

ГОДИШЊИ ИЗВЕШТАЈ О РЕАЛИЗАЦИЈИ ПРОЈЕКТА
за период: 01.01.2011. до 31.12.2011.
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

Обавезе дефинисане Уговором о реализацији пројекта за 2011. годину

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 могућности њихове примене у домаћу индустрију.

Кључно својство концепта 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, практично применљивих у индустријским условима, није реална у скорој будућности.

У оквиру овог пројекта истражује се једно прелазно решење - **хибридни систем**, остварен кроз симбиотску интеракцију човека са машинским системом. Унутар овог система робот или друга аутоматска опрема, извршава репетитивне рутинске задатке, а човек, користећи своја изузетна сензорска својства и супериорну интелигенцију, обезбеђује аутономну функцију система у реалном времену. Овај концепт се детаљно студира у оквирима роботске монтаже и роботског заваривања, при чему се задатак симбиотске интеракције робота и човека остварује кроз турску функцију човека и нове механизме преноса знања и вештина са робота на човека. Дакле, у оквиру хибридног производног система, роботи имају способност да уче.

Планирана истраживања су ограничена на домен технологије монтаже и заваривања, где се као основни технолошки ентитет појављује манипулациони робот, опремљен екстензивним сензорским системом, интелигентним управљачким системом, и окружен одговарајућом производном опремом.

Пројекат је структуриран и састоји се из пет радних пакета: РП_1 - Менаџмент пројекта, РП_2 - Интерфејс за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем, РП_3 - Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка, РП_4 - Практична верификација и изградња демонстрационих инсталација, РП_5 - Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера. Наведени радни пакети обухватају следеће истраживачке садржаје:

РП_2 - Интерфејс за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем

- a. концептуалне основе и разрада модела двосмерне комуникације човека и машине и трансфер знања и вештина са човека на машину;
- b. концептуалне основе и разрада модела систематске аквизиције човековог понашања у разрешавању комплексних ситуација током извршавања постављеног задатка;
- c. Сензорски систем - сила, вештачко гледање;
- d. Систем за обраду, фузију и препознавање сензорских сигнала, посебно систем за оптичку триангулацију структуриране светлости;
- e. Концептуалне основе и разрада модела семантичке интерпретације обрађених сензорских сигнала - свест робота о стању окружења у коме делује;
- f. Експериментална верификација на лабораторијским инсталацијама за домен технологије монтаже:
 - Инсталација 1: монтирање заварених склопова, роботско заваривање, роботско сечење (операције дораде завареног склопа), дигитализација геометрије завареног склопа и димензиона метрологија ласерском триангулацијом и триангулацијом структуриране светлости;
 - Инсталација 2: монтажа малих механичких склопова, операције роботизованог спајања делова с укљученом функцијом адаптивног понашања аквизицијом генерализованог вектора силе спајања, увођење делова у процес применом високорезолутних оптичких система на бази триангулације структуриране светлости, димензиона метрологија и контрола квалитета (међуфазна и завршна), интерфејс за симбиотску спрегу колоније кооперативних робота са човеком;

- g. Изградња концептуалних основа за изградњу специјалног хаптичког интерфејса који омогућава физичку спрегу манипулационог робота и човека, при чему човек има надређени статус татора и може да саопштава кретања роботу по телеоператорском концепту.

РП_3 - Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка

- a. Доградња функције роботског симулатора у развојно окружење у изабрани комерцијално расположиви CAD пакет за просторно геометријско моделирање;
- b. Доградња функције аквизиције геометријских информација из реалног окружења у изабрани комерцијално расположиви CAD пакет за просторно геометријско моделирање;
- c. Изградња интерактивног интерфејса за визуелизацију одступања номиналног од стварног стања окружења и генератора/симулатора измењеног плана извршења технолошког задатка;
- d. Изградња хардверског интерфејса за визуелизацију роботског система у реалном времену и турску интеракцију човек-робот у извршењу задатка.

РП_4 - Практична верификација и изградња демонстрационих инсталација

- a. Изградња регионалног Competence Center на Машинском факултету у Београду за домен интелигентних роботских система за технологију монтаже и заваривање / плазма резање.
- b. Демонстрациона инсталација 1 - IKARBUS 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.
- c. Демонстрациона инсталација 2 - Хибридни систем за роботску монтажу модула склопа изабраног електромеханичког производа - изградња модларне технолошке линије или ћелије која ће у завршној фази пројекта TP35007 бити доведена у потпуно функционално стање и даље, као референтна инсталација, репликована за потребе компанија домаће индустрије.

РП_5 - Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера

- a. Осавремењавање курсева за образовање младих инжењера на Машинском факултету у Београду и Факултету техничких наука у Новом Саду, посебно курса за Мехатронске системе и сродних мултидисциплинарних курсева;
- b. Увођење нових садржаја и тематских оквира за израду докторских дисертација на докторским студијама Машинског факултета у Београду и Факултета техничких наука у Новом Саду;
- c. Специјални Workshop на тему интелигентних роботских система;
- d. Трансфер технологије и организационих/функционалних модела кроз успостављање блиске сарадње на простору Европске уније у оквиру програма Европских технолошких платформи.

Као основни истраживачки циљ поставља се задатак изградње научно заснованих теоретских основа 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.

Други циљ је да се у домаћу индустрију, која је после екстензивних разарања економије Србије доведена на врло низак технолошки ниво и своју конкурентност на светском тржишту базира пре свега на јефтином раду и примарној преради сировина, уведу нови, високотехнолошки и иновативни садржаји кроз примере позитивне индустријске праксе. Позитивна индустријска пракса подразумева трансформацију индустрије у смеру индустрије знања, која је основа економије базираних на знању. У том контексту ће бити изграђене демонстрационе инсталације на Машинском факултету и у производним

погонима компанија чланица конзорцијума, чији ће основни садржај бити хибридни роботски систем, симбиотски спрегнут са човеком 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 садржајније/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 генеричке мултидисциплинарне технологије за градњу оваквих система, дисеминира у едукативни систем за образовање инжењера и привреду, кроз успостављање нових курсева, лабораторијских вежбања, семинара и других облика иновације знања за компаније чланице конзорцијума и пословно заинтересоване компаније ван конзорцијума пројекта. Такође, у оквиру ове групе активности биће систематски развијана иницијатива шире мобилизације индустрије, носиоца инвестиционог капитала и истраживачко-развојних институција на успостављању нових технолошких основа индустрије Србије, компатибилних са европским моделима, првенствено смештених у концепт Европских технолошких платформи (ETP-European Technology Platforms).

Истраживачки резултати и хипотезе се верификују експерименталним путем кроз изградњу демонстрационе инсталације на Машинском факултету и у производним погонима компанија чланица конзорцијума, чији ће основни садржај бити хибридни роботски систем, симбиотски спрегнут са човеком у извршавању постављеног задатка. Планирани резултати пројекта се групишу у две групе:

Научни резултати и радикалне 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.

Технички резултати: а) Изградња регионалног Competence Center на Машинском факултету у Београду за домен интелигентних роботских система за технологију монтаже и заваривање/плазма сечење (постојећа опрема, опрема коју донира компанија MILLER USA, опрема ФТН доступна за коришћење кроз пројекат TP35007, додатна опрема коју финансира МНТР, адаптација постојећег простора коју финансирају компаније чланице конзорцијума); б) Демонстрациона инсталација 1 - ИКАРБУС хибридни систем за роботско заваривање модула нове генерације носеће структуре нископодних аутобуса - изградња технолошке хелије 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/хелије 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 првој години (Прилог.1 Уговора)

У првој години истраживачки напори су били фокусирани на: 1) формулацију, идентификацију стања ствари и предикцију будућег развоја у оквирима нове парадигме екстремно диверзификоване производње, укључујући и препознавање основних истраживачких праваца у ономе што је у европском индустријском простору дефинисано као програм Фабрике будућности (*Factories of Future*), и 2) поставку, систем анализу и изградњу теоретских модела за симбиотску спрегу човек-машина и

трансфер знања/вештина на машински систем, односно, аквизиције човековог понашања у разрешавању комплексних ситуација у оквиру недовољно структурираног радног окружења.

У циљу практичне верификације и провере критичних теоретских модела, концепата или хипотеза, у оквиру прве истраживачке године напори су били фокусирани на конципирање и почетак изградње лабораторијских инсталација у оквиру Лабораторије за кибернетику и мехатронске системе CMSysLab, Центра за нове технологије, Машинског факултета Универзитета у Београду. Редуковање цене коштања остварено је кроз приступ самоградње, односно примену постојеће опреме, пројектовање и израду недостајућих специјализованих компоненти и подсистема и набавке готових компоненти и подсистема. Сопственим знањем којим је располагао пројектни тим, извршена је систем интеграција и довођење појединих подсистема у функцију. Приступ самоградње омогућава инхерентну флексибилност експерименталне опреме, која пре свега подразумева могућност система да се прилагоди широком спектру захтева, укључујући и оне који нису раније препознати у фази иницијалних активности конципирања и пројектовања. Полазећи од претходно наведеног приступа, у првој истраживачкој години започета је реализација две лабораторијске инсталације: 1)Лабораторијска инсталација за роботско гледање базирано на ласерској тачкастој и линијској триангулацији и супербрзој аквизицији геометријског простора базираној на оптичкој триангулацији структуриране (кодиране) светлости, и 2)Хаптички интерфејс базиран на шестокомпонентном сензору силе за идентификацију интеракције са окружењем и трансфер вештина на манипулациони робот антропоморфне конфигурације. Све наведено поседује поред хардверске структуре и одговарајућу софтверску структуру специјализоване намене, прилагођене специфичностима употребљеног хардвера и постављеним истраживачким задацима.

У истраживачком смислу, претходно наведени садржаји теоретске и експерименталне природе стварају основу за формирање тематских оквира докторских дисертација најмлађих чланова пројектног тима.

Посебан циљ истраживања у првој години, који ће бити разрађиван и прошириван у наредним истраживачким годинама, јесте дисеминација резултата истраживања, пре свега у домен индустрије Србије. Нова парадигма производних технологија је реалност која више од једне деценије егзистира у истраживачком и индустријском простору Европе. Овакви садржаји морају да се пренесу у домаће оквире, између осталог и у контексту европских интеграционих процеса Србије. У том смислу, током прве истраживачке године учињени су велики напори 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 два једнодневна скупа организована у облику Форума. Председник организационог одбора оба НТПС Форума био је проф. Петар Б. Петровић, руководилац пројекта TP35007. Део ових активности саопштен је и међународној јавности на скупу ManuFUTURE 2011 – Future European Manufacturing Technologies, који је одржан октобра 2011. године у Вроцлаву, Пољска.

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

Фаза реализације 1:	Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем	
Активност 1:	Екстремно диверзификована производња - стање ствари и предикција будућег развоја	
Временски оквир:	01/01/2011	31/03/2011
Резултат:	М63	Број резултата: 1
Фаза реализације 1:	Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем	
Активност 2:	Концептуалне основе и разрада модела двосмерне комуникације човека и машине и трансфер знања и вештина са човека на машину;	
Временски оквир:	01/04/2011	31/10/2011
Резултат:	М63	Број резултата: 1
Фаза реализације 1:	Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем	
Активност 3:	Концептуалне основе и разрада модела систематске аквизиције човековог понашања у разрешавању комплексних ситуација / део 1;	
Временски оквир:	01/09/2011	31/12/2011

- Резултат: M51 Број резултата: 1
- Фаза реализације 1:** Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
- Активност 4: Сензорски систем - интеракција са окружењем преко генерализованог вектора силе
- Временски оквир: 01/09/2011 31/12/2011
- Резултат: M85 Број резултата: 2
- Фаза реализације 1:** Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем
- Активност 5: Сензорски систем - оптичка триангулација структуриране светлости за екстремно брзу аквизицију просторне геометрије окружења / део 1
- Временски оквир: 01/10/2011 31/12/2011
- Резултат: M83 Број резултата: 1
- Фаза реализације 3:** Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка
- Активност 1: Доградња функције роботског симулатора у развојно окружење у изабрани комерцијално расположиви CAD пакет за просторно геометријско моделирање;
- Временски оквир: 01/04/2011 30/09/2011
- Резултат: M63 Број резултата: 1
- Фаза реализације 5:** Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера
- Активност 1: Изградња и одржавање WEB портла пројекта TP35007
- Временски оквир: 01/01/2011 31/12/2011
- Резултат: M86 Број резултата: 1
- Фаза реализације 5:** Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера
- Активност 2: Специјална сесија на међународној конференцији на тему хибридних система за екстремно диверзификовну производњу
- Временски оквир: 01/01/2011 31/09/2011
- Резултат: M31 Број резултата: 1

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 1 / Активност 1: Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем - Екстремно диверзификована производња - стање ствари и предикција будућег развоја

Савремени трендови у развоју производних технологија настали под утицајем тржишта и интензивног раста у домену информационих технологија, доводе до њихове трансформације из концепта масовне производње у нови концепт производње по захтеву, односно масовне персонализације производа. Овим се структура модела масовне производње: пројектовање – производња – продаја, драстично трансформише у нову структуру: продаја – пројектовање – производња. У фокус пословних активности се поставља купац, односно тржиште, а производни систем мора да поседује такве перформансе да задовољи специфичне потреба купца кроз **екстремну диверзификацију** производа. Реакција на захтеве тржишта мора да буде брза, при чему производни процес треба да поседује све атрибуте технологије масовне производње, укључујући и технокономске аспекте, уз истовремено уважавање комплекса захтева/ограничења одрживог развоја.

Промене ове врсте из основа мењају производне технологије, постављајући пред истраживаче и индустрију нове изазове развоја технологије способне да рационално продукује производе високог квалитета у серијама врло малог обима, укључујући појединачну и уникатну производњу. Овакав производни систем по својим својствима флексибилности, односно, способности прилагођавања променама (планираним и непланираним), мора да се приближи и изједначи са својствима мануелних система, што обухвата: 1) способност да се брзо прилагоди наглим променама производних задатака (екстремна диверзификација истовремено води ка екстремно малим серијама, које се спуштају ка појединачној и уникатној производњи), укључујући и реаговање у реалном времену на широк спектар поремећаја; 2) способност реконфигурације на свим нивоима, 3) својство комплексне информационе интеграције функционалних подструктура, и 4) способност екстензивне интерактивности са окружењем и висока аутономност која обухвата и способност фузије сензорских информација, учења кроз генерализацију понашања са инхерентним механизмом за пренос знања и вештина са човека на машину. Производни систем ове врсте као своје основно обележје има интелигенцију, и зато је концепт екстремно диверзификоване производње у суштини концепт интелигентних производних система, а његова практична реализација је у највећој мери условљена мером којом су својства интелигентног понашања уграђена у производни систем у целини и/или његове компоненте.

Кључно својство концепта екстремно диверзификоване производње јесте екстремна флексибилност, 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 роботских система који би били практично применљиви у индустријским условима није реална у скоријој будућности. Зато се решење мора да потражи кроз изградњу хибридних система, односно система који ће садржати радикално нове облике интеракције човека са роботом и његовим окружењем, обезбеђујући критичне садржаје као што су: способност комплексне двосмерне интеракције са непознатим окружењем, доношење одлука и синтеза решења у реалном времену, и способност учења без и са надзором кроз различите технике препознавања облика и механизме генерализације. Поред наведеног, овакав хибридни систем мора да има својство трансфера знања и вештина са човека на машину, што подразумева да је машина комуникативна и способна да се усавршава, а да човек, са функцијом татора и асистента у једном оваквом контексту, поседује механизме за пренос знања и вештина, коришћењем одговарајућег интерфејса. Овакав сценарио развоја нових технолошких основа као одговора на захтеве које намеће практична имплементација концепта екстремно диверзификоване/персонализоване производње је по својој својој природи еволутивног карактера и зато реалистичан. Он је у основи прихватљив за индустрију, јер не захтева радикалне промене у постојећој индустријској пракси и садржи инхерентне механизме за управљање ризиком.

Производна парадигма екстремно диверзификоване, односно кастомизоване производње у скоријој будућности еволуираће у нову парадигму, парадигму одрживе производње. Притисак глобалних

климатских промена и интеракције индустрије и животног окружења постаје све израженији и са дим у вези постоје предвиђања да ће у првој половини двадесетпрвог века (највероватније већ током тридесетих година, а чак можда и једну деценију раније), бити замењена производном парадигмом одрживе производње, у којој ће интеракција производних процеса и окружења постати доминантна, односно опредељујућа у односу на интеракцију производних процеса и тржишта која је сада актуелна. Конкретан наговештај оваквог развоја ствари је већ сада присутна фраза, која се провлачи кроз велики број политичких докумената у делу стратегије индустријског развоја: *'As much as possible Clean, Lean and Green manufacturing'*.

За нове технолошке основе производних систем посматрано у европским и глобалним оквирима, значајне су такозване кључне генеричке технологије (*Key Enabling Technologies - KETs*) и нове производне технологије (*Advanced Manufacturing Technologies - AMS*).

Кључне генеричке технологије су оне технологије генеричке природе које поседују велики потенцијал за радикалне промене у животном контексту. То су технолошки дисконтинуитети, који доводе до скоковитог техничког напретка са великим утицајем на индустријски и економски систем у целини (на пример проназак технологије парне машине или полупроводника). У савременом контексту, дефинисано је пет кључних генеричких технологија од стратешког значаја за домен производних технологија: нанотехнологија, индустријска биотехнологија, нови материјали, микро и наноелектроника (укључујући полупроводнике) и фотоника. У најновијим документима ЕУ, као кључна генеричка технологија појављују се и производне технологије (*manufacturing technologies*). У овом контексту посебно је значајан програм Фабрике будућности (*Factories of Future – FoF*) који је иницирала Европска технолошка платформа *ManuFuture – Future Manufacturing technologies of Europe*, као одзив на економску кризу 2008. године и са тим у вези реакције Европске комисије у делу иницирања и подстицаја широког корпуса активности приватног и јавног партнерства, у чију реализацију је укључена индустрија и научно-истраживачка заједница. За операционализацију програма FoF формирана је специјална асоцијација *EFFRA - European Factories of the Future Research Association*, лоцирана у Бриселу, која оперативно спроводи FoF програм и у том контексту генерише документе, релевантне за развој европског индустријског, истраживачког и образовног простора. У концептуалном смислу, FoF програм није новост за Србију. Сличан програм је развијан у Србији осамдесетих година прошлог века. Овај програм треба оновити и поставити га у нови контекст.

Поред претходно наведених кључних генеричких технологија - *KETs* на развој производног система кључни утицај имају и производне информационе технологије. Основи изазови са којима се суочавају индустријске компаније односе се на убрзани раст комплексности њихових производних процеса и ланца снабдевања, ценовних притисака, раста очекивања купаца за квалитетом и екстремном варијантношћу производа, и одрживости производног система у односу на нове захтеве тржишта. У оквиру FoF програма и ФП7 оквирног програма, у делу који се односи на информационе и комуникационе технологије, дефинишу се три основна стратешка програма који се директно односе на производне технологије и развој индустријског система:

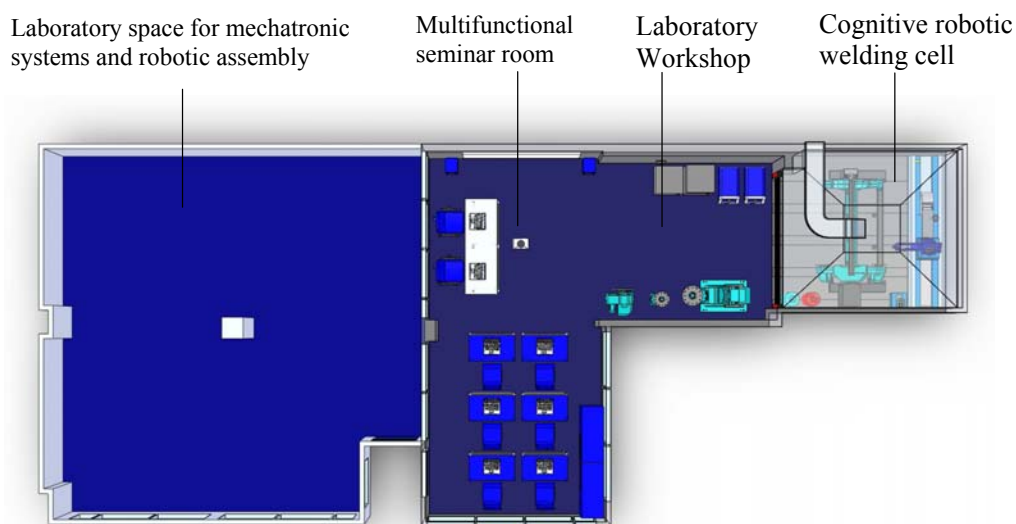
- Програм ПАМЕТНЕ ФАБРИКЕ (*Smart Factories*) – агилна производња и персонализација, укључујући: аутоматско управљање производним процесима, планирање, симулацију и оптимизацију, роботика, и алати за одрживи развој;
- Програм ВИРТУЕЛНЕ ФАБРИКЕ (*Virtual Factories*) – стварање нове вредности у оквирима глобално умреженог пословања, укључујући: менаџмент производ-услуга, и интеракције и менаџмент дистрибуираних производних ресурса и производних целина;
- Програм ДИГИТАЛНЕ ФАБРИКЕ (*Digital Factories*) – боље разумевање и пројектовање производних процеса и производних система за ефективније управљање животним циклусом производа, укључујући: симулацију, моделирање, и друге ICT базиране технике, које захватају комплетан животни циклус производа, од концепта, производње па до одржавања и демонтаже/рециклирања.

За развој производних технологија, поред ICT, као посебно значајне издвајају се: индустријска аутоматизација, роботика, мехатронске технологије и когнитивни системи. Само за област истраживања која се односи на когнитивну роботiku Европска комисија је определила 536 милиона ЕУР за петогодишњи период 2007. – 2012. године, као кључни садржај за развој нове производне парадигме.

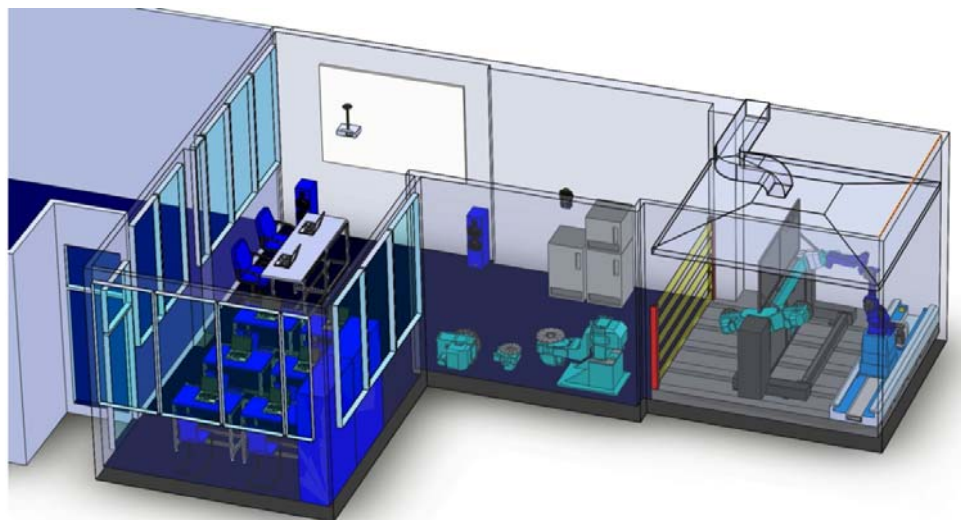
Следећи постављене истраживачке оквире пројекта TR35007 и следећи оквире НТПС Програма, приступило се припремним радњама на изградњи регионалног Competence Center на Машинском факултету у Београду за домен интелигентних роботских система за технологију монтаже и заваривање/плазма и ласерско сечење. У том смислу формиран је конзорцијум домаћих компанија који

чине: Икарбус а.д. (Земун), Колубара Метал (Вреоци), Гоша а.д. (Симићево), Милан Благојевић (Смедерево), ЦИНИ (Чачак), Микроелектроника (Београд), као и иностране компаније: MILLER USA (технологија зваривања), Yaskawa (Јапан), Phoenix Contact (Немачка), Henkel LOCTITE (Немачка). Предвиђено је да се искористи постојећа опрема на Машинском факултету, опрема која ће бити обезбеђена на пројекту TR35007, опрема коју донарају иностране компаније чланице конзорцијума, односно пословно интересне групе пројекта TR35007, и предвиђено је да се изврши адаптација постојећег простора на Машинском факултету). На сликама 1 и 2 приказан је будући изглед овог простора.

Smart Robotic Systems for Customized Manufacturing Regional Competence Center



Слика 1: Основа **Regional Competence Center** који ће бити изграђен на Машинском факултету Универзитета у Београду за домен интелигентних система за технологију монтаже, зваривања, плазма и ласерског резања.



Слика 2: Просторни приказ **Regional Competence Center** са детаљима семинар сале и роботском ћелијом у пуној конфигурацији за демонстрацију концепта хибридног система базираног на колаборативном односу човек-машина.

Резултати:

Планирано:	М63	Број резултата:	1
Остварено:	М23	Број резултата:	2
	М33	Број резултата:	5
	М34	Број резултата:	2
	М63	Број резултата:	5

Фаза реализације 1 / Активност 2: Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем - Концептуалне основе и разрада модела двосмерне комуникације човека и машине и трансфер знања и вештина са човека на машину

Ова активност припада радном пакету TP35007-PP_2: Интерфејс за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем.

У оквиру ове истраживачке активности спроведена је системска идентификација варијантних концепата за двосмерну комуникацију човека и робота у циљу трансфера човекова знања на машински систем у оквиру извођења комплексних технолошких операција, као што је спајање делова у роботској монтажи или формирање шави у оквиру система за роботско електролучно заваривање. У оквиру прве истраживачке године, фокус је стављен на роботску монтажу и колаборативни рад човека и робота у оквиру једног хибридног система, који по својим перформансама може да одговори актуелним технолошким захтевима који се постављају кроз нову парадигму екстремно диверзификоване производње. У овим активностима највећа пажња посвећена је једном новом концепту роботских система који је препознат као највиши истраживачки приоритет у области роботике, а односи се на нови концепт робота специфичне конструкције, који заједнички носи назив **хуманоидни роботи**. У питању је стари термин коме се кроз ова истраживања даје ново значење, полазећи од тога да се иницијална корелација између човекове руке или руку, и геометријско-кинематске конфигурације, сада проширује на много битнији аспект, а то је корелација у динамичком, управљачком и функционалном смислу. Према новој дефиницији хуманоидног робота антропоморфног робота, то је робот који је сличан човеку пре свега у контексту понашања. Показује се да се конвенционална конструкција индустријског робота не може на адекватан начин применити за колаборативни рад човека и машине у оквиру хибридних технолошких система погодних за практичну имплементацију концепта екстремно диверзификоване производње. Индустријски робот и човек могу да раде један поред другог, али никада заједно, делећи исти радни простор и међусобно сарађујући у извршавању задатка на симбиотској основи. Индустријски роботи су исувише гломазне машине да би могле да постану инхерентно безопасне за човека. Проблем је у томе што су индустријски роботи грађени по концепту машина алатки, односно они су пројектовани да буду прецизни и брзи, што даље имплицира високу крутост механичке структуре и управљачког система, а то даље значи велику масу робота. Типичан индустријски робот има однос сопствене масе и масе којом може да манипулише 10:1 па до 100:1 (у извесним ситуацијама и више). Антропоморфни робот је онај робот код кога је овај однос близак јединичном! Овакав робот тада може да буде довољно динамична структура која ће поседовати својство пуне интерактивности са окружењем, а његово управљање ће из типичног PID линеарног концепта моћи да буде преведено у управљање на бази модела (робота и окружења) са потпуном контролом импедансе или адмитансе робота, зависно од задатка у коме се он налази. Спроведеном систем анализом идентификована су два робота оваквих перформанси који постоје само у оквиру истраживачке заједнице и који су резултат најновијих истраживачких активности. То су роботи: 1) FRIDA који је у развојном смислу настао у оквиру FP7 пројекта ROZETTA, а као индустријски прототип реализован од стране компаније ABB за потребе практичне верификације концепта, и 2) LWR робот компаније KUKA, који је настао кроз еволуцију иницијалног развоја спроведеног од стране истраживачког конзорцијума предвођеног од стране DLR - Institute of Robotics and Mechatronics, који је еволутивно развијан дуги низ година под називом DLR Light Weight Robot (LWR). На слици 3 приказани су ови роботи. Оба робота су кинематски редундантна, са специјалним интегрисаним сензорско-актуационим системима у сваком зглобу. Примена нових материјала омогућила је да роботи поседују готово јединични однос сопствене масе и носивости, а концепт попустљивог управљања на бази управљања механичком импедансом чини их идеалним за експерименталне радње у домену успостављања механизма за трансфер знања и вештина са човека на машину.

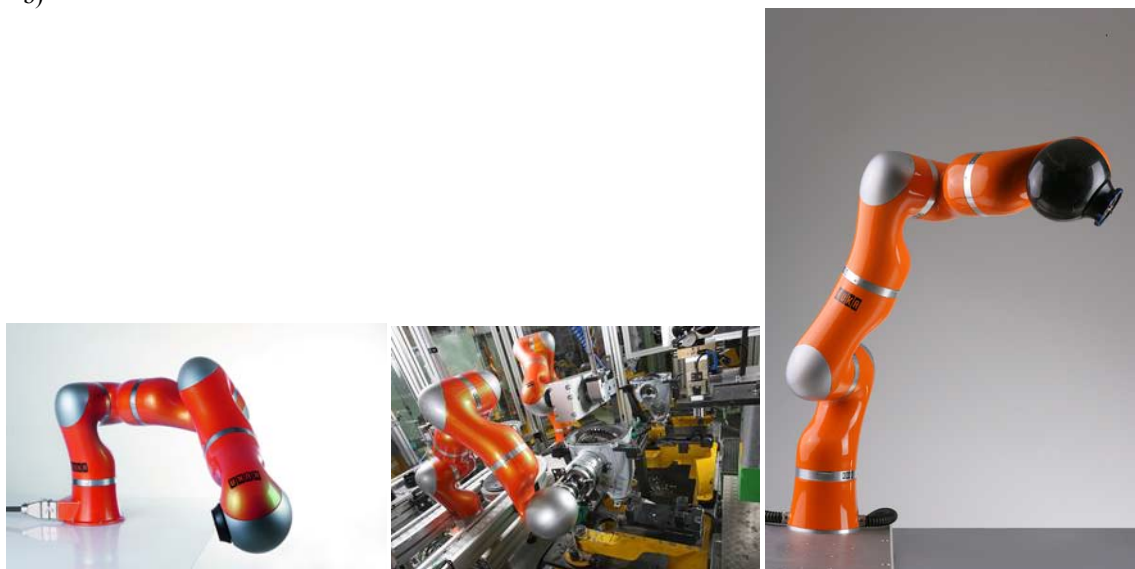
Наведени примери хуманоидних робота поседују битно другачије особине у односу на класу индустријских робота који се данас масовно примењују на производним линијама у индустрији. Ове особине чине да хуманоидни роботи коначно постају платформа на којој ће моћи да буде изграђен универзални технолошки ентитет за монтажу (аналогија са стругом који је универзални технолошки

ентитет за израду цилиндричних делова методом одвајања струготине). Ови роботи су истински интерактивни са окружењем и поседују могућност пуне контроле сопствене импедансе или адмитансе, што ствара одличну подлогу за даљу практичну имплементацију различитих стратегија интелигентног понашања у оквиру хибридног технолошког система за монтажу, и пре свега проактивног приступа у решавању суштинског проблема/феномена процеса монтаже, а то је компензација геометријске несавршености објеката који се спајају и несавршености окружења у коме се овај процес изводи. У истраживачком смислу, хуманоидни роботи ће бити у најужем фокусу пројекта TR35007, а један од младих истраживача ће тежиште у својој докторској тези имати управо на неком од аспеката пројектовања или примене хуманоидних робота у оквиру технологије роботске монтаже.

a)



b)



Слика 3: Концепт хуманоидних робота за колаборативни рад човке-машина на хибридном роботским линијама за монтажу: а)ABB FRIDA и б)KUKA LWR.

Резултати:

Планирано:	М63	Број резултата:	1
Остварено:	М21	Број резултата:	1
	М33	Број резултата:	4
	М63	Број резултата:	1

Фаза реализације 1 / Активност 3: Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем - Концептуалне основе и разрада модела систематске аквизиције човековог понашања у разрешавању комплексних ситуација / део 1

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

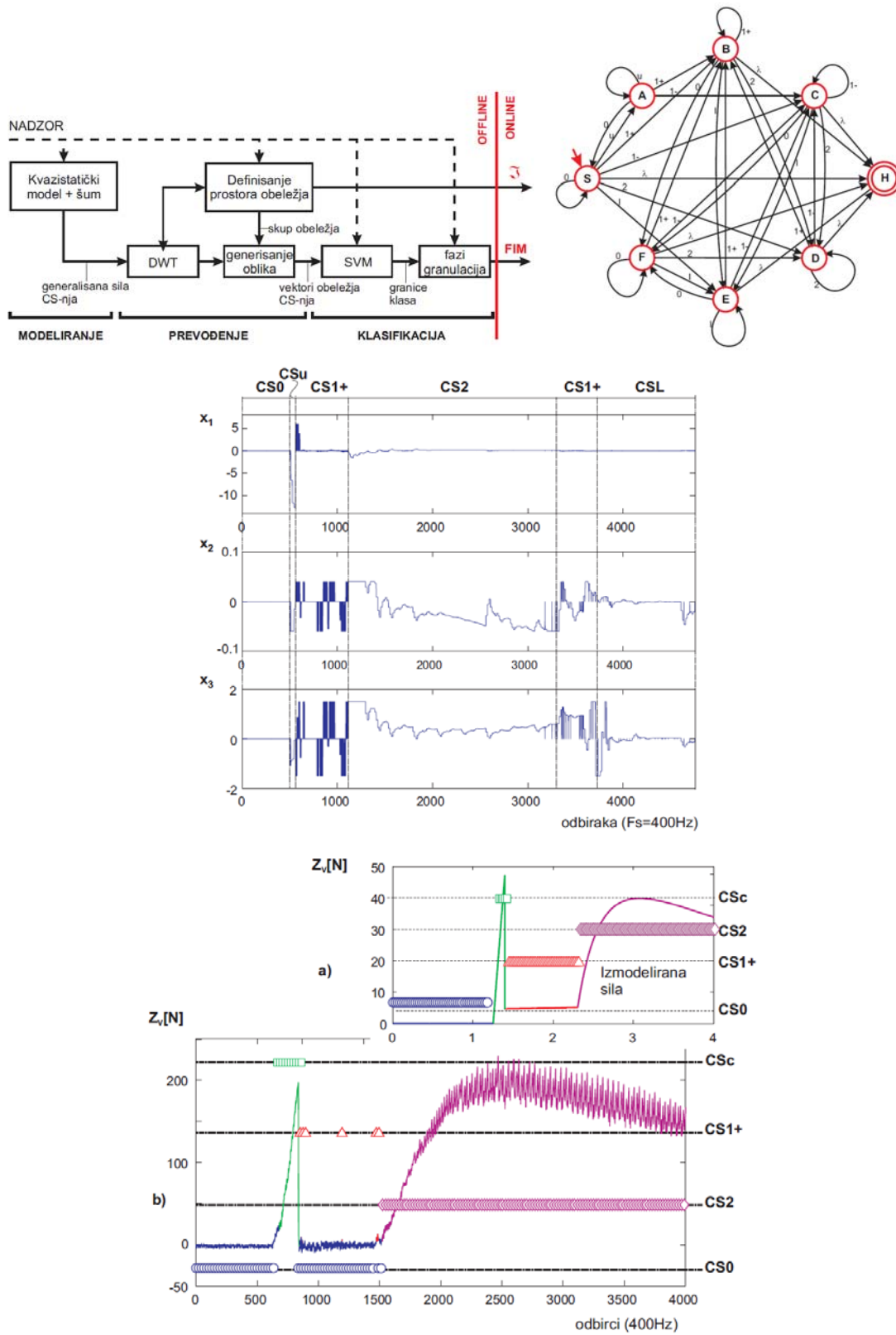
У оквиру ове истраживачке активности студирао је феномен спајања делова у технологији роботске монтаже са циљем трансфера неформализованих знања и вештина којима располаже човек на роботски систем. Кључни проблем у технологији монтаже јесте геометријска несавршеност, која настаје као последица: несавршености геометрије објеката који се спајају, несавршености позиционог система (прибор и алати којима се изводе операције монтаже), и инхерентне несавршености геометрије и управљања робота који изводи операцију монтаже. Проблем је у томе што су геометријске несавршености веће од зазора који постоји код објеката који се спајају, што даље доводи до различитих колизиионих стања, од којих је већина таква да процес спајања чини неуспешним. Тривијални приступ у решавању овог проблема повећавањем степена тачности укупног система, укључујући и сужавање толеранцијских поља објеката који се спајају, је неодржив у контексту екстремно диверзификоване производње. Реално употребљив приступ јесте онај који користи човек када изводи операције монтаже, а то је способност за активну компензацију несавршености коришћењем екстензивне сензорске информације и коришћењем својих когнитивних способности којима у реалном времену синтетичке оптималне стратегије за решавање препознатог проблема, а затим и за њихову операционализацију на нивоу детаља. Кључна способност овог система је дакле способност препознавања облика садржаних у сензорским информацијама и затим способност синтезе оптималног плана на бази одговарајућег механизма за доношење одлука.

У првој истраживачкој години, детаљно је разрађивана проблематика препознавања карактеристичних контактних стања објеката који се спајају и препознавање одговарајућих стратегија за синтезу колизионе трајекторије која ће избећи катастрофална стања, односно нерегуларности која нужно заустављају процес спајања. Као резултат ових истраживачких активности, развијена је фазидинамичка формална структура у облику фази коначног аутомата која садржи екстрахована знања изведена из апроксимативних аналитичких модела, који имитирају понашање човека у извођењу задатка спајања.

У методолошком смислу коришћена је модерна математичка апаратура за обраду временских серија на бази дискретне вејлет трансформације, теорија фази скупова и апроксимативног закључивања, формално ригорозна теорија оптималне партиције простора стања на бази носећих вектора, и класична теорија коначних аутомата (акцептори стања). На слици 4 наведен је концепт развијене инферентне машине и пример практичне верификације изведене на развијеној експерименталној инсталацији за аквизицију вектора генерализоване силе спајања.

Резултати:

Планирано:	М51	Број резултата:	1
Остварено:	М22	Број резултата:	1
	М33	Број резултата:	3
	М53	Број резултата:	1
	М63	Број резултата:	1

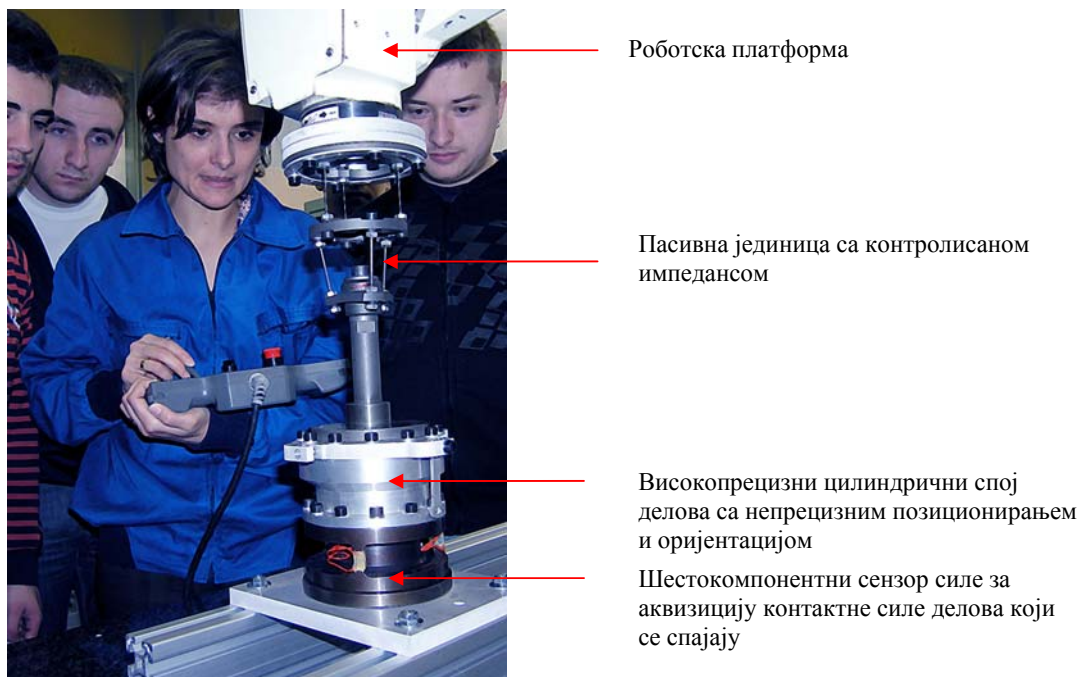


Слика 4: Концепт инферентне машине за системску аквизицију знања и вештина које човек користи у решавању комплексних технолошких ситуација у задацима роботског спајања недеформабилних геометријски комплементарних цилиндричних објеката високе крутости и прецизности споја.

Фаза реализације 1 / Активност 4: Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем - Сензорски систем - интеракција са окружењем преко генерализованог вектора силе

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

За потребе практичне провере постављених модела интеракције човека и робота у извршавању комплексних задатака предвиђена је изградња наменских експерименталних инсталација лабораторијског типа у оквиру Центра за нове технологије, Машинског факултета у Београду. За домен технологије монтаже и управљања ограниченим кретањем робота, у првој години истраживачке активности су биле фокусиране на изградњу једног система за аквизицију вектора генерализоване силе. Самоградњом, која је због ограничених средстава била базирана на постојећој опреми и њеној рекомпозицији, конфигурисана је инсталација која се састоји из индустријског робота, специјалне попустљиве јединице за пасивну контролу механичке импедансе система, и специјалног вишеканалног сензора силе, опремљеног одговарајућим аквизиционим системом. Кључне компоненте овог система су попустљива јединица и сензор силе. Обе компоненте су реализоване самоградњом. Попустљива јединица је пројектована тако да поседује специфичну импедансу која обезбеђује механичку изотропност и способност пројектовања тачке изотропности изван геометријских оквира сопствене конструкције. Сензор силе поседује могућност симултаног регистровања 6 канала, односно 3 ортогоналне компоненте силе и три ортогоналне компоненте момента. Прецизно распрезање појединих канала је врло деликатан инжењерски задатак. Овај задатак је решен применом иновативног концепта базираног на софтверском распрезању. Суштина овог приступа је у томе да се уместо механичког и/или електричног распрезања које код вишеканалних сензора доводи до екстремне техничке комплексности, дозволи потпуна спрега, односно мешање појединих канала. Овим се омогућава врло једноставно решење механике и претварачког блока, који се састоје из једног монолитног тела, на који је уграђено шест претварачких мостова мерних трака одговарајуће конфигурације. Распрезање се остварује множењем генерисаног излаза одговарајућом трансформационом матрицом. Трансформациона матрица се добија одговарајућом процедуром, чија је суштина да се сензорски систем побуђује познатим скупом линеарно независних вектора генерисане силе. Конфигурација ове експерименталне инсталације приказана је на слици 5.



Слика 5: Фотографије експерименталне инсталације за аквизицију силе у задацима роботске монтаже.

За ове потребе развијено је специјално софтверско решење које обезбеђује обраду сигнала које генерише претварачки блок и тако екстрахује информацију о вектору генерисане силе који настаје у интеракцији робота и окружења у задатку спајања. Недостатак овог решења је у томе што се процес обраде генерисаних сигнала остварује накнадно, дакле, не у току процеса генерисања сензорских сигнала. У

наредној истраживачкој години овај недостатак ће бити разрешен кроз изградњу специјализованог електронског склопа базираног на примени микропроцесора интегрисаног у механичку структуру сензора. Овај склоп ће поседовати могућност двосмерне дигиталне комуникације, чиме ће постојеће решење бити преведено у високовредан систем – интелигентни сензор силе у форми микроелектромеханичког склопа, способан да комуницира са роботом и човеком током извршења постављеног задатка.

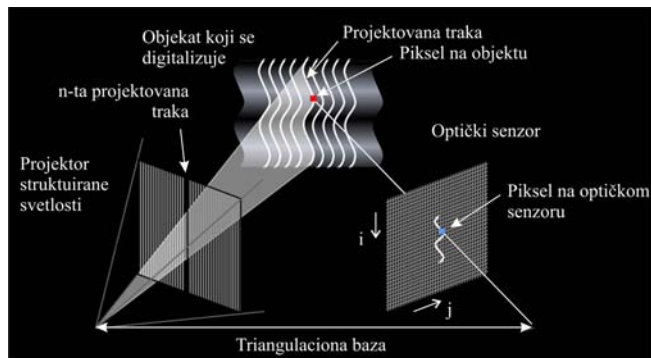
Резултати:

Планирано:	M85 Број резултата: 2
Остварено:	M85 Број резултата: 2
	M22 Број резултата: 2
	M23 Број резултата: 5
	M32 Број резултата: 1
	M41 Број резултата: 1
	M53 Број резултата: 1
	M63 Број резултата: 1

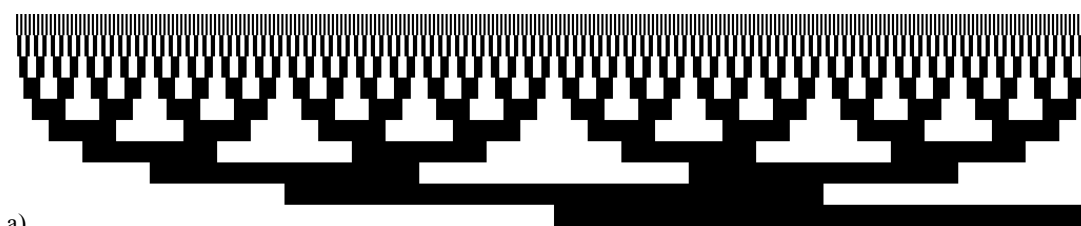
Фаза реализације 1 / Активност 5: Теоретски модели система за симбиотску спрегу човек-машина и трансфер знања/вештина на машински систем - Сензорски систем - оптичка триангулација структуриране светлости за екстремно брзу аквизицију просторне геометрије окружења / део 1

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

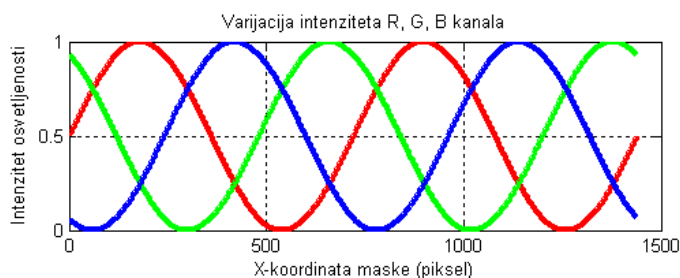
За потребе практичне провере постављених модела интеракције човека и робота у извршавању комплексних задатака предвиђена је изградња наменских експерименталних инсталација лабораторијског типа у оквиру Центра за нове технологије, Машинског факултета у Београду. За домен технологије монтаже и роботског заваривања, у првој години истраживачке активности су биле фокусиране на изградњу једног система за вештачко гледање. Као и у претходном случају, примењен је приступ самоградње због ограничених финансијских ресурса. Развијен је и реализован један мерни сто који је опремљен ласерским и програмабилним извором светлости, метролошким обртним столом, и сензорским системом за аквизицију одраза емитованог светлосног сигнала. У истраживачком смислу, посебно је значајан концепт који је базиран на кодираној светлости. Код овог концепта система вештачког гледања, светлосни извор емитује светлост која у себи поседује познату кодирану структуру. На сцену која се посматра усмерава се оваква светлост, која у општем случају обухвата једну секвенцу произвољне дужине различито кодираних дводимензионалних мапа. Светлост се одговарајућим колимационим оптичким системом фокусира на објекат који се дигитализује. Светлост се затим дифузно рефлектује и један део те светлости се фокусира на оптоелектронски склоп сензора који врши његову аквизицију. Због интеракције са неунифорним просторним објектима, одраз садржи изобличени кодирани сигнал. Применом триангулационог принципа и алгоритама за екстракцију и препознавање изобличења оригиналног кодираног сигнала, могуће је постићи врло робусну дигитализацију просторног окружења. У поређењу са тачкастим или линијским извором светлости, овакав систем има способност екстремно брзе триангулације. На сликама 6 и 7 дат је концепт система и варијантни облици кодирања монохроматском светлошћу и светлошћу са пуним фреквентним спектром (видљив део спектра).



Слика 6. Принцип оптичке триангулације структурираном светлошћу.

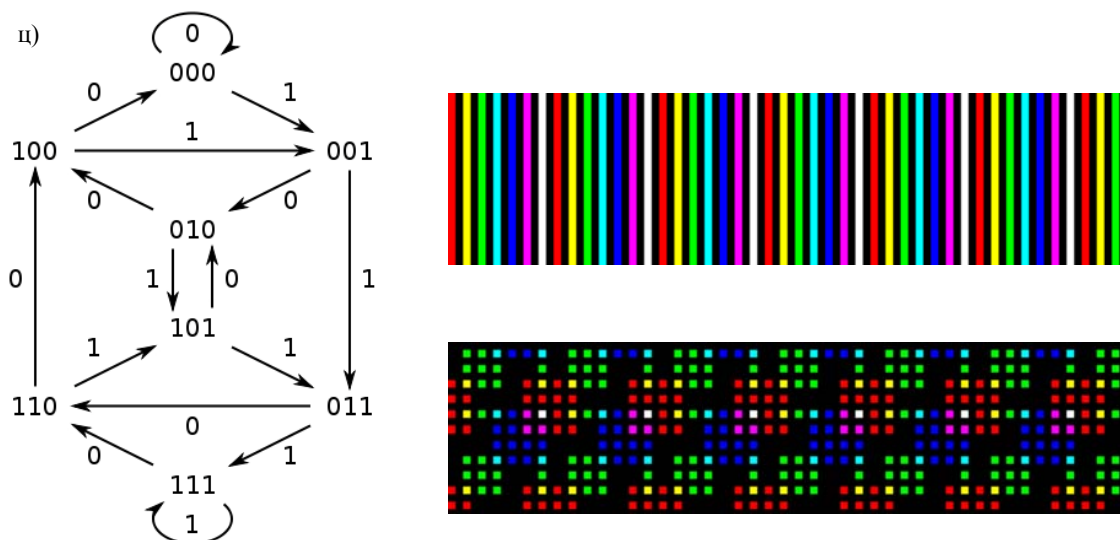


a)



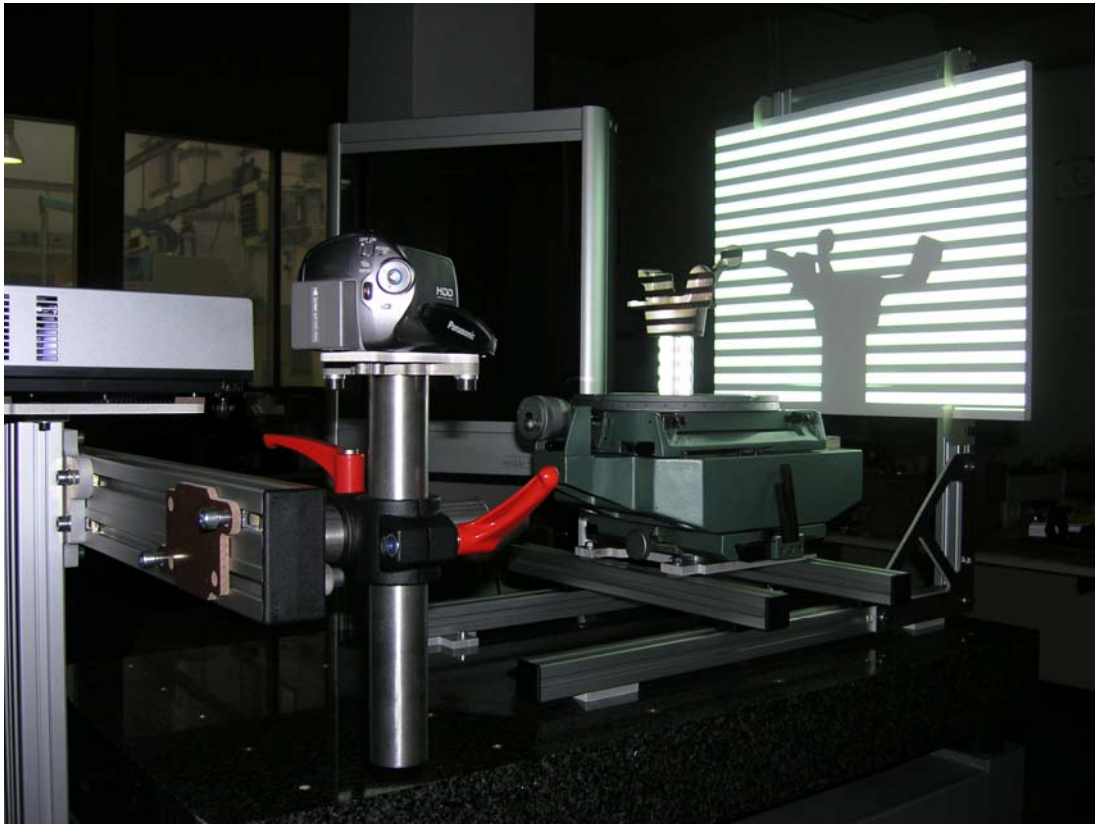
b)

ц)



Слика 7. Варијантни облици кодирања светлости. Монохроматско кодирање Грејовим цикличним кодом (а). Кодирање применом манипулације и суперпозиције RGB канала: а)манипулација фазним помаком и из тога генерисана ортогонално суперпонирана мапа; б)слободна манипулација фазним помаком и интензитетом - мапа кодирана на бази модификованих De Bruijn-ових секвенци у линијској и ортогоналној форми.

Експериментална инсталација је лабораторијског типа и стационарна. Њена превасходна намена је прецизна верификација концепта самог по себи и развоја одговарајућих алгоритама уз могућност провере под прецизно контролисаним условима. На слици 8 је приказана фотографија ове инсталације. У наредној години, ова инсталација ће бити даље унапређивана и започете активности развоја функционалног еквивалента који ће бити минијатурних димензија и који ће моћи да буде постављен на врх индустријског робота. Овакав робот ће бити тестиран на задацима електролучног заваривања, где је проблем геометријске несавршености склопова који се заварују драстично изражен и не може се успешно реализовати без квалитетне сензорске повратне спреге.



Слика 8: Фотографије експерименталне инсталације за оптичку триангулацију структуриране светлости за екстремно брзу аквизицију просторне геометрије окружења: а) експериментална опрема развијена кроз самоградњу (етапа 1) и б) фотографије пробних испитивања развијеног система за кодирање светлосног извора.

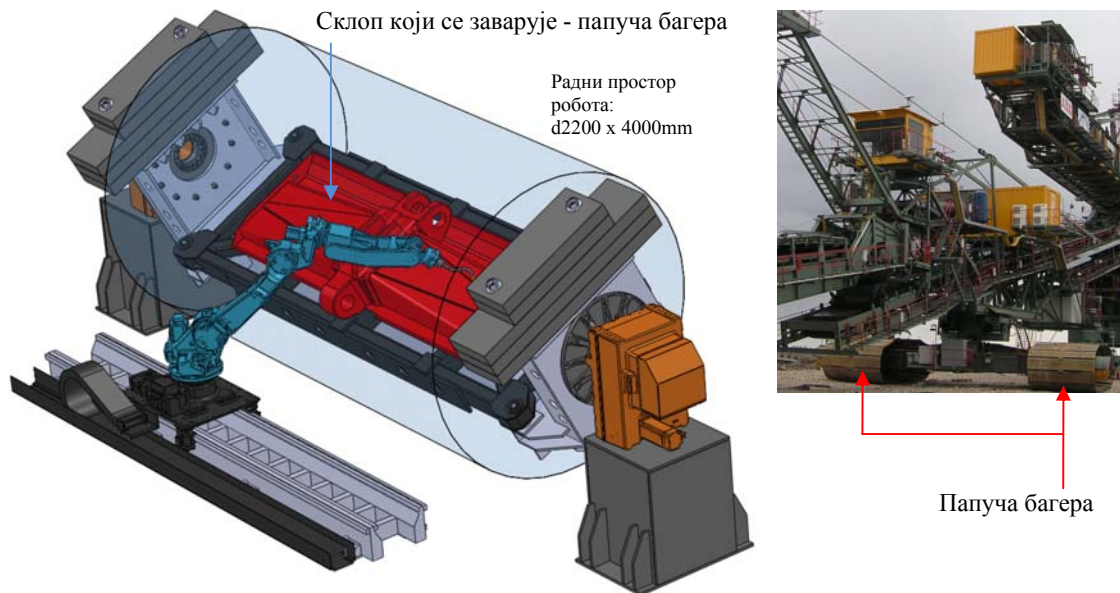
Резултати:

Планирано:	M83	Број резултата:	1
Остварено:	M83	Број резултата:	1
	M22	Број резултата:	2
	M23	Број резултата:	1
	M33	Број резултата:	5
	M63	Број резултата:	1

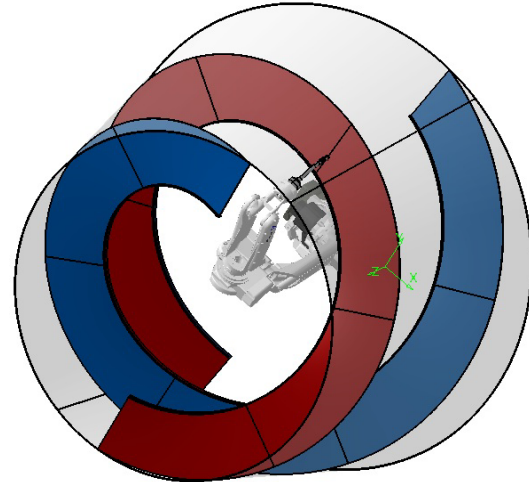
Фаза реализације 3 / Активност 1: Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка - Доградња функције роботског симулатора у развојно окружење у изабрани комерцијално расположиви CAD пакет за просторно геометријско моделирање;

Ова активност припада радном пакету TP35007-PP_3 - Виртуелни модел производног процеса и планирање технолошког задатка. У оквиру ове активности истраживања су била усмерена у правцу изградње одговарајућег виртуелног окружења у оквиру којег ће поред уобичајених садржаја: геометријски модел производних ентитета у оквиру једног производног система (на пример, технолошка ћелија за роботско заваривање) и кинематски модел процесних активности опреме, бити уграђена још једна додатна компонента, а то је модул за идентификацију стања изабраног технолошког ентитета на бази сензорских информација које генерише реални систем. Овај модул не треба изједначити са функцијом мониторинга и визуелизације која се среће у конвенционалним SCADA системима. Овај модул обавља врло значајну активност, која претходи и без које није могуће спровести синтезу радног задатка у реалним условима за случај рада моделираног производног система у недовољно структурираном и недовољно познатом окружењу (некомплетни информациони садржај). На пример, код роботског заваривања, номинални радни задатак у општем случају је директно неприменљив, јер се стање геометрије предмонтираног склопа који се заварује битно разликује, на микро и макро нивоу, од номинала, који је дефинисан геометријским моделом.

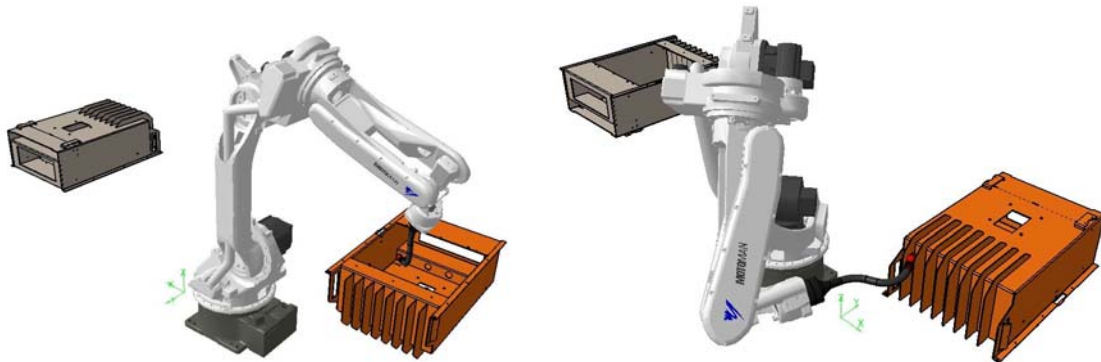
У првој етапи реализације овог задатка, за конкретне и пажљиво изабране примере из производње у компанијама из пословно интересне групе пројекта TP35007, генерисани су комплетни виртуелни модели геометрије и процеса монтаже, односно финалне фазе заваривања предмонтираног склопа. Ови модели су развијани у оквиру CAD пакета CATIA, односно његовог технолошког модула DELMIA. Овим је реализован случај идеалног виртуелног система. Ови модели су приказани на сликама 9, 10 и 11.



Слика 9: Виртуелни модел роботске технолошке ћелије за завршну монтажу склопа папуче багера из производног програма компаније Колубара Метал (9 синхроних серво оса; преузето из Студије изводљивости која се налази у завршној фази реализације, по билатералном уговору Машинског факултета и Колубара - Метал).



Слика 10: Виртуелни модел роботске технолошке ћелије за завршну монтажу фамилије склопова добоша камионског миксера за бетон који производи компанија Гоша а.д. Симићево према документацији и за потребе компаније SCHWING-STETTER GmbH, Немачка (Компанија Гоша је проглашена за извозника године у 2011.). Виртуелни модел је израђен за потребе прелиминарних анализа изводљивости роботизације монтаже овог врло деликатног склопа. Систем је тако конципиран да робот малог дохвата улази у унутрашњост добоша и обавља задатак. Програмирање кретања робота је екстремно компликовано због ограничења простора и непрекидно се захтева провера колизије било ког дела робота са окружењем. Виртуелни модел оваквог система чини овај задатак изводљивим. Постојећа монтажа се изводи мануелно у изузетно тешким условима, опасним по здрвље радника (приказано на приложеној фотографији). У овим активностима је била укључена компанија Yaskawa MOTOMAN из Јапана, водећи светски произвођач робота.



Слика 11: Виртуелни модел робоске технолошке ћелије за завршну монтажу склопа ложишта пећи на пелет из производног програма компаније Милан Благојевић из Смедерева. Виртуелни модел је израђен за потребе прелиминарних анализа изводљивости роботизације монтаже овог склопа и практично је демонстриран на Сајму технике у Београду, маја месеца 2011. године (на фотографији се виде два млада истраживача на пројекту TR35007, докторанти Никола Лукић и Иван Данилов, који су програмирали роботски систем, преносећи виртуелни модел роботске ћелије развијен у CAD окружењу у физички простор управљачког система робота).

Друга етапа која је започета крајем прве истраживачке године и која ће бити настављена током друге истраживачке године, односи се на изградњу неидеализованог модела, односно модела који поред идеалног садржи и информације о реалном стању ствари, генерисане одговарајућим сензорским системом. Циљ је да се текући положај манипулационог робота, спреге координата положаја робота са сигнаlima које генерише сензорски систем (на пример ласерски триангулациони систем) интегришу у САД развојно окружење (виртуелни метролошки систем). Кључни проблем који се овде појавио односи се на затвореност комерцијално расположивих управљачких система у смислу доступности координата положаја роботског механизма у простору, односно информација које се читају са енкодера актуационог система робота у реалном времену и које су синхронизоване са радом сензорског система. Решење овог проблема ће бити разрешено кроз примену отвореног роботског управљачког система, базираног на РС платформи или, изградњом специјалног интерфејса у сарадњи са произвођачем робота, који би преузимао текуће координате непосредно са регулатора серво мотора, или из модула за слагање кретања (интерполатор) централне процесорске јединице.

Други проблем, сличне природе односи се на затвореност стандардних развојних САД система за доградњу. У том смислу успостављен је 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 САД пакета. План је да се у стандардни графички пакет угради додатни модул, као посебна функционална целина која ће омогућити симулацију роботског система (сложена кинематска симулација, укључујући и редундантне конфигурације) и аквизиција + визуелизација сензорских података – просторна дигитализација објеката произвољне геометријске форме спрегом робота и оптичких триангулационих сензора базираних на ласерској или структурираној (кодираној) светлости. Ово је задатак врхунске техничке комплексности, а Dassault Systèmes SolidWorks Corp. је изразила спремност да у случају позитивног исхода уврсти овај софтверски модул у своју стандардну понуду.

Резултати:

Планирано:	М63 Број резултата: 1
Остварено:	М33 Број резултата: 1
	М34 Број резултата: 1
	М51 Број резултата: 1
	М64 Број резултата: 2

Фаза реализације 5 / Активност 1: Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера - Изградња и одржавање WEB портала пројекта TP35007

Ова активност припада радном пакету TP35007-PII_5 - Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера.

У оквиру прве истраживачке године изграђен 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:	М86 Број резултата: 1
Остварено:	М86 Број резултата: 1

Фаза реализације 5 / Активност 2: Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера - Специјална сесија на међународној конференцији на тему хибридних система за екстремно диверзификовану производњу

Ова активност припада радном пакету TP35007-PII_5 - Дисеминација и трансфер знања у индустријско окружење и образовање инжењера.

Као оквир за дисеминацију резултата пројекта TP35007 искоришћен је програмски оквир за трансфер технологије и организационих/функционалних модел кроз успостављање блиске сарадње на простору Европске уније у оквиру програма Европских технолошких платформи 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 инструменте националног и регионалног нивоа.

У склопу претходног, остварене су следеће активности дисеминације остварене су кроз контекст Програма Националних технолошких платформи Србије. У току 2011. године организована су два скупа (деталји на www.ntp.rs):

Форум 1: НАЦИОНАЛНЕ ТЕХНОЛОШКЕ ПЛАТФОРМЕ СРБИЈЕ - Нови формални оквир за реинжењеринг индустрије у склопу европских интеграција
Машински факултет Универзитета у Београду, 17. фебруар 2011.



Форум 2: НАЦИОНАЛНЕ ТЕХНОЛОШКЕ ПЛАТФОРМЕ СРБИЈЕ - Универзитет и његова улога у трансформацији технолошких основа индустрије Србије
Ректорат Универзитета у Београду, 01. јун 2011.



На Саветовању производног машинства Србије који је као водећи национални скуп за област производних технологија у 2011. години по први пут одржан као међународни скуп, организована је специјална пленарна сесија посвећена програму Националних технолошких платформи, где је саопштен уводни реферат са темом:

NATIONAL TECHNOLOGY PLATFORMS OF SERBIA, Petar B. Petrović, Vladimir R. Milačić, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

У оквиру скупа: **MANUFuture** - Future Manufacturing Technologies of Europe – **Manufuture 2011** Conference: West and East Europe in global High Added Value manufacturing - facts of today and challenges of tomorrow, Wroclaw, Poland, 24-25 октобар 2011., саопштен је реферат по позиву на сесији: West-East Europe cooperation support and interaction - WS2: SMEs in transforming European economies, са темом:

Резултати:

Планирано:	M31 Број резултата: 1
Остварено:	M31 Број резултата: 1
	M64 Број резултата: 2

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.

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 две демонстрационе инсталације
 - Експериментална инсталација 1 - Лабораторијска инсталација за ултрабрзе системе контроле геометријских карактеристика производа применом високорезолутних индустријских система вештачког гледања; За практичну апликацију заинтересована компаније: Икарбус, Колубара-Метал, Гоша и Милан Благојевић.
 - Експериментална инсталација 2 - Лабораторијска инсталација за управљањем процеса роботизованог спајања малих електромеханичких склопова на бази повратне спреге по вектору генерализане силе; За практичну апликацију заинтересоване компаније: Инса и Алинг Конел.
- 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. 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, 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. Препознајући технологију израде делова из челичних плочастих материјала као лимитирајући фактор за остваривање потребних производних капацитета, крајем 2011. године започет је 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 претходном контексту, афирмативно мишљење корисника истраживања је прибављено у писаној форми (како је захтевано од стране Министарства) и приложено у папирној верзији извештаја. Компанија Икарбус је финансијски подржала пројекат TP35007 у обиму планираном за прву истраживачку годину и показује спремност да то исто учини у другој истраживачкој години, уз 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 увођење нових технологија.

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 активности. Посебно ће по том основу бити критична друга и наредне истраживачке године, када је планирана практична имплементација кључних резултата истраживања. У првој 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.
- 3. Проблем глобалне економске кризе и опште стање индустрије Србије:** Економска криза која је захватила домаћу привреду значајно је пореметила укупан пословни амбијент, посебно у делу производног сектора, где је током 2011. године уочљив пад 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 врло мало заинтересоване за увођење нових технологија и посебно у том контексту сарадње са домаћим истраживачко-развојним институцијама.

2. Навести потребне активности неопходне за успешну реализацију пројекта.

Набавка опреме у складу са спецификацијом датом у фази конкурсања за финансирање пројекта је кључна за спровођење планираних истраживачких и развојних активности.