексибилности и рада са серијама врло малог обима, укључујући и појединачну производњу, са трошковима производње који су једнаки или блиски трошковима који се остварују масовном производњом. Одговор у области роботике на овај захтев је кооперативни рад човека и робота који даље намеће радикално нова решења индустријских робота, подједнако у механици и управљању – индустријски хуманоидни роботи. На слици 2.4.1 приказан је робот који је предмет развоја актуелног ФП7 пројекта под називом ROSETTA и типични репрезент оног што се назива индустријским хуманоидом. Робот FRIDA, који је као концепт претворен у физичко техничко решење, је експериментална платформа за истраживања интеракције човека и робота у тимском раду на линијама за монтажу нове генерације.

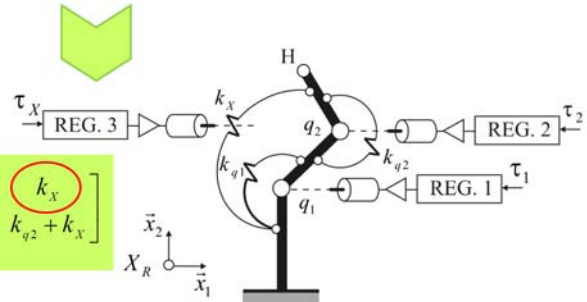


Слика 2.4.1: Робот FRIDA (*Friendly Robot Industrial Dual Arm*) је бимануални индустријски хуманоид најновије генерације - концепт робот развијен у оквиру ФП7 пројекта ROSETTA од стране компаније АБВ и конзорцијума истраживачко-развојних институција, као експериментална платформа за широк спектар развојних истраживања у домену интеракције човека и робота у случају тимског рада и за развојне активности у делу освајања специфичног хардвера индустријских робота ове врсте.



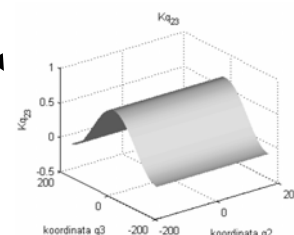
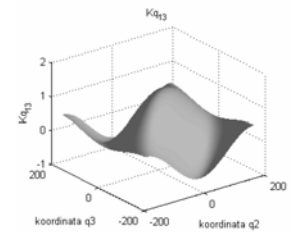
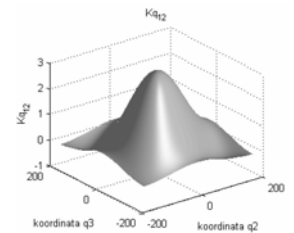
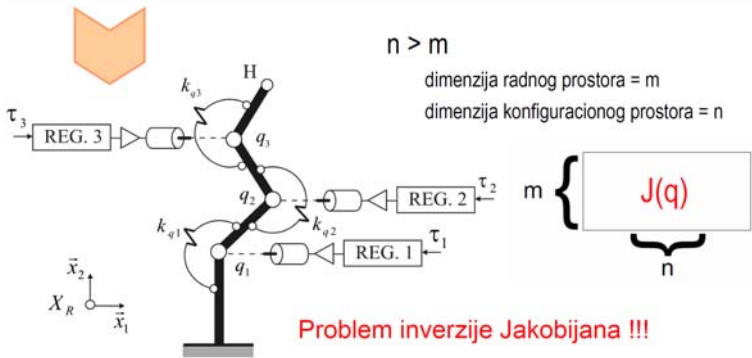
Rešenje 1:

Aktuaciona redundansa tipa 1 : n
1 aktuator pogoni n zglobova!



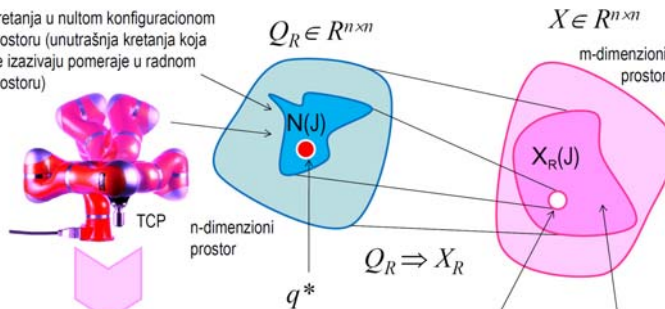
Rešenje 2:

Kinematska redundansa
Kinematska prekobrojnost u funkciji modulacije generalizovane krutosti



Mur-Penrouz pseudoinverzija Jakobijana

Kretanja u nultom konfiguracionom prostoru (unutrašnja kretanja koja ne izazivaju pomeraje u radnom prostoru)



Uslov za pseudoinverziju Jakobijana je kanonizaciju aktuatorne matrice krutosti

$K_{q_{ij}}(q^*) \leq \epsilon, \forall i \neq j$

Nulti radni prostor robota (postoji samo ukoliko je robot kinematski redundantan / $n > m$)

Radni prostor robota

Слика 2.4.1: Поставка и варијантна решења проблема синтезе програмабилне крутости индустријског хуманоида добијена као резултат истраживања попустљивости кинематски и актуационо редундантних кинематских конфигурација роботских руку антропоморфног типа.

Попустљиво понашање ових робота је један од кључних захтева. Та попустљивост мора да буде варијабилна и зато не може да буде уграђена у механичку структуру. Попустљивост роботских хуманоида мора да буде програмабилна. У току 2012. године изграђени су аналитички модели генерализоване крутости серијских кинематских структура антропоморфне конфигурације, са уграђеном редундансом кинематског и/или актуационог типа. На слици 2.4.2 приказани су изводи из тог модела и основне аналитичке релације које показују како се проблем кинематске редундансе може успешно да решава увођењем додатних критеријума везаних за жељену генерализовану крутост, која у општем случају може да буде произвољно дефинисана, или да задовољи неке специфичне захтеве као што су механичка изотропност у односу на неку референтну тачку робота (најчешће врх робота или његова пројекција на ТСП).

Резултати ових истраживања су подлога за реализацију индустријског хуманоида сопствене конструкције, који се планира за наредне истраживачке године. Такође, истраживања ове врсте су суштински битна за имплементацију нових алгоритама управљања по сили на роботској платформи за монтажу која је у процесу набавке као капитална опрема за пројекат TP35007.

Резултати:

Планирано:	M51 Број резултата: 1
Остварено:	M23 Број резултата: 1
	M33 Број резултата: 1
	M63 Број резултата: 3

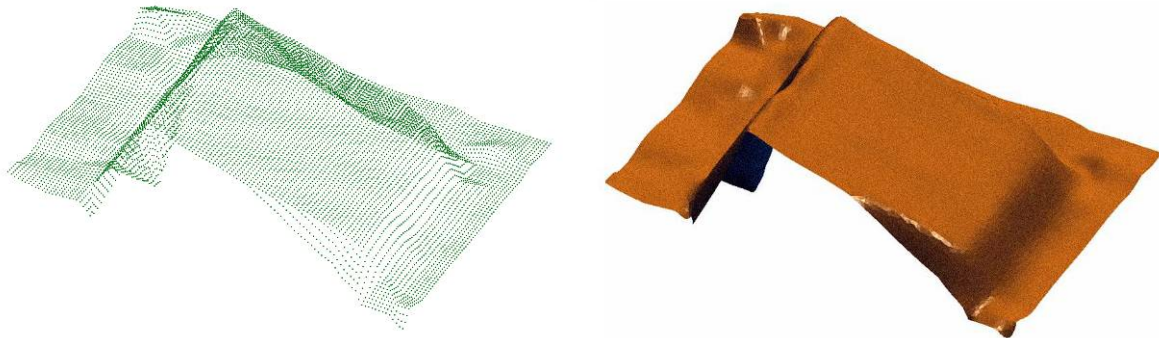
Фаза реализације 3:	Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка
Активност 1:	Доградња функције аквизиције геометријских информација из реалног окружења у изабрани комерцијално расположиви САД пакет за просторно геометријско моделирање / део 1;
Временски оквир:	01/06/2012 - 31/12/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-РП_3 - Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка, и повезана је са радним пакетима TP35007-РП_2, посебно са истраживањима која су реализована у оквиру Фазе 2, активност 3 – триангулација структуриране светлости.

Информација коју генерише систем вештачког гледања у облику и контексту који се разматра у оквиру Фазе 2, активност 3, своју пуну вредност добија тек уколико може да се угради у неки од комерцијално расположивих САД пакета. Суштина је у томе да се сензорска информација, трансформисана у регуларни облак тачака, даље уведе у САД моделер преко којег ће бити остварена компарација стварног стања окружења у којем ради роботски систем и виртуелног модела из којег је генерисан номинални задатак. Разлика која се добија као корисна информација из овог процеса даље се може користити за синтезу, аутоматску или асистирану, новог, коригованог плана за извршење постављеног задатка. Да би се реализовао овај задатак неопходно је да се изгради одговарајући интерфејс модул који ће омогућити: 1)прихват сензорских информација трансформисани у примарни просторни облак тачака, 2)графичку визуелизацију и просторну манипулацију, 3)постпроцесирање интерактивног типа које обавезно укључује генерисање референтних равни, генерисање виртуелног модела реалног стања и различите трансформације над примарним облаком тачака (редукција величине облака преласком на неуниформне мреже, на пример), 4)једноставну и за оперативне активности у индустријским условима прилагођену интеракцију човек-робот у смислу адаптације номиналног задатка робота (параметарске или структурне природе) или синтезе потпуно новог задатка, и 5)архивирање стварног стања за даљу употребу тих информацију у другим сегментима производног процеса, посебно за праћење квалитета.

Истраживања која су у овом смислу спроведена су базирана на Solid Works CAD пакету Основни проблем који овде генерално постоји јесте затвореност комерцијалних САД пакета за различита прилагођавања или интеграцију у друге софтверске системе. Крајем 2011 године успостављен је званични контакт са представником Dassault Systèmes SolidWorks Corp. где је после дужих преговора добијена сагласност за достављање пројектном тиму TP35007 системског развојног окружења за доградњу Solid Works CAD пакета. Овим је створен простор за развојне активности које су спроведене током 2012. године и које ће бити настављене и у 2013. години. У овом тренутку је реализована функција преноса облака тачака модела генерисаног специјализованим софтвером за примарну обраду сигнала који генеришу оптички сензори у SolidWorks моделер. Пример просторног модела призме који је претходно описан је искоришћен за демонстрацију ове функционалности. На слици 3.1.1 приказан је

облак тачака које учитан у SolidWorks, а затим из тога генерисана просторна неуниформна површ. У развојном смислу, спрега сензорског система вештачког гледања и CAD моделера је задатак врхунске техничке комплексности, а компанија Dassault Systemes SolidWorks Corp. је изразила спремност да у случају позитивног исхода уврсти овај софтверски модул у своју стандардну понуду.



Слика 3.1.1: SolidWorks приказ учитаног облака тачака (лево) из којег је генерисан просторни модел сцене са призмом приказан на слици 2.3.4, и површ (десно) коју је на основу тих тачака генерисао SolidWorks. Овим је остварен кључни корак за интеграцију сензорских сигнала генерисаних из реалног света у комерцијално расположив CAD моделер. Даљом анализом и поређењем унутар CAD моделера могу да се изведу информације о одступању стварног стања од номиналног модела и да се затим спроведу одговарајуће корекције номиналних планова за извршавање постављеног задатка.

Резултати:

Планирано:	M85	Број резултата:	1
Остварено:	M33	Број резултата:	1
	M63	Број резултата:	1
	M85	Број резултата:	1

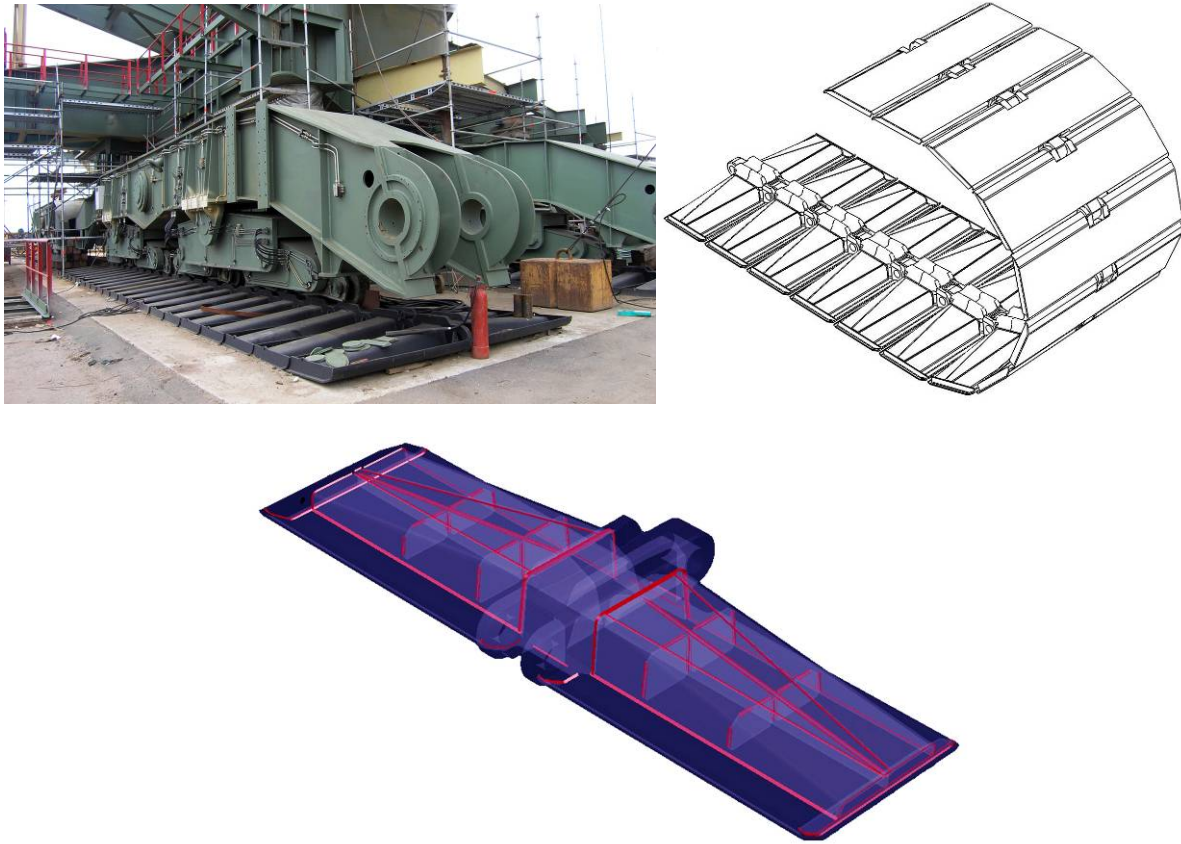
Фаза реализације 4: Експериментална верификација/демонстрација у лабораторијским условима
Активност 1: Инсталација 1: Монтажа заварених склопова / роботско заваривање, дигитализација геометрије завареног склопа и димензиона метрологија ласерском триангулацијом и триангулацијом структуриране светлости – Студија за компанију Колубара Метал;
Временски оквир: 01/06/2012 - 31/12/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-PP_4 - Практична верификација и изградња демонстрационих инсталација.

У контексту практичне имплементације технологије за мултиваријантну производњу малосеријских производа у домаћу индустрију, као и дисеминације резултата истраживања на пројекту TP35007 са компанијом Колубара Метал из Вреоца склопљен је билатерални уговор о стратешкој пословној сарадњи на модернизацији технологије заваривања. Технологија заваривања је једна од кључних технологија на којој почива производни систем компаније Колубара Метал (КМ). Специфичности производње у КМ се састоје у производима екстремно великог габарита (багер и остала опрема за површински коп и остала опрема за рудничку производњу) и малим производним серијама, укључујући и уникатну производњу. Оваква ситуација је савршени полигон за примену основних концепата роботске технологије нове генерације у оквиру нове производне парадигме масовне кастомизације. За почетак сарадње је договорена израда студије изводљивости за монтажу и роботско заваривање папуча багера (слика 4.1.1) као Фаза I пројекта у целини. Студија је реализована током 2012. године и у форми елабората обима 160 страница без прилога, предата кориснику, компанији Колубара Метал, Вреоци.

У оквиру ове студије, Машински факултет је спровео детаљну анализу постојеће технологије и постојећих конструкционих решења папуча багера којих укупно има 23, при чему папуча највећег габарита има призматичну енвелопу 3700x960x460mm и тежину од скоро 1500 kg. У претходних 5 година просечни обим производње је био 1119 папуча годишње, од чега 382 нове папуче, а остало је била регенерација. Када се узме у обзир број варијанти, очигледно се ради о малосеријској, екстремно диверзификованој производњи.

Студија изводљивости је обухватила изградњу генеричког виртуелног модела склопа папуче и свих заварених спојева (приказано на слици 4.1.1), из чега је даље изведен генерички модел за синтезу плана монтаже (слика 4.1.2).



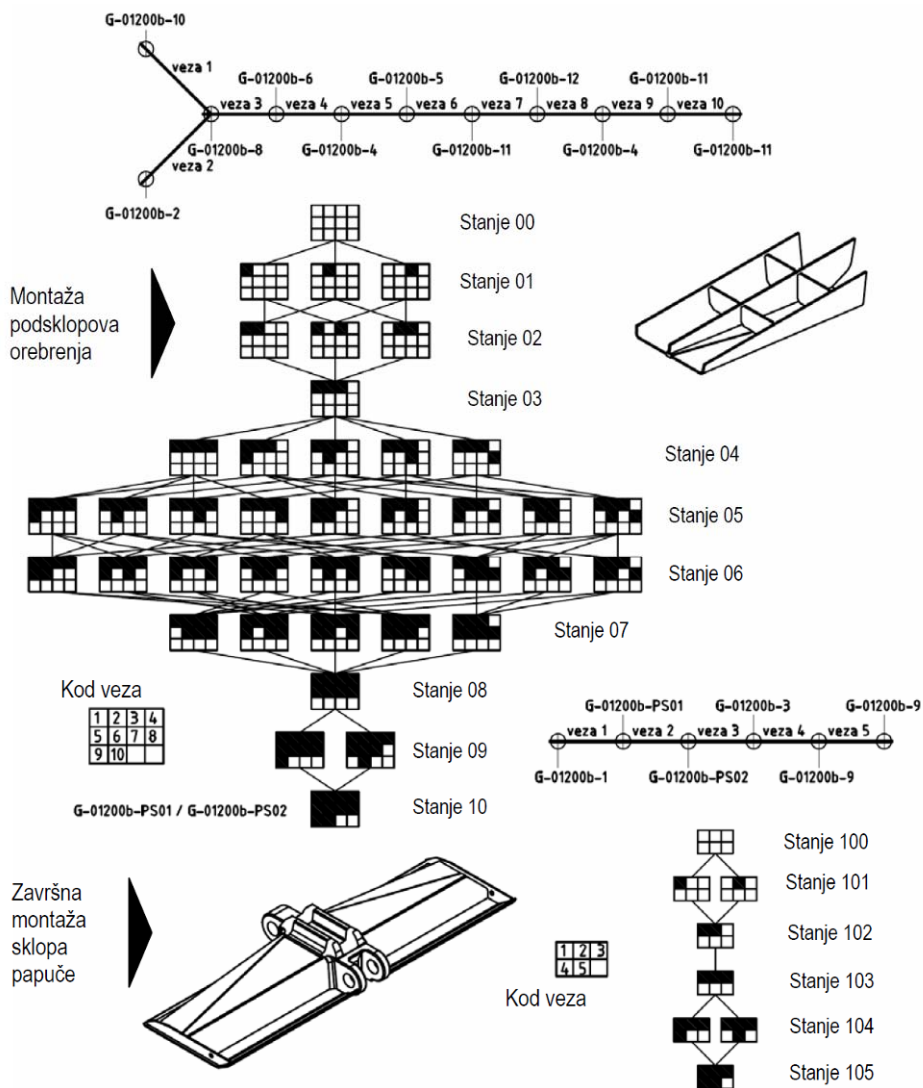
Слика 4.1.1: Приказ папуче багера и места њене уградње – грандиозни багер за површински ископ угља. Виртуелни модел (доле) заваривања склопа папуче багера из чега даље следи задатак који се поставља пред роботски систем.

Посебна пажња је посвећена проблематици компензације грешака и несавршености геометрије склопова који се заварују, што је објективно својство ове класе производа и технолошки посматрано, највећи изазов који се поставља пред реализацију овог пројекта. Модел који је разрађен приказан је на слици 4.1.3 и базиран је на интегрисаном приступу: пре – током – после, који се развија у лабораторијским условима у оквиру пројекта TP35007 као генеричка технологија.

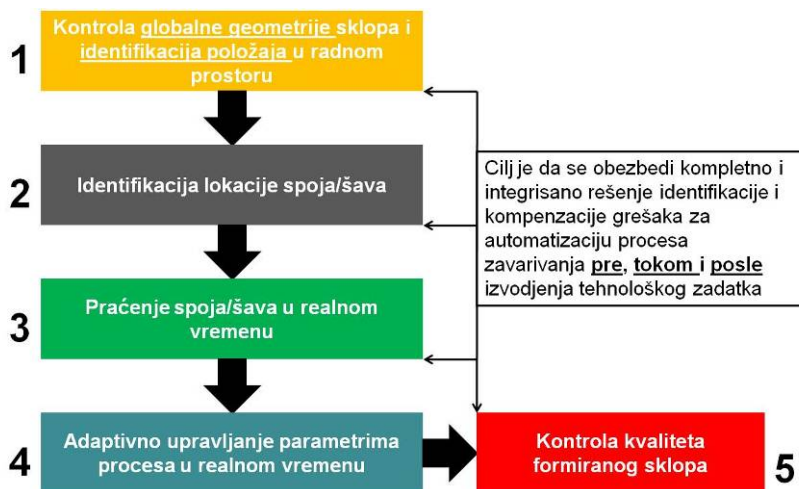
У оквиру студије постављен је већи број варијантних конфигурација система. Пројектни тим КМ је на основу заједнички усвојеног скупа критеријума донео одлуку да се као оптимално решење, уз додатне модификације, изабере варијанта V2b-1, које ће даље бити детаљно разрађена и која ће послужити за доношење пословне одлуке о уласку у инвестицију, односно реализацију. Диспозиција основне опреме овог решења је приказана на слици 4.1.4, а његов виртуелни просторни модел је приказан на слици 4.1.5. Применом одговарајућих анимационих алата и кинематских модела уграђених робота, развијен је динамички модел, који реалистично приказује функцију основних функционалних модула система.

Симулацијом је показано да овакав систем омогућава подизање капацитета за 350% у односу на постојећи мануелни систем. Увођење роботске технологије би поред повећања капацитета донело следеће предности: 1)унапређење и стабилизација квалитета производа, 2)смањење зависности од расположивости и флукуације специјализоване радне снаге, и 3)подизање пословног угледа.

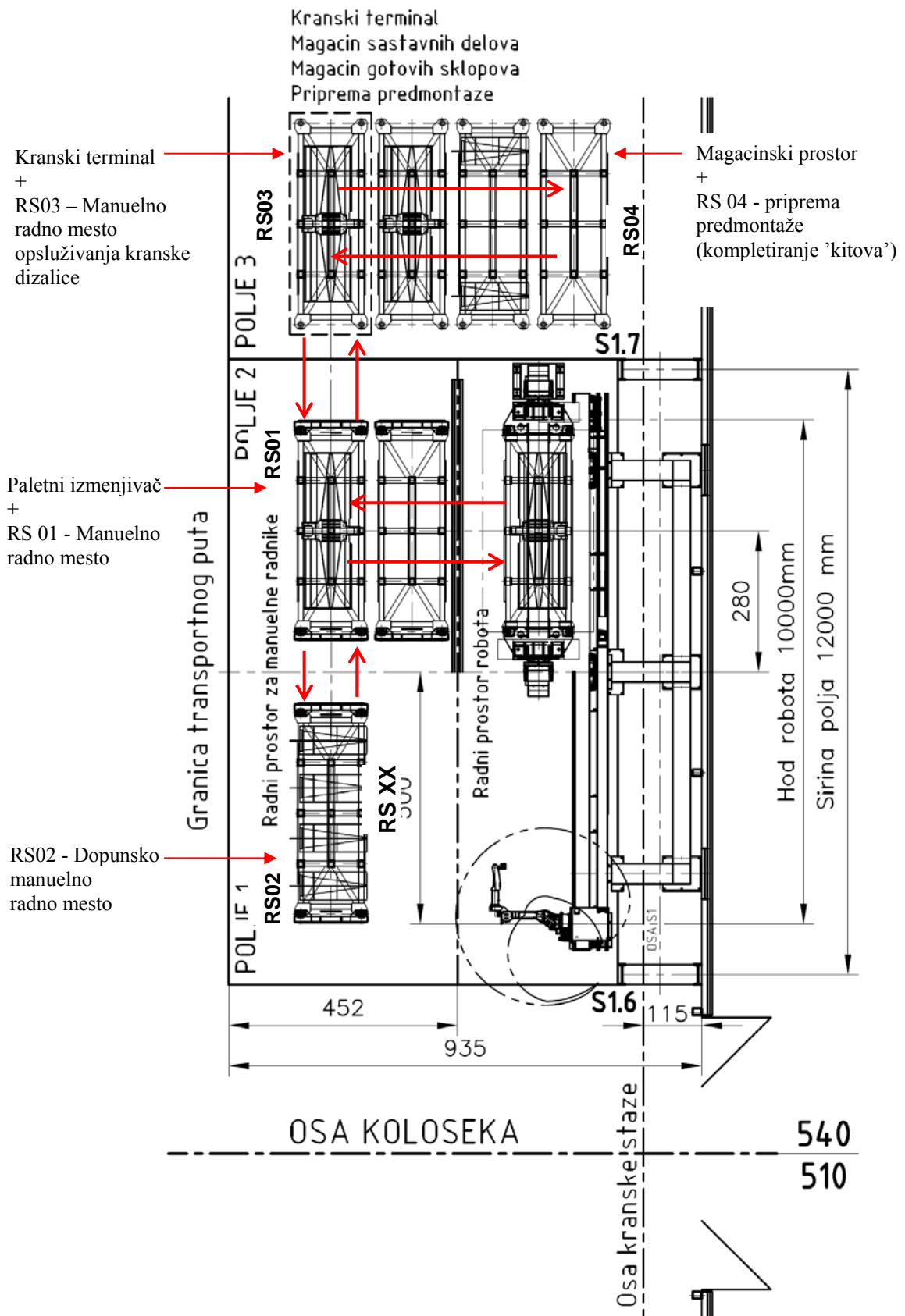
Са аспекта реализације система, усвојен је модел реализације коришћењем сопствених производних ресурса у кооперативном односу са Машинским факултетом из Београда. Оваквим моделом реализације могуће је комплетан систем реализовати за 225.000 ЕУР. Процењена тржишна вредност система је извршена на основу добијених понуда од специјализованих европских произвођача и износи 750.000 ЕУР. Рок реализације пројекта у пуној конфигурацији је процењен на 28 месеци и изводи се фазно. У случају успешне реализације, по својој комплексности и технолошкој вредности, ово би био највећи систем ове врсте на Балкану, односно укупном простору Југоисточне Европе.



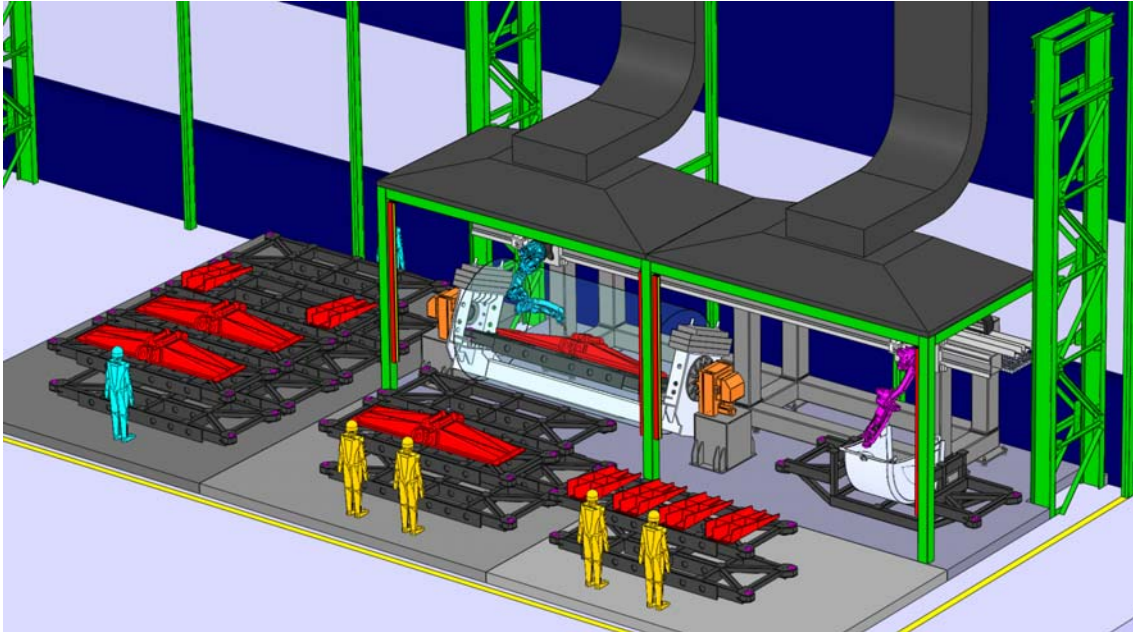
Слика 4.1.2: Пример генеричког модела за синтезу плана монтаже и одатле плана заваривања, као полазне основе за синтезу задатка заваривања за роботски систем.



Слика 4.1.3: Концепт интегрисаног решавања компензације грешке – оквир адаптивног понашања роботског система у контексту кооперативног рада човек-робот који се развија као генеричка технологија и верификује у лабораторијским условима у оквиру пројекта TP35007.



Слика 4.1.4: Оптимално варијантно решење технолошке хелије за монтажу и роботско заваривање – хибридни систем у којем се преплићу мануелне и роботске радне станице и у којем је поред роботског заваривања интегрисан и систем роботског скенирања геометрије склопа који се заварује и формираног шави.



Слика 4.1.5: Виртуелни модел оптималног решења технолошког система за монтажу и роботско заваривање склопа папуче багера са уграђеном функцијом ласерског скенирања геометрије саставних делова и формираног склопа.

Руководне структуре компаније Колубара Метал су усвојиле студију изводљивости и донеле одлуку о спровођењу даљих фаза реализације овог пројекта. Билатерални уговор и Мишљење КМ је дато као посебан прилог у годишњем извештају пројекта TP35007 за 2012. годину. Пројектни тим сматра ово врло значајним резултатом који на најдиректнији начин показује како је и у врло тешким условима у којима се налази домаћа индустрија могуће реализовати технолошки високовредне пројекте кроз блиску сарадњу индустрије и домаће науке.

Резултати:

Планирано: М85 Број резултата: 1
 Остварено: М85 Број резултата: 1

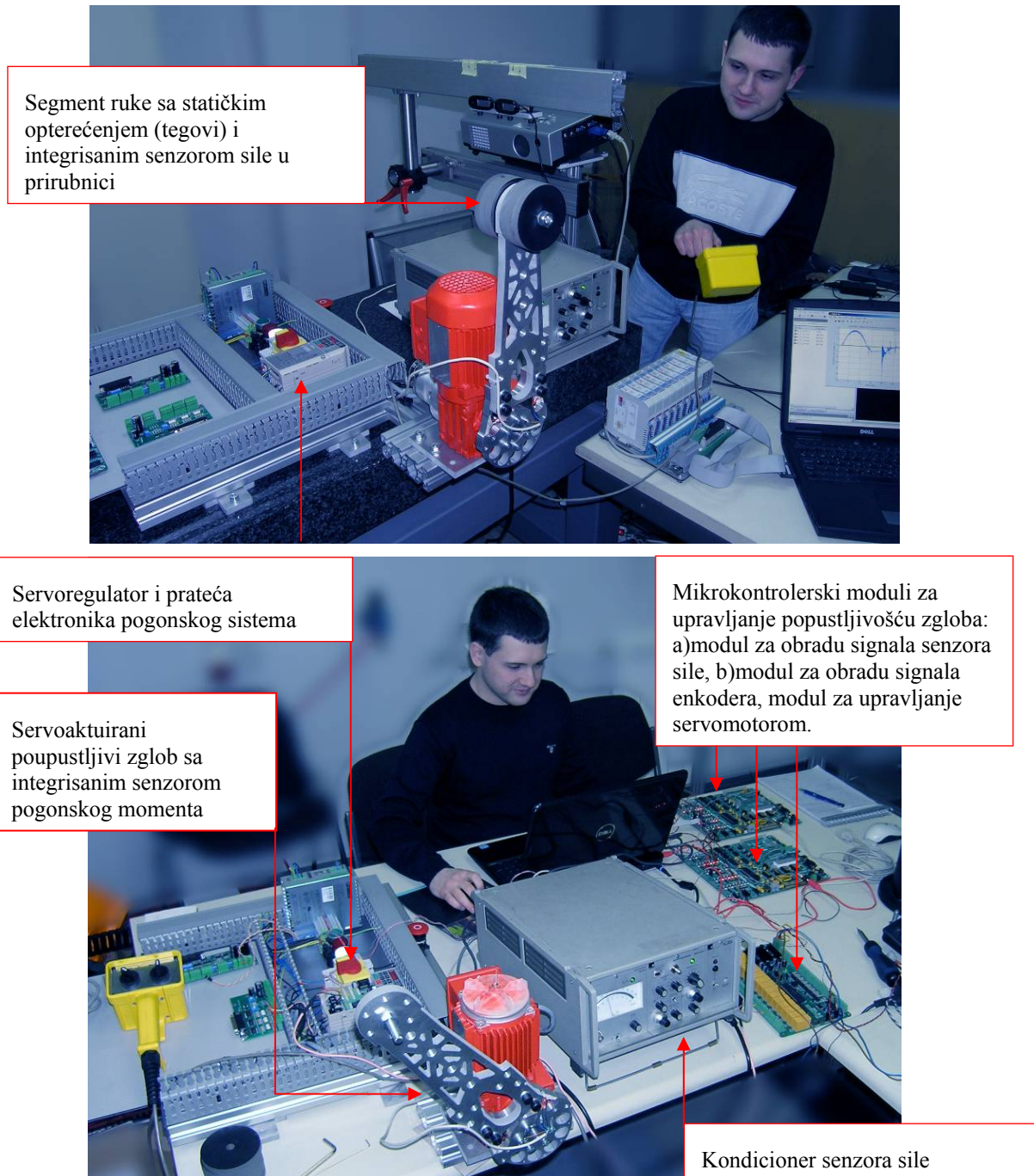
Фаза реализације 4: Експериментална верификација/демонстрација у лабораторијским условима
 Активност 2: Инсталација 2: Монтажа малих механичких склопова, операције роботизованог спајања целова с укљученом функцијом адаптивног понашања аквизицијом генерализованог вектора силе спајања;
 Временски оквир: 01/09/2012 - 31/12/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-РП_4 - Практична верификација и изградња демонстрационих инсталација.

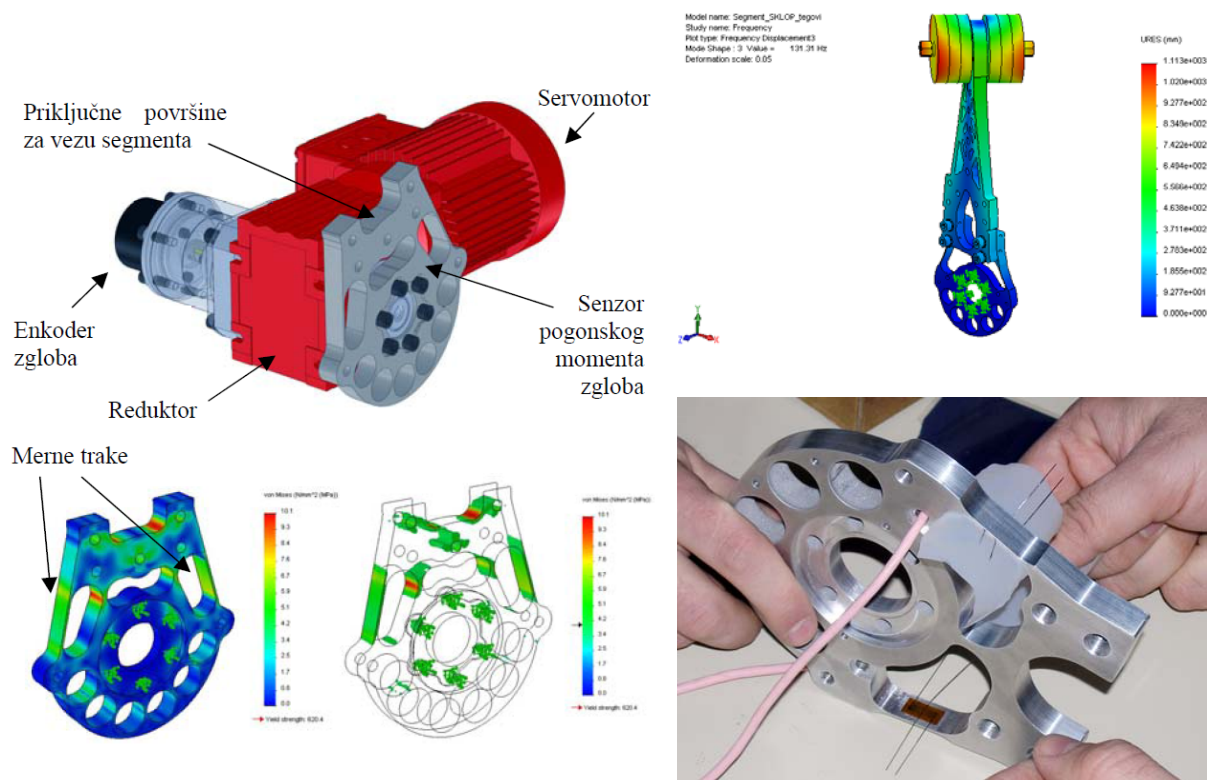
У току 2012. године једна од стратешких развојних активности је била израда експерименталне инсталације за тестирање концепта меког зглоба EHR-MZ01, односно актуационог система једне сервоуправљане осе индустријског хуманоидног робота. Ово је пионирска активност у нашем научно-истраживачком простору и имала је за циљ стицање елементарних практичних сазнања и искуства, како би се са једне стране провериле основне концепта програмабилног управљања попустљивости зглоба робота и како би се добила платформа за развој и практичну валидацију варијантних закона управљања на бази механичке импедансе. Инсталација је урађена самоградњом и комплетирана је крајем 2012. године (механика, сензорика, управљање и базни управљачки софтвер). На слици 4.2.1 приказана је фотографија комплетне инсталације.

Управљачки систем је базиран на микроконтролерима PIC 18F45K22 који су међусобно спрегнути преко брзе SPI серијске комуникације, тако да у функционалном смислу чине јединствен систем. Дистрибуцијом радног задатка омогућено је остваривање одличних динамичких перформанси система управљања у целини. Први микроконтролерски модул врши обраду погонског/реактивног момента зглоба и у реалном времену прослеђује преко свог серијског интерфејса информацију о моменту

надређеном рачунарском модулу. У циљу постизања максималне брзине одзива примењена је особитна аналогно-дигитална конверзија сензорског сигнала који се доводи из одговарајућег кондиционера (екстерни модул НВМ КWS82, за наредну годину се планира израда склопа кондиционера интегрисаног у прирубницу сегмента робота, непосредно уз претварачке елементе). Други микроконтролерски модул врши обраду сигнала који генерише енкодер за мерење угаоног положаја зглоба и мерење његове угаоне брзине. Израчуната тренутна вредност угла и брзине се у реалном времену прослеђује преко серијског интерфејса надређеном рачунарском модулу. Трећи микроконтролерски модул прихвата сензорске сигнале, обрађује их и у складу са уграђеним законом управљања генерише дигиталне и аналогне управљачке сигнале за управљањем крутости зглоба. Овај модул преко свог серијског интерфејса прослеђује (и прима) информације НМІ модулу, преко кога се врши спрега човека и управљачког система.



Слика 4.2.1: Експериментална инсталација за тестирање концепта меког зглоба ЕHR-MZ01 (резултат самоградње и сопствених развојних активности у целости: механика, управљачки систем и сензорски систем). Горе: прва функционална проба. Доле: довођење система у функционално стање и први управљачки алгоритми за основну проверу концепта.



Слика 4.2.2: Конструкциони концепт меког зглоба индустријског хуманоида EHR-MZ01. Погонски систем је базиран на кавезном асинхронном мотору управљаном помоћу фреквентног регулатора са могућношћу управљања вектором магнетског флукса. Угаона координата зглоба и угаона брзина прате се помоћу бројачког енкодера уграђеног на излазном вратилу. Погонски момент који се преноси на сегмент робота прати се помоћу сензора силе базираног на мерним тракама (варијанта половинског и пуног моста). Детаљ тела сензора силе интегрисаног у сегмент робота приказана доле лево. Горе десно је приказан један од облика осциловања сегмента са тегом којим се уноси статичка компонента оптерећења (извршена је комплетна идентификација механичких својстава сегмента у статичком и динамичком домену). У доњем десном углу је приказана фотографија детаља мерног моста. Све механичке компоненте су физички израђене у Заводу за машине алатке, Машинског факултета у Београду.

У наредној истраживачкој години планира се спровођење екстензивних експерименталних радњи у циљу провере варијантних облика закона управљања по позицији и сили, односно управљања крутошћу зглоба, која се у овом контексту појављује као кључна технолошка величина.

Резултати:

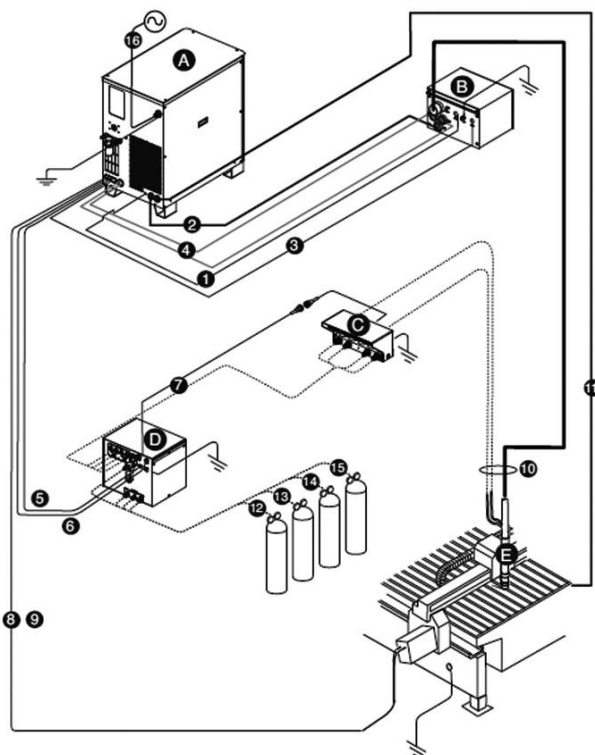
Планирано: M85 Број резултата: 1
 Остварено: M85 Број резултата: 1

Фаза реализације 4: Експериментална верификација/демонстрација у лабораторијским условим
 Активност 3: Модуларни систем за плазма резање са уграђеном функцијом адаптивног управљања режимом резања – Демонстрациона инсталација у комп. ИКАРБУС;
 Временски оквир: 01/01/2012 - 31/12/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-PII_4 - Практична верификација и изградња демонстрационих инсталација.

Пројекат TP35007 у свом конзорцијуму има и партиципанта из индустрије, корисника истраживања, компанију ИКАРБУС а.д. која се после врло турбулентних догађаја у претходним годинама изазваним приватизационим процесом, постепено враћа у стабилно стање и консолидује своје производне ресурсе.

Анализом кључних технолошких процеса коју је спровео заједнички тим Машинског факултета из Београда и компаније Икарбус, утврђено је да резање лимова у овом тренутку представља једну од најслабијих тачака. Постојећа технологија контурног резања је базирана на примени гасног резања и оптичког копирног система, односно решења које је старо преко четири деценије. Квалитет и продуктивност који се остварују овом технологијом су незадовољавајући и представљају ограничавајући фактор за производњу нове генерације аутобуса базираних на нископодним конструкцијама. У том смислу, током 2011. године донета је одлука да се у оквиру пројекта TP35007 изврши модернизација увођењем технологије плазма резања и CNC управљана. Ова технологија је високопродуктивна и омогућава резање челичних лимова од угљеничног и нерђајућег челика и резање лимова од Алуминијума. Оваква својства омогућавају да се сви плочасти саставни делови дебљине до 25 мм, са контуром произвољне геометрије, режу на једној машини. Такође, ова технологија поседује високу продуктивност и омогућава да се сви плочасти делови једног зглобног аутобуса (изабран је као репрезент за анализу) изрежу за 140 минута (главно време резања за режим високопрецизног резања), што је готово за ред величине продуктивније у односу на постојећу технологију гасног резања.



Sistemske komponente

- A Izvor
- B Modul za iniciranje plamena
- C Modul elektromagnetnih ventila
- D Modul za kontrolu tehničkih gasova
- E Gorionik

Kablovi i creva

- 1 Kabl pilot luka
- 2 Kabl mase
- 3 Kabl napajanja modula za iniciranje plamena
- 4 Crevo za razvod rashladnog fluida modula za iniciranje plamena
- 5 Kabl za upravljanje tehničkim gasovima
- 6 Kabl za napajanje modula za kontrolu tehničkih gasova
- 7 Kabl za spregu modula ventila i modula za kontrolu tehničkih gasova
- 8 CNC interfejs kabl
- 9 Optional CNC interfejs kabl za sisteme sa većim brojem izvora
- 10 Kabl gorionika
- 11 Kabl za vezu lima koji se seče

Creva za tehničke gasove

- 12 Kiseonik
- 13 Azot ili Argon
- 14 Vazduh
- 15 Argon/Vodonik (H35) ili Azot/Vodonik (F5)

Kabl za napajanje

- 16 Glavni napojni kabl

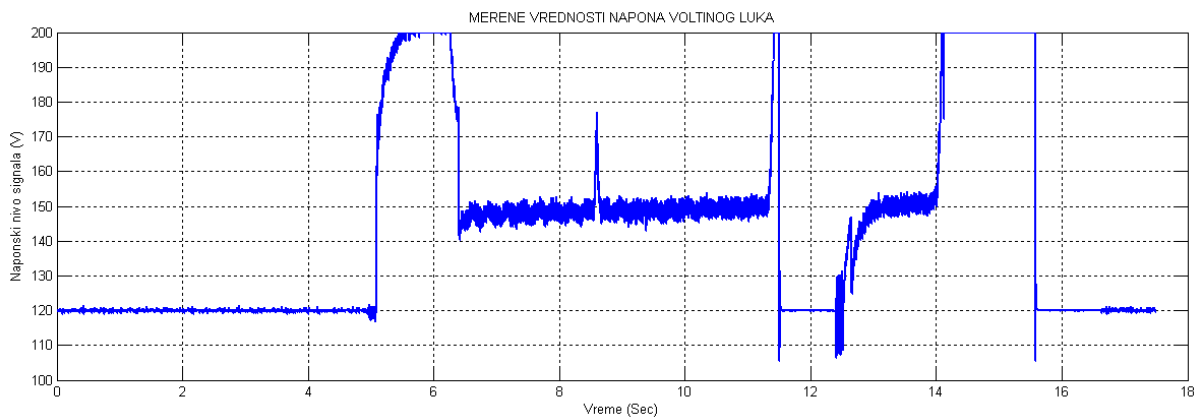


Слика 4.3.1: Конфигурација CNC система за плазма резање са изгледом и основним детаљима плазма агрегата високих технолошких перформанси Hypertherm HyPerformance HPR130XD са аутоматском регулацијом протока и притиска плазма и заштитног гаса.

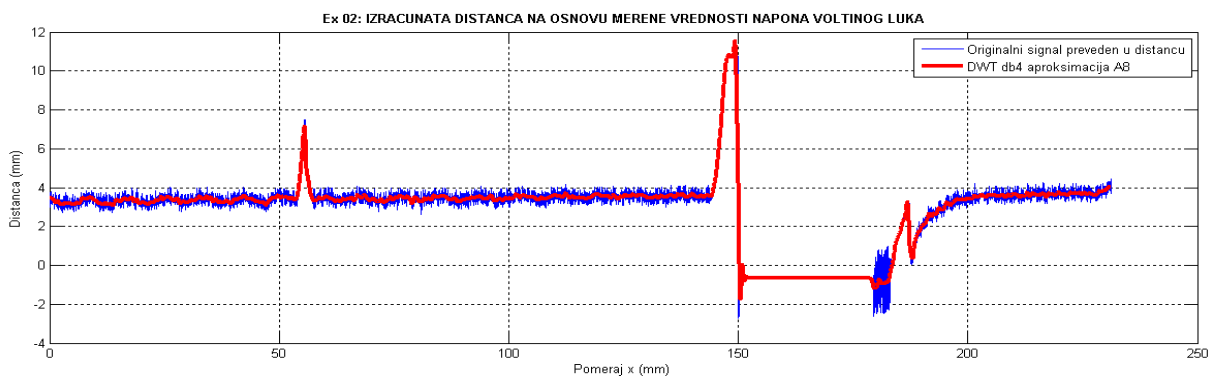
Машински факултет је на основу спроведених анализа донео одлуку да се као плазма агрегат изабере производ америчке компаније Hypertherm, са ознаком: HyPerformance HPR130XD. То је систем који генерише максималну струју Волтиног лука од 130А и омогућава аутоматску регулацију протока и притиска плазма и заштитног гаса. Укупна маса плазма агрегата је 350 кг. Плазма агрегат оваквих перформанси не постоји у нашој индустрији, тако да би његовом применом компанија Икарбус добила технологију за резање лимова плазмом највишег нивоа квалитета, посматрано у националним оквирима.

Управљање параметрима режима (напон, струја, притисак, проток, временске константе и остало) се остварује преко мрежног интерфејса, који омогућава спрегу плазма агрегата у реалном времену са управљачким системом обрадног система. Овим се ствара могућност за изградњу адаптивног система управљања који ће обезбедити висок квалитет геометрије резаних делова. У том смислу спроведена су одговарајућа истраживања и експериментална испитивања како би се створили одговарајући услови за сопствени развој оваквог управљачког система и његову имплементацију у конкретном пројектном решењу. Конфигурација обрадног система приказана је на слици 4.3.1.

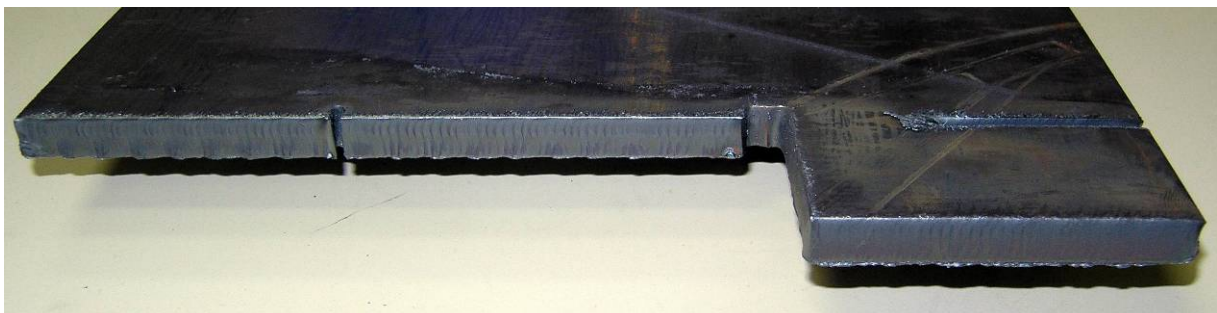
а)



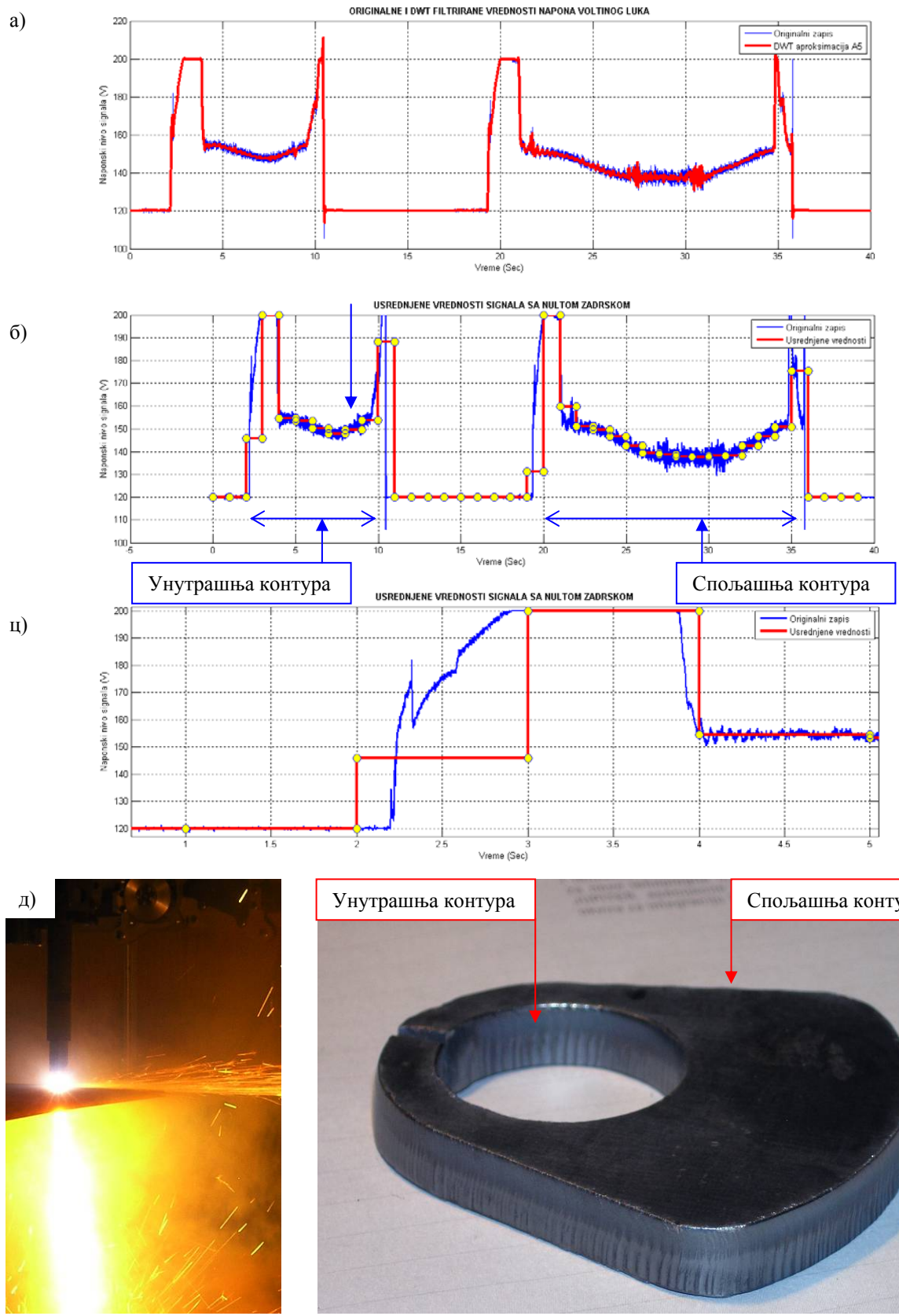
б)



ц)



Слика 4.3.2: Пример плазма резања плоче од угљеничног челика дебељине 10мм, струја резања 100А, брзина резања 2.2 m/min, номинална дистанца 3.2 mm, плазма гас – ваздух, без заштитног гаса. а) оригинални запис напона Волтиног лука, б) просторне координате, ц) фотографија узорка који је резан са два видљива жлеба који симулирају поремећај типа дисконтинуитета.

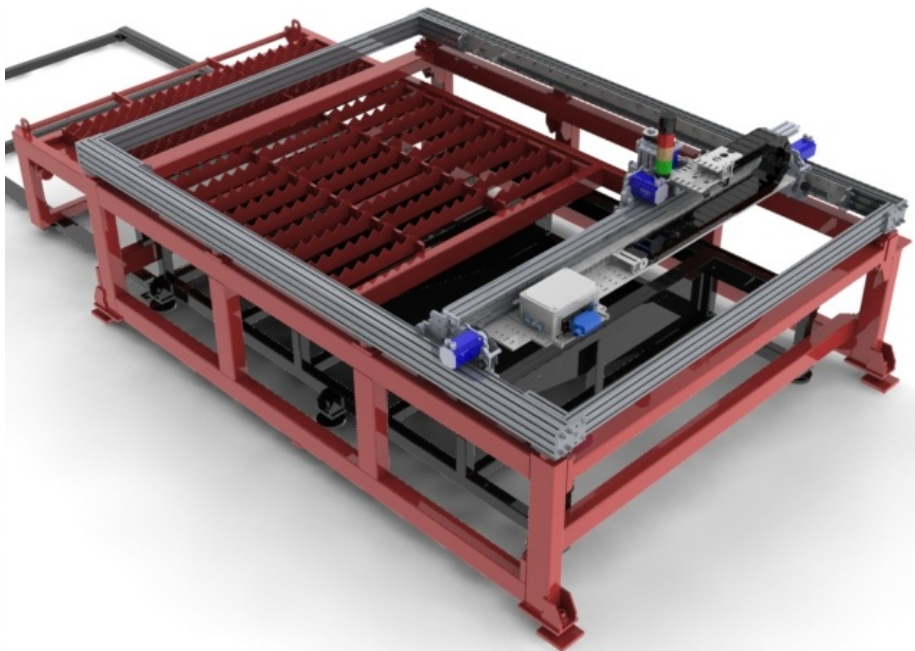


Слика 4.3.3: Један од варијантних алгоритама обраде напона Волтиног лука. а)Оригинални запис + филтрирани сигнал применом DWT; б)Обрађени сигнал задршком нултог реда; ц)Детаљ пробоја код прве контуре – секвенца у интервалу од 2.2 до 4 sec.; д)Фотографија дела са две контуре које су резане у овом експерименту и фотографија компримованог плазма гаса.

Машински факултет је у току 2012. године реализовао комплетне пројектне активности, на основу чега је даље покренут процес реализације. Икарбус је за набавку компонената у 2012. години уложио 658.500,00 динара, што износи 30% процењене вредности свих компоненти и саставних делова обрадног система. Због ограничених средстава за финансирање набавке компоненти процес реализације је успорен и рок за реализацију је померен за пола године.

У међувремену Машински факултет је примењујући принцип модуларне градње и параметризације просторног дигиталног модела механичке структуре, израдио виртуелни конструкциони модел механике комплетног обрадног система. Овим је постигнуто да се за било које промене радног простора машине може генерисати комплетна документација за само десетак секунди. Детаљ приказан на слици 4.3.4.

Кључне величине на основу којих се остварује адаптивно управљање процесом плазма резања јесу: струја Волтиног лука, напон Волтиног лука који је у директној корелацији са дистанцом млазнице од површине лима који се реже, притисак и проток плазма и заштитног гаса. Између ових физичких величина постоји велика физичка комплексност која се на задовољавајући начин може да само екстензивним експериментисањем и уградњом идентификованих зависности у управљачки систем, који ће их даље, као технолошке величине, користити у току резања. У циљу илустрације претходног става, у оквиру овог извештаја се наводи део експерименталних резултата (мерења спроведена на Машинском факултету у Београду) и управљачких алгоритама за регулацију дистанце млазнице од лима који се реже на бази мерења Волтиног лука плазма горионика. На слици 4.3.2а приказан је оригинални запис напона Волтиног лука са фреквенцијом узорковања од 1000 одмерака у секунди. На слици 4.3.2б је приказан запис са слике 4.3.2а преведен у просторни домен, при чему је дистанца врха млазнице у односу на површину лима који се реже дата на вертикалној оси. Плавом бојом је означен оригинални сигнал а црвеном бојом филтрирани сигнал применом дискретне вејвлет трансформације осмог реда. Слика 4.3.2ц приказује тест узорак лима од угљеничног челика дебљине 10 мм који је коришћен у за експериментисање. На овом узорку су присутна два попречна жлеба ширине 3 и 10 мм који имају улогу поремећаја и на основу њих се прати динамички одзив претходно наведених процесних величина. Поремећаји овог типа су врло чести у пракси, а робусност алгоритама адаптивног управљања се утврђује на основу квалитета понашања система код појаве поремећаја ове врсте. Динамички детаљи у сигналу напона Волтиног лука носе врло комплексне садржаје о процесу плазма резања и стања плазма агрегата и његове млазнице. Интерпретирање ових сигнала је суштински значајно за реализацију адаптивног система управљања.



Слика 4.3.4: Приказ виртуелног параметризованог модела обрадног система – аутоматизација процеса пројектовања са практично тренутним одзивом на захтеве корисника. Пројектовање нове машине траје неколико секунди после уноса функционалних мера које дефинише корисник. Поред уштеде у времену, појава грешке је практично немогућа. Уз радионичку документацију формира се и спецификација стандардних саставних делова.

Једно од варијантних решења система адаптивног управљања дистанцом приказано је на слици 4.3.3. Први график приказује оригинални и филтрирани сигнал напона Волтиног лука. Други дијаграм, 4.3.3б, приказује дискретне команде које генерише управљачки систем и прослеђује их серво регулатору z-осе CNC управљачког система. На слици 4.3.3ц је приказан детаљ са графика б) на којем се може уочити динамика Волтиног лука у секвенци пробоја лима код израде прве, унутрашње контуре. На слици је приказана фотографија плазминог лука у овом експерименту и део који је израђен а који садржи једну унутрашњу и једну спољашњу контуру. Квалитет геометрије реза је сасвим задовољавајући и не захтева било какве додатне интервенције пре даље примене дела, односно његове уградње у заварени склоп.

Резултати:

Планирано:	M82	Број резултата:	1
Остварено:	M21	Број резултата:	1
	M23	Број резултата:	4
	M31	Број резултата:	1
	M33	Број резултата:	1
	M63	Број резултата:	1

Фаза реализације 5: Изградња и одржавање WEB портала пројекта TP35007
Активност 1: Доградња WEB портала пројекта TP35007;
Временски оквир: 01/01/2012 - 31/12/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-РП_5 - Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера.

У оквиру прве истраживачке године израђен је WEB портал пројекта за функцију комуникације истраживачких тимова, дисеминације резултата и едукације. Адреса WEB портала пројекта:

<http://cmsyslab.mas.bg.ac.rs>

Резултати:

Планирано:	M85	Број резултата:	1
Остварено:	M86	Број резултата:	1

Фаза реализације 5: Изградња и одржавање WEB портала пројекта TP35007
Активност 2: Интеракција и дисеминација резултата у оквиру Програма Националних технолошких платформи Републике Србије;
Временски оквир: 01/01/2012 - 31/12/2012

Ова активност припада радном пакету TP35007-РП_5 - Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера.

Као оквир за дисеминацију резултата пројекта TP35007 искоришћен је програмски оквир Националних технолошких платформи Србије, као националног еквивалента програма Европских технолошких платформи и у оквиру тога успостављање блиске сарадње са програмски комплементарним индивидуалним технолошким платформама: Future Manufacturing Technologies - ManuFUTURE, European Robotics Platform - EUROP, European Platform on Micro- and Nanomanufacturing - MINAM, Advanced Research and Technology for Embedded Intelligence and Systems - ARTEMIS, European Platform on Smart Systems Integration - EPoSS, користећи ЕУ инструменте националног и регионалног нивоа. У том контексту у току 2012. године организован је један једнодневни скуп, под називом Форум 3: НАЦИОНАЛНЕ ТЕХНОЛОШКЕ ПЛАТФОРМЕ СРБИЈЕ – Индустрија знања. На овом скупу су домаћој стручној јавности саопштене основе нових модела индустријског развоја базираних на концепту индустрије знања и кључни аспекти нових технолошких основа за нову производну парадигму масовне кастомизације. Скуп је отворио представник Министарства просвете, науке и технолошког развоја, професор Нада Драговић, у то време задужена за технолошки развој (детаљи на www.ntp.rs).



НТПС Форум 3: **НАЦИОНАЛНЕ ТЕХНОЛОШКЕ ПЛАТФОРМЕ СРБИЈЕ – Индустија знања,** једнодневни скуп одржан у Привредној комори Србије 11. јуна 2012. године. Скуп је отворио представник Министарства просвете, науке и технолошког развоја, професор Нада Драговић (деталји на www.ntp.rs).

Други скуп који је релевантан за активности дисеминације резултата пројекта TR35007 је Менаџмент форум Југоисточне европе - SEE Management Forum 2012, који је као међународни скуп регионалног карактера одржан у Привредној комори Србије од 19. до 20. септембра 2012. године уз велику пажњу домаће стручне јавности, уз учешће Председника Владе Републике Србије и министара релевантних министарстава Србије и земаља региона, са учешћем водећих светских економиста (Indermit Gil, главни економиста Светске банке за Европу и Централну Азију, Lu Vrefor, шеф Канцеларије Светске банке у Србији, и други), са одличном медијском покривеношћу.

Организатор скупа је био Савез економиста Србије који је посебну пленарну сесију посветио тематици технологије као кључне компоненте за економски развој и јачање конкурентности – Пленарна сесија 4: Употреба транслационе науке и технолошких платформи. Ову сесију модерирао и одржао уводно предавање на тему Програма Националних технолошких платформи Србије и нових технологија за нову производну парадигму масовне кастомизације професор др Петар Б. Петровић, руководилац пројекта TR35007 (деталји на www.ntp.rs).



SEE Management Forum 2012: Међународни скуп регионалног карактера, одржан у привредној комори Србије од 19. до 20. септембра 2012. године на којем је једна од пленарних сесија била посвећена технолошким платформама.

Резултати:

Планирано: M51 Број резултата: 1
 Остварено: M23 Број резултата: 1
 M61 Број резултата: 1

2. Преглед резултата који нису реализовани са образложењем и прогнозом рока њихове реализације.

Све планиране истраживачко-развојне активности су реализоване у целости и сви планирани резултати су остварени по садржини и обиму (обим публикованих радова је већи од планираног!).

Изузетак је само активност везана за реализацију CNC обрадног система за плазма резање за потребе корисника истраживања, компанија Икарбус а.д., која је физички делимично реализована због финансијских проблема компаније Икарбус и са тим у вези застоја у набавци стандардних компоненти. Машински факултет је у целости извршио своје обавезе пројектовања. Реализација овог обрадног система и његово пуштање у рад планирано је да буде окончано до средине 2013. године.

3. Преглед резултата који директно омогућају наставак реализације пројекта.

Кључни резултати који директно омогућавају наставак реализације пројекта у наредној истраживачкој години се односе на:

- Група теоретских резултата који се односе на нове методе/процедуре/технике обраде сензорских сигнала као и хардверско-софтверских алата за имплементацију сензора силе и оптичких сензора у система који раде у реалном времену.

Развијени алати за генерисање виртуелних и интерактивних модела робота и његовог технолошког окружења, који стварају потребне предуслове за практичну примену роботских система у реалним условима индустријске производње, посебно роботског заваривања, што ће бити предмет истраживачко-развојних активности у другој и наредним истраживачким годинама.

- Група резултата који се односе на демонстрационе инсталације и са тим у вези окончање процеса набавке капиталне опреме за пројекат TP35007 који је у току. Највећи део капиталне опреме биће испоручен до јуна месеца 2013. године.
- Практична имплементација система плазма резања за унапређење технолошких основа производног система компаније Икарбус, у склопу њихових развојних активности за прелазак на производњу нископодних и еколошки компатибилних аутобуса за градски превоз.
- Интеракције Универзитет – Индустрија кроз развијен модел дисеминације знања у оквиру билатералних пројеката и кроз програм Националних технолошких платформи, спрегнут са релевантним индивидуалним Европским технолошким платформама.

4. Оцена успешности реализације пројекта и утицај резултата на даље активности и завршетак целог пројекта.

Пројекат се реализује по плану, а у извесним активностима реализовани обим истраживања је већи од планираног. Оваква ситуација се очекује и у наредној истраживачкој години која је значајна са аспекта практичне имплементације постављених модела и експериментално потврђених инсталацију у пракси. Критичан услов за реализацију планираних активности у наредној години биће стање домаће привреде у условима економске рецесије, која објективно отежава њихове пословне активности и успорава процесе модернизације производних ресурса. Поред тога, критичан услов за реализацију планираних истраживачких активности јесте и набавка планиране лабораторијске опреме ван оквира ДМТ 2.

5. Оцена корисника о успешности реализације пројекта и утицај резултата на даље активности и завршетак целог пројекта. Уколико имате корисника (партиципанта) приложите уз овај извештај оцену корисника (мишљење) о успешности реализације пројекта и утицај резултата на даље активности и завршетак целог пројекта (посебан прилог на меморандуму корисника).

Истраживачке активности овог пројекта подржане су од стране једне компаније из индустрије: **Икарбус а.д. – Фабрика аутобуса и специјалних возила – у реструктурирању.** Компанија Икарбус има дугу традицију и у индустрији Србије егзистира скоро један век (основана 20.11. 1923. године као прва фабрика аеро и хидроплана на Балкану). Процес својинске трансформације се врло лоше одразио на пословне активности компаније. Компанија је 08.2008. године продата компанији Автодетал-Сервис из Руске федерације за 7.2 милиона ЕУР. Због неиспуњавања низа уговорних обавеза, а посебно због одсуства инвестиција, неисплаћивања зарада радницима и располагања имовином противно уговору,

Агенција за приватизацију је после другог додатног рока, раскинула приватизациони уговор 04.2009. године. Производња је у потпуности заустављена, дошло је до штрајкова и других облика социјалних тензија, па су на крају сви радници послати на колективни одмор, а скоро 400 радника је до краја 2009. године трајно напустило Икарбус уз отпремнину.

Фабрика је децембра 2009. године ушла у поступак реструктурирања, а ново руководство компаније је активностима које су уследиле постепено успоставило производну функцију. Паралелно, Агенција за приватизацију је покренула нови приватизациони циклус. Као стратешки партнер појавила се холандска компанија ВДЛ, водећи произвођач аутобуса у Европи. После готово једногодишњих преговора и низа варијантних сценарија, октобра месеца 2011. године овај процес је окончан неуспешно, повлачењем ВДЛ-а. Тиме је окончан и успорени период производних активности (ови процеси по правилу имају такав ефекат на предузећа која су у стању промене својинског статуса), а ново руководство је покренуло амбициозне пословне активности и то у два смера: иновирање производног програма преласком на нископодне аутобусе и јачање производних потенцијала компаније кроз увођење нових технологија.

Пројекат TP35007 је препознат као значајан оквир за технолошки развој и у том контексту су дефинисана три основна развојна садржаја: 1)роботизација процеса заваривања, 2)увођење технологије плазма резања за израду делова из челичних плочастих материјала и 3)увођење иновативне технологије ласерског резања кутијастих и кружних профила, као основног градивног елемента за носеће структуре нископодних аутобуса.

Пословна 2011. година је после дугог низа година завршена позитивно у финансијском смислу. Почетком 2012. године испоручена су 25 аутобуса ГСП Београд, а јуна месеца 2012. године склопљен је уговор, такође са ГСП, за још 32 аутобуса. Због потпуног изостанка реализације финансијских обавеза од стране ГСП-а и одсуства подршке града у делу кредитирања производње, реализација овог пројекта је прво успорена, а затим и потпуно заустављена, што је Икарбус довело у врло неповољну финансијску ситуацију, јер је сва расположива средства из сопствене акумулације уложио у производне активности по овом уговору (вредност посла 6.3 Mio EUR). Паралелно град Београд је расписао тендер за набавку нових 400 градских аутобуса у кредитном аранжману са European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). Услови које је EBRD дефинисао за расписивање тендера су административним ограничењима онемогућиле Икарбус да конкурише чак и у својству добављача, што је додатно угрозило његово пословање, јер је у пословном смислу Икарбус традиционално везан за снабдевање ГСП аутобусима.

У делу јачања технолошких основа, Икарбус је препознајући технологију израде делова из челичних плочастих материјала као лимитирајући фактор за остваривање потребних производних капацитета, крајем 2011. године иницирао развој CNC система за плазма резање по пројектном решењу Машинског факултета и у складу са специфичним потребама компаније Икарбус. Поред техничке вредности, ово пројектно решење је значајно и због великих финансијских уштеда и трансфера специфичних технолошких знања кроз механизам рада заједничких пројектних тимова Машинског факултета и компаније Икарбус. У току 2012. године настављене су активности на реализацији CNC система за плазма резање али је после почетног замаха, због претходно наведених разлога, Икарбус био спречен да настави инвестирање у набавку компонената и реализација пројектног решења Машинског факултета је померена за почетак 2013. године, када Икарбус очекује прилив нових финансијских средстава.

Комплетна ситуација је врло индикативна и показује на конкретан начин са којим се ограничењима суочавају пројекти технолошког развоја када у свом конзорцијуму имају кориснике из индустрије. Просто, и поред потпуне спремности обе стране и чињенице да је Машински факултет у потпуности завршио своје обавезе у делу пројектовања, а те обавезе су биле врло комплексне јер су обухватиле комплетан обрадни систем – механику са конструкционом документацијом, управљачки и актуациони хардвер са конструкционом документацијом и управљачки софтвер, коначан резултат је изостао због споља наметнутих ограничења.

У претходном контексту, афирмативно мишљење корисника истраживања је прибављено у писаној форми (како је захтевано од стране Министарства) и приложено у папирној верзији извештаја. Без обзира на финансијске тешкоће, Икарбус је финансијски подржао пројекат TP35007 у обиму планираном за прву и другу истраживачку годину, односно 560.000 динара годишње, а за набавку компонената инвестирао је у 2012. години 658.500,00 динара. **Укупни обим финансијске подршке Икарбуса у 2012. години за развојне активности на пројекту TP35007 износи 1.208.500,00 динара.** Икарбус показује спремност за значајна финансијска улагања у набавку компонената и материјала за израду индустријског прототипа аутоматског система за плазма резање, све у склопу активности јачања својих технолошких основа и подизања конкурентности на домаћем и страном тржишту кроз модернизацију својих технолошких ресурса.

Проблеми реализације пројекта

1. Навести проблеме које су постојали при реализацији пројекта

Проблеми који су били присутни током прве истраживачке године могу се сврстати у 3 групе:

1. **Проблем кашњења набавке опреме:** Кашњење у набавци планиране опреме има успоравајући ефекат на реализацију планираних истраживачких активности. У овом смислу посебно је критична друга година, када је планирана израда две експерименталне платформе са индустријским роботима за монтажу и заваривање. У првој, а посебно у другој истраживачкој години, овај проблем је превазиђен самоградњом и позајмицама опреме.
2. **Проблем својинске трансформације:** Компанија Икарбус а.д. је партиципант на пројекту и корисник резултата истраживања. Приватизациони процеси и процеси реструктурирања, који се паралелно обављају у овој компанији имају реметилачки утицај на планирану сарадњу пре свега у способности компаније Икарбус за инвестирање у реализацију пројектованих демонстрационих система.
3. **Проблем глобалне економске кризе и опште стање индустрије Србије:** Економска криза која је захватила домаћу привреду и изборни процес, значајно су пореметили укупан пословни амбијент, посебно у делу производног сектора, где је током 2012. године уочљив даљи пад индустријске производње и последично, пад спремности компанија да инвестирају у модернизацију технологије. Оваква ситуација представља објективан ризик за апликативне аспекте пројекта ТР 35007. Опште стање индустрије Србије је такво да су домаће компаније доминантно фокусиране на егзистенцијална питања, а врло мало заинтересоване за увођење нових технологија, и посебно у том контексту за сарадњу са домаћим истраживачко-развојним институцијама.

2. Навести потребне активности неопходне за успешну реализацију пројекта.

Набавка опреме у складу са спецификацијом датом у фази конкурисања за финансирање пројекта је кључна за спровођење планираних истраживачких и развојних активности. Охрабрујућа је чињеница да је у четвртом кварталу 2012. године овај процес започет, тако да се очекује да планирана капитална опрема буде испоручена на Машински факултет до краја прве половине 2013. године (процедуре су врло споре, а рокови испоруке због специфичности захтева дуги и износе преко 5 месеци).