

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/150



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0209	
Naslov programa	Umetna inteligenca in inteligentni sistemi Artificial intelligence and intelligent systems	
Vodja programa	2275 Ivan Bratko	
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	62656	
Cenovni razred	B	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014	
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	1539	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
	106	Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.07	Računalništvo in informatika
Družbeno-ekonomski cilj	06.	Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1	Naravoslovne vede
	1.02	Računalništvo in informatika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Ta program prispeva k spodaj navedenim področjem umetne inteligence, in sicer: teoretične rezultate, metode in tehnike za

reševanje odprtih problemov na teh področjih, prosto dostopne implementacije the metod, aplikacije na izbranih področjih uporabe. Vsebina programa je razdeljena v sedem tematskih sklopov, ki so navedeni skupaj z nekaterimi najbolj pomembnimi rezultati programa:

1. Strojno učenje in odkrivanje zakonitosti v podatkih, z naslednjimi rezultati:

- Metoda za zlivanje podatkov s simultano trifaktorizacijo z omejitvami, ki je dala odlične rezultate v poskusih v genetskih domenah
- Empirična demonstracija, da so razlage na temelju atributnih interakcij pravilne in intuitivne na poljubnem modelu učenja; uvedli smo novo, boljšo mero uspešnosti klasifikatorjev
- Uvedli smo metodo argumentiranega strojnega učenja (Argument Based Machine Learning, ABML) in razvili postopke zajemanja znanja z metodo imenovano "ABML loop"
- Metoda za odkrivanje abstraktnih pojmov s poskusi v robotskih domenah
- Pristopi k učenju iz senzorskih meritev v robotiki

2. Kvalitativno modeliranje, sklepanje z diagrami in skeči

- Nova metode kvalitativnega učenja Padé, ki temelji na določanju kvalitativnih parcialnih odvodov v numeričnih podatkih. Eksperimentalna uporabe te metode na realnih problemih, kot so bakterijske okužbe, robotsko učenje, analiza vetrovnega šuma v avtomobilih
- Pristop k programiranju robotov s kvalitativnim planiranjem

3. Hevristični pristopi, preiskovalni algoritmi

Našli smo dejavnike, ki vplivajo na možnost patologije hevrističnega preiskovanja: število možnih hevrističnih vrednosti, vejanje, podobnost vrednosti bližnjih vozlišč. Teoretično smo pojasnili "nepatološkost" brez kakršnih koli predpostavk o domeni. Našli smo presenetljive prednosti "pesimističnih" hevristik v nasprotju z bolj uporabljanimi optimističnimi hevristikami

4. Evolucijsko računanje

Evolucijski algoritem za več kriterijsko optimizacijo DEMO smo pohitrili z vzporedno implementacijo in vključevanjem nadomestnih modelov prostora iskanja.

5. Inteligentni sistemi za poučevanje in komentiranje

Nov pristop, ki za dani problem kombinatoričnega preiskovanja avtomatsko poišče vzorce, podcilje ali faze reševanja. Ti človeku omogočijo obvladovanje sicer neobvladljivega prostora.

6. Aplikativno usmerjene raziskave

Razvite metode smo demonstrirali na vrsti aplikativno zanimivih področij: medicina, genetika, jezikovne tehnologije, ambientalna inteligenca itd.

7. Razvoj prosto dostopnih orodij in programskih sistemov

- Nadgradnje sistema Orange: analitični spletni vmesnik do podatkov o izražanju genov *D. discoideum*, modul Orange Bioinformatics, interaktivna analiza omrežij.
- Prenos odprtokodnega sistema za strojno učenje CORElearn v okolje za analizo podatkov R.
- Pipa. Spletno orodje za analizo podatkov o zaporedjih RNA dobljenih s tehnologijo RNASeq.
- SNPsyn. Program za analizo interakcij med polimorfnimi mesti genoma (SNPi).

ANG

This research program contributes to the areas of AI listed below. Contributions are of various types: theoretical results, methods and techniques for solving open problems in these areas, open access implementations, applications in chosen application areas. The contents is divided into seven topics given below, together with the most important results:

1. Machine learning and data mining, with the following results:
 - A method for data fusion with simultaneous matrix tri-factorisation that produced excellent results in genetic applications
 - Empirical demonstration that explanations based on attribute interactions are correct and intuitive for any model of learning; a new, better measure of success of classification was introduced
 - We introduced "argument-based machine learning" (ABML) and a knowledge acquisition procedure "ABML loop"
 - A new approach to discovery of abstract concepts in robotic domains
 - Approaches to robot learning from sensory data
2. Qualitative modelling, reasoning with sketches
 - Padé, a new method for qualitative learning based on computing qualitative partial derivatives from numerical data; experimental applications of Padé to real problems like: bacterial infections, robot learning, analysis of wind noise in cars
 - An approach to robot programming with qualitative planning
3. Heuristic problem solving and search
We found factors that effect chances of pathology in heuristic search: the number of possible heuristic values, branching, similarity of values at neighbour nodes. We found a theoretical explanation of non-pathology without any assumptions about the domain. We found surprising advantages of "pessimistic" heuristics in contrast to more popular optimistic heuristics
4. Evolutionary computation
Evolutionary algorithm for multi criteria optimisation DEMO was speeded up by a parallel implementation and use of substitute models of search space.

5. Intelligent systems for tutoring and commenting
A new approach that automatically finds patterns, sub-goals and stages of search for a given combinatorial problem. This enables a human to deal with otherwise non-tractable search spaces.
6. Application-oriented research
Developed methods were demonstrated in various domains of applicative interest like: medicine, genetics, language technologies, ambient intelligence etc.
7. Development of freely available tools and program systems
 - Upgrades of the Orange data analysis system include: analytical web interface to gene expression data of *D. discoideum*, program module Orange Bioinformatics, interactive network analysis
 - Transfer of the open source system for machine learning CORElearn to the R data analysis environment
 - Pipa. A web tool for the analysis of RNA sequence data acquired with RNASeq technology
 - SNPsyn. A program for interaction analysis between polymorphic places of genom (SNPi).

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Plan programa je razdeljen v naslednje sklope:

1. Strojno učenje in odkrivanje zakonitosti v podatkih
2. Kvalitativno modeliranje, sklepanje z diagrami in skeči
3. Hevristični pristopi, preiskovalni algoritmi
4. Evolucijsko računanje
5. Inteligentni sistemi za poučevanje in komentiranje
6. Aplikativno usmerjene raziskave
7. Razvoj orodij in programskih sistemov

Poročilo je urejeno v skladu s to strukturo, s tem da so na koncu te točke poročila zbrani tudi rezultati dodatnega programa v l. 2014. Ti so opisani nekoliko podrobneje, saj so rezultati osnovnega programa podrobneje podani že v prejšnjih letnih poročilih in v vmesnem poročilu v l. 2014. Številni rezultati so bili objavljeni v najpomembnejših revijah v umetni inteligenci (UI) in na drugih področjih, ki so močno interdisciplinarno povezana z UI. Zaradi prostorskih omejitev predstavljamo le nekatere najvidnejše rezultate.

1. Strojno učenje in odkrivanje zakonitosti v podatkih

Zlivanje podatkov.

Razvili smo tehniko za zlivanje podatkov s simultano trifaktorizacijo z omejitvami. Rezultate smo objavili v več revijskih publikacijah, med drugim tudi v IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, in jih predstavili na konferenci Critical Assessment of Massive Data Analysis ter na njej tako v letu 2013 in 2014 dobili nagrado za najboljši prispevek konference. Z zlivanjem podakov smo presenetljivo točno napovedali 9 genov, ki naj bi bili v socialni amebi *D. discoideum* zadolženi za odziv na bakterije (članek je v recenziji).

Razlaga napovedi klasifikatorjev. Z empirično analizo smo pokazali, da so razlage na temelju atributnih interakcij pravilne in intuitivne na poljubnem modelu. Predlagali smo novo, boljšo mero uspešnosti klasifikatorjev.

Argumentirano učenje (ABML). ABML omogoča vnos predznanja prek argumentiranja učnih primerov. Razvili smo metodo za avtomatsko argumentiranje iz spletnih informacij.

Učenje v robotiki. Z odkrivanjem novih predikatov (»predicate invention«) v induktivnem logičnem programiranju robot sam odkrije nove pojme, ki niso nikjer zajeti v meritvah, kot so: premičnost, ovira, orodje, stabilnost. Razvili smo metodo učenja s kompozicionalnimi hierarhijami in pristop Error Reduction Merging, ki izkorišča strukturo učne domene.

2. Kvalitativno modeliranje

Razvili smo metode, imenovane Padé, za določanje kvalitativnih parcialnih odvodov v numeričnih podatkih. Sistem Qing odkriva kvalitativne odvisnosti v podatkih s principi iz računske topologije. Razvito metodo smo uporabili na realnih problemih, kot so bakterijske okužbe, robotsko učenje, analiza vetrovnega šuma v avtomobilih.

3. Hevristični algoritmi

Patologija preiskovanja je pojav, da globlje preiskovanje da slabše rezultate od plitvejšega. Našli smo dejavnike, ki vplivajo na možnost patologije: število možnih hevrističnih vrednosti, vejanje, podobnost vrednosti bližnjih vozlišč. Druga teoretični rezultat pojasnjuje "nepatološkost" brez kakršnihkoli predpostavk o domeni.

Pesimistične hevrstike. V preiskovanju veljajo optimistične hevrstike za najbolj zaželene, ker zagotavljajo optimalne rešitve. Odkrili smo, da v preiskovanju v realnem času velja ravno obratno. Pesimistične hevrstike so bolj uspešne in so manj podvržene patologiji preiskovanja. Te ugotovitve smo aplicirali v optimizaciji nabiranja blaga v skladišču.

4. Evolucijsko računanje

Več kriterijska optimizacija. Evolucijski algoritem za večkriterijsko optimizacijo DEMO smo pohitrili z vzporedno implementacijo in vključevanjem nadomestnih modelov prostora iskanja. Razvili smo algoritem za gradnjo hibridnih dreves po kriterijih razumljivosti in točnosti. Algoritem MODS "nedominirano" optimizira nasprotujoča si kriterija pri vožnji: čas in poraba goriva.

Optimizacija s kolonijo mravelj. Izboljšali smo metodo za učenje odločitvenih pravil s pomočjo optimizacije s kolonijo mravelj. Razvita metoda zna poleg nominalnih atributov, brez vnaprejšne diskretizacije, ki zmanjša informativnost atributov, obravnavati tudi zvezne attribute. Na primeru analize medicinskih podatkov, ki opisujejo sinkopo, smo pokazali uporabnost razvitega pristopa.

5. Inteligentni sistemi za poučevanje

Konceptualizacija proceduralnega znanja. Razvili smo pristop, ki za dano domeno kombinatoričnega preiskovanja avtomatsko poišče vzorce, podcilje ali faze reševanja. Ti človeku omogočijo obvladovanje sicer neobvladljivega prostora.

Zajemanje znanja z ABML. Izpopolnili smo postopek zajemanja znanja z ABML («ABML loop»). V poskusih v šahu ABML zanka deluje bistveno boljši od drugih metod. Z ABML zanko smo zajeli nevrološko znanje za diagnostiko tremorjev.

6. Aplikativno usmerjene raziskave

Mnoge metode umetne inteligence, razvite v tem programu, imajo direktno motivacijo v aplikacijah. Tu omenjamo nekatere od njih.

Medicina. Zanesljivo napovedovanje ponovitve raka dojke, z Onkološkim institutom v Ljubljani; e-storitev in mobilna aplikacija za odkrivanje znakov Parkinsonove bolezni (ParkinsonCheck); diagnostika bolezni koronarnih arterij.

Genetika. V doslej največji študiji modelnega organizma *D. discoideum* smo analizirali podatke o genih, ki kodirajo proteine prenašalce z ATP vezavno domeno; z odkrivanjem genskih poti iz besedil smo na tekmovanju konference BioNLP dosegli prvo mesto; programska orodja CLIP, iCLIP, mRNASeq in pASeq za preučevanje interakcij proteinRNA in izražanja genskih transkriptov; odkritje presenetljive stopnje ohranjenosti med transkriptomoma evolucijsko oddaljenih organizmov *D. discoideum* in *D. urpureum*.

Govorne in jezikovne tehnologije: sistemi za sintezo slovenskega govora, razpoznavanje govorcev, avtomatsko skladiščno razčlenjevanje, pomoč slepim, slabovidnim in ostarelim, razvoj obsežne govorne zbirke za korpusno sintezo govora.

Ambientalna inteligenca: metode za prepoznavanje neobičajnih dogodkov pri varovani (starejši) osebi. Sistem RAReFall razpoznava padce. Z njim smo zmagali na mednarodnem tekmovanju v prepoznavanju aktivnosti EvAAL 2013.

Tehnološke in druge aplikacije: analiza in zmanjšanje vetrovnega šuma v avtomobilih (s firmo FIAT); uporaba metodologije za ocenjevanje zanesljivosti napovedi v distribuciji električne energije in farmaciji; metodologija za analizo trajektorij gibanja delcev, uporabljena za analizo gibanja vode v Sredozemskem morju; sistem eTulist.

7. Razvoj prosto dosegljivih programskih sistemov

Orange. Nadgradnje sistema Orange: analitični spletni vmesnik do podatkov o izražanju genov *D. discoideum*, modul Orange Bioinformatics, interaktivna analiza omrežij.

CORElearn v R. Prenos odprtokodnega sistema za strojno učenje CORElearn v okolje za analizo podatkov R.

Pipa. Spletno orodje za analizo podatkov o zaporedjih RNA dobljenih s tehnologijo RNASeq.

SNPsyn. Program za analizo interakcij med polimorfnimi mesti genoma (SNPi).

Realizacija dodatnega programa raziskav v I. 2014

Dodatni program raziskav, ki sledi, je organiziran po enakih programskih sklopih kot osnovni program.

SKLOP Strojno učenje in odkrivanje zakonitosti v podatkih

Modeliranje parnih primerjav in aplikacija na praktičnem

problem: Modeliranje latentne moči elementov na podlagi parnih primerjav je pomemben podproblem v statistiki. Težava je, da potrebujemo veliko izidov parnih primerjav. Pri mnogih praktičnih problemih pa so na voljo tudi druge informacije, npr. ocene verjetnosti izidov. Razvili smo novo metodo za modeliranje parnih primerjav, ko so na voljo tudi verjetnosti izidov primerjav. Izjemno uspešno aplikacijo te metode na področju rangiranja športnih moštev smo predstavili na mednarodni konferenci icSports 2014 v Rimu. Razvili smo tudi Bayesovo različico metode.

Pomembnost in izbor vhodnih spremenljivk: Izbira podmnožice spremenljivk je izjemno pomembna naloga v strojnem učenju. Na eni strani imamo filtre, ki vhodne spremenljivke povečini obravnavajo individualno in neodvisno od modela, a so zato hitrejši. Na drugi strani pa metode, ki upoštevajo model, ki ga bomo uporabljali, a zahtevajo ponovno gradnjo modela in so zato počasnejše (t. i. wrapper). Razvili smo novo metodo za izbiro podmnožice atributov, ki je kompromis med hitrimi a kratkovidnimi metodami filter in počasnimi metodami, ki upoštevajo model.

Učenje STRIPS modelov robotskih akcij. Robot se lahko uči modelov svojega okolja in akcij iz primerov, ki jih dobi z opazovanjem učinkov izvedenih akcij. Ob tem pa je problem učenja predpogojev akcij, saj ni jasno, katere relacije v stanju pred akcijo so dejansko potrebne za izvedbo akcije. Razvili smo idejo in formalizacijo metode, ki ob izpolnjeni predpostavki to omogoča. Naša novost je v učenju iz "racionalnih" planov, pri katerih predpostavimo, da ne vsebujejo redundantnih akcij.

Razumljivost klasifikatorjev. Zasnovali smo anketo, s katero je mogoče meriti vpliv lastnosti klasifikatorjev na njihovo razumljivost. Anketa je namenjena (a) merjenju učinkovitosti reševanja nalog v odvisnosti od razumljivosti klasifikatorjev in (b) pridobivanju subjektivnih mnenj o njihovi razumljivosti. Z anketo smo potrdili veljavnost nekaterih predpostavk in od več kot 50 strokovnjakov za strojno učenje in zbrali podatke za analizo lastnosti klasifikacijskih

dreves glede na njihovo razumljivost.

SKLOP Gradnja programskih orodij za inteligentne sisteme

Razširitve sistema Orange. Orodje za podatkovno analitiko Orange smo razširili z metodami za analizo "velikih podatkov". V ta namen smo razvili vmesnik do podatkovnih baz (npr. PostgreSQL) in ustrezno spremenili izbrane metode vizualizacije podatkov in strojnega učenja.

SKLOP Aplikativno usmerjene raziskave

Agentni pristop in inteligentna mesta. Za upravljanje inteligentnih hiš z uporabo metod strojnega učenja napovemo čase prihodov uporabnikov in dinamiko delovanja naprav znotraj hiš. Napovedi nato uporabimo pri optimiziranju urnikov delovanja z uporabo evolucijskih algoritmov. Razvili smo algoritme za agentna pogajanja, ki aplikacijam in servisom za različne namene omogočajo uporabo storitev pogajanj znotraj platforme.

Prepoznavanje višje-nivojskih aktivnosti. Razvili smo algoritem za razpoznavanje višje-nivojskih aktivnosti ljudi (npr. delo, prosto časne aktivnosti, opravila, prevoz), ki uporablja hevrstiko in modele naučene z algoritmi strojnega učenja. S trenutno verzijo algoritma že dosegamo 80 odstotno točnost razpoznavanja.

Optimizacija medicinske diagnostike z anamnezo. Razvili smo sistem za diagnosticiranje nekaterih pogostih bolezni s pomočjo anamneze ter ga vključili v sistem, s katerim smo sodelovali na tekmovanju Qualcomm XPRIZE z nagradnim skladom 10.000.000,00 USD in se v močni konkurenci uvrstili med 10 finalistov. S pomočjo zbranega medicinskega znanja in strojnega učenja sistem dobro oceni verjetnost za posamezno bolezen na podlagi odgovorov na zgolj nekaj dinamično izbranih vprašanj, ki so v dani situaciji najbolj relevantna.

Analiza velike zbirke senzorskih medicinskih podatkov. Iz velike zbirke senzorskih podatkov o bolnikih s srčnim popuščanjem smo z računanjem značilik, ki so jih predlagali kardiologi, pripravili učno množico podatkov, ki je primerna za strojno učenje in statistično preverjanje povezav med spremljanimi parametri ter počutjem bolnikov. Iz te baze smo ugotovili: kateri parametri najbolj vplivajo na počutje bolnikov, kateri algoritem za strojno učenje zgradi najbolj točen model za napovedovanje počutja bolnikov ter kateri način časovne agregacije počutja omogoča največjo točnost napovednega modela.

Planiranje s kvalitativnimi modeli in ASP. Planiranje robotskih nalog s kvalitativnimi modeli zahteva obsežno preiskovanje prostora kvalitativne simulacije. V sodelovanju z univerzo UNSW (Sydney, Avstralija) smo razvili pristop, ki temelji na prevedbi problema v ASP (Answer Set Programming), s čimer se je učinkovitost bistveno izboljšala (objavljeno na konf. ECAI 2015).

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Stopnja realizacije ciljev tega raziskovalnega programa presega originalne cilje pred začetkom izvajanja programa, čeprav vsebine ponekod niso popolnoma enake predvidenim in so se nekateri cilji med izvajanjem programa spremenili, kar je običajno za temeljne raziskave. Razlog za to je seveda v razvoju področja umetne inteligence, ko nekateri izzivi postajajo bolj aktualni oz. pomembni, drugi pa manj. Tudi naši vmesni rezultati so nakazovali nekatere spremembe tam, kjer so bili rezultati posebej obetavni in smo presodili, da jih v nadaljevanju programa kaže poglobiti. Predlagani dodatni program dela za l. 2014 je bil v celoti realiziran. V nadaljevanju poročila bomo ocenili realizacijo po posameznih tematskih sklopih programa in opisali morebitne spremembe ciljev.

Strojno učenje in odkrivanje zakonitosti v podatkih. To je osrednja tematika programa, kjer je bilo doseženih veliko pomembnih rezultatov. Ti presegajo cilje programa. Npr. učenje v robotiki je to postalo zanimiva dodatna tema. Odmevni rezultati so bili doseženi v integraciji podatkov iz raznih virov (zlivanje podatkov), s prepričljivimi demonstracijami v genetiki. Rezultati v robotskem učenju abstraktnih pojmov predstavljajo praktično povsem novo tematiko v svetu.

Kvalitativno modeliranje, sklepanje z diagrami in skeči. Doseženi tehnični rezultati v učenju kvalitativnih modelov ustrezajo predvidenim ciljem, čeprav smo si tu obetali vplivnejši preboj v smeri praktične uporabnosti v skladu s pričakovanji v svetu. Problemi v praksi so se pokazali za težje in je bilo potrebno razviti več nepredvidenih teoretičnih osnov in tehnik. Naši rezultati so med vodilnimi v svetu.

Hevristični pristopi, preiskovalni algoritmi. Z rezultati v preučevanju patologije hevrističnih preiskovalnih algoritmov ter prednosti pesimističnih hevristik v hevrističnih algoritmih v realnem času so bili cilji programa lepo izpolnjeni.

Evolucijsko računanje. Cilji programa so bili doseženi z izboljšavami evolucijskega pristopa k več kriterijski

optimizaciji. Uspešnost pristopa je bila demonstrirana na realnih problemih optimizacije po več kriterijih, ki si lahko med seboj nasprotujejo.

Inteligentni sistemi za poučevanje in komentiranje.

Pristop k polavtomatskemu zajemanju znanja s t.i. ABML zanko in s konceptualizacijo domen za inteligentne poučevalne sisteme smo razvili do te mere, da smo lahko eksperimentalno demonstrirali njegove potenciale. S tem smo dosegli predvidene cilje.

Aplikativno usmerjene raziskave. Tu rezultati močno presegajo cilje po številčnosti, pa tudi po aplikativni tehtnosti. Rezultati so zanimivi tudi interdisciplinarno zaradi pomembnosti na samih področjih aplikacij, npr. v medicini in genetiki, pa tudi novih, kot je analiza gibanja vode v Sredozemskem morju.

Razvoj orodij in programskih sistemov. Poleg predvidenih nadgrajenih sistema Orange so bili razviti tudi drugi sistemi za podporo strojnega učenja ter uporabe umetne inteligence v genetiki. S tem so cilji v tej točki programa preseženi.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Večjih sprememb programa ni bilo. Prišlo je kvečjemu do majhnih, smiselnih sprememb glede na tekoče rezultate in sprememb področij programa v svetu, tako kot je pojasnjeno v točki (realizacija ciljev programa).

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	8278100	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Interakcije proteina TDP43 z RNA in vpliv na alternativno spajanje RNA
		<i>ANG</i>	Characterizing the RNA targets and position-dependent splicing regulation by TDP-43
	Opis	<i>SLO</i>	Na podlagi obsežnih bioinformatičnih analiz podatkov iCLIP smo ugotovili, da se TDP43 preferencialno veže na daljša zaporedja UG in da sta nekodirajoča gena MALAT1 in NEAT1 glavni tarči v vzorcih pacientov s FTLD. Odkrili smo tudi nenavadno dolga področja vezave TDP43 globoko v notranjosti intronov, ki so navzdol od utišanih eksonov. Velik delež alternativnih izooblik, ki jih uravnava TDP43, tvori proteine, ki so povezani z nevrodegenerativnimi boleznimi, kar kaže na pomembno vlogo TDP43 na alternativno spajanje v možganih.
<i>ANG</i>		Based on extensive bioinformatics analyses of iCLIP data, we found that TDP43 preferentially binds long clusters of UG-rich sequences and that MALAT1 and NEAT1 are the main targets in subjects with FTLD. We identified unusually long clusters of TDP43 binding at deep intronic positions downstream of silenced exons. A substantial proportion of alternative mRNA isoforms regulated by TDP43 encode proteins that regulate neuronal development or have been implicated in neurological diseases, highlighting the importance of TDP43 for the regulation of splicing in the brain.	
		Nature America Inc.; Nature neuroscience; 2011; Vol. 14, no. 4; str. 452-	

	Objavljeno v	459; Impact Factor: 15.531; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.602; A'': 1; A': 1; WoS: RU; Avtorji / Authors: Tollervy James R., Curk Tomaž, Rogelj Boris, Briese Michael, Cereda Matteo, Kayicki Melis, König Julian, Hortobágyi Tibor, Nishimura Agnes L., Župunski Vera, Patani Rickie, Chandran Siddharthan, Rot Gregor, Zupan Blaž, Shaw Christopher E., Ule Jernej	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	8324436	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Učenje kvalitativnih modelov iz numeričnih podatkov
		ANG	Learning qualitative models from numerical data
	Opis	SLO	Članek opisuje Pade, novo metodo kvalitativnega učenja, ki ocenjuje parcialne odvode ciljne funkcije iz učnih primerov in jih uporablja za indukcijo kvalitativnega modela ciljne funkcije. Zasnovali smo tri metode izračuna odvodov, ki temeljijo na linearni regresiji, izračunani v lokalni okolici referenčne točke. Metode smo testirali na sintetičnih in resničnih podatkih. Članek opisuje tudi študijo na resničnem primeru, ki kaže, kako se metoda uporabi v praksi.
		ANG	The paper describes Pade, a new method for qualitative learning which estimates partial derivatives of the target function from training data and uses them to induce qualitative models of the target function. We formulated three methods for computation of derivatives, all based on using linear regression on local neighbourhoods. The methods were empirically tested on artificial and realworld data. We also provide a case study which shows how the developed methods can be used in practice.
	Objavljeno v	Elsevier; Artificial intelligence; 2011; Vol. 175, no. 9/10; str. 1604-1619; Impact Factor: 2.252; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.427; A': 1; WoS: EP; Avtorji / Authors: Žabkar Jure, Možina Martin, Bratko Ivan, Demšar Janez	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	7800916	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza interakcij RNAprotein hnRNP C na osnovi podatkov iCLIP
		ANG	ICLIP reveals the function of hnRNP particles in splicing at individual nucleotide resolution
	Opis	SLO	Razvili smo metodo iCLIP (individualnucleotide resolution UV crosslinking and immunoprecipitation), ki vključuje sekvenciranje in omogoča opazovanje interakcij med izbranim proteinom in RNA na nivoju posameznega nukleotida. Razvili smo algoritme in računski cevovod iCount za kartiranje odčitkov na človeški genom, filtriranje nekvalitetnih o dčitkov, kvantifikacijo vezave na osnovi naključnih barkod, generiranje genomskega kart vezavnih mest in za analizo obogatenih pentanukleotidov v bližini vezavnih mest. Preučili smo vpliv delcev hnRNP na alternativno spajanje genov.
		ANG	We developed individualnucleotide resolution UV crosslinking and immunoprecipitation (iCLIP) followed by highthroughput sequencing to study proteinRNA interactions. We developed algorithms and the iCount pipeline for mapping iCLIP sequence reads to the human genome, qualitycontrol filtering, removal of PCR duplicates and quantification of binding using random barcodes, generation of crosslink maps, identification of significant clusters of crosslinks and analysis of enriched pentanucleotides. We then studied the positioning of hnRNP C particles and their role in alternative splicing.

	Objavljeno v	Nature Pub. Group; Nature structural & molecular biology; 2010; Vol. 17, no. 7; str. 909-916; Impact Factor: 13.685; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.337; A'': 1; A': 1; WoS: CQ, DA, DR; Avtorji / Authors: König Julian, Zarnack Kathi, Rot Gregor, Curk Tomaž, Kayikci Melis, Zupan Blaž, Turner Daniel J., Luscombe Nicholas M., Ule Jernej	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	7543636	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Učinkovita razlaga posameznih klasifikacij z uporabo teorije iger
		ANG	An efficient explanation of individual classifications using game theory
	Opis	SLO	Razvili smo splošno metodo za razlago posameznih klasifikacij, ki je neodvisna od modela klasifikatorja. Razlaga odkrije interakcije med atributi, ki jih dani model klasifikatorja upošteva pri svojih napovedih. Pokazali smo relacijo z teorijo iger, ki je omogočila učinkovito implementacijo razlage, ki dovolj zanesljivo preišče sicer eksponenten prostor v linearnem času.
		ANG	We developed a general method for explaining individual classifications that is independent of the classifier model. Explanation detects the interactions among attributes that are used by the model for predictions. We showed the relation with the game theory that enables the efficient implementation for explanation which reliably searches otherwise exponential space in a linear time.
	Objavljeno v	MIT Press; Journal of machine learning research; 2010; Vol. 11, no. [1]; str. 1-18; Impact Factor: 2.949; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.081; A'': 1; A': 1; WoS: AC, EP; Avtorji / Authors: Štrumbelj Erik, Kononenko Igor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	27888167	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Združevanje človeške analize in strojnega podatkovne rudarjenja za pridobivanje kredibilnih podatkov relacij
		ANG	Combining human analysis and machine data mining to obtain credible data relations
	Opis	SLO	Znano je da lahko klasifikacijska dreves pridobljena s strojnem učenjem vsebujejo relacije, ki so sicer statistično signifikantne, vendar v praksi za človeka nimajo pomena. Takšne relacije, lahko pri iskanju zakonitosti v podatkih (DM) privedejo do napačnih sklepov. Zato smo razvili interaktivno metodo HMDM, ki izloči problematične relacije iz zaključkov analize na podlagi DM. Metoda na specifičen način zgradi različne modele, tako da lahko človek analizira posamezne relacije v različnih kontekstih in ugotovi katerim relacijam je smiselno zaupati in katerim ne. Prispevek opisuje tudi uporabo metode v dveh kompleksnih domenah: vpliv visokega šolstva ter vpliv sektorja raziskav in razvoja na ekonomsko blaginjo države. Rezultati kažejo, da metoda najde pomembne relacije, ki so bolj točne in bolj smiselne kot relacije, ki jih pridobimo z običajnim DM.
		ANG	It is known that a decision-tree model can contain relations that are statistically significant, but, in reality, meaningless to a human. When the task is domain analysis, meaningless relations are problematic, since they can lead to wrong conclusions and can consequently undermine a human's trust in DM programs. To eliminate problematic relations from the conclusions of analysis, we propose an interactive method called Human-Machine Data Mining (HMDM). The method constructs multiple models in a specific way so that a human can reexamine the relations in different contexts and, based on observed evidence, conclude which relations and

		models are credible—that is, both meaningful and of high quality. Based on the extracted credible relations and models, the human can construct correct overall conclusions about the domain. The method is demonstrated in two complex domains, extracting credible relations and models that indicate the segments of the higher education sector and the research and development sector that influence the economic welfare of a country. An experimental evaluation shows that the method is capable of finding important relations and models that are better in both meaning and quality than those constructed solely by the DM programs.
Objavljeno v		North-Holland; Information sciences; 2014; Vol. 288; str. 254-278; Impact Factor: 3.893; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.394; A": 1; A': 1; WoS: ET; Avtorji / Authors: Vidulin Vedrana, Bohanec Marko, Gams Matjaž
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	10118740 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Orange: programsko okolje za odkrivanje zakonitosti iz podatkov v jeziku Python <i>ANG</i> Orange: data mining toolbox in Python
	Opis	<i>SLO</i> Laboratorij za bioinformatiko UL FRI je razvil odprtokodni sistem za podatkovno rudarjenje Orange (http://orange.biolab.si) [F.06]. Poleg razvoja glavnega dela Orange razvijamo tudi razširitve za bioinformatiko. Orange široko uporabljamo tako v praksi (biomedicina [G.08], v sodelovanju z industrijo (npr. AstraZeneca, Lek), pa tudi za poučevanje umetne inteligence in odločitvenih sistemov [G.01]. Spletna stran Oranga ima dnevno okrog 1.000 obiskov. V referenciranem članku poročamo o njegovem skriptnem delu, do katerega uporabniki lahko dostopajo preko vmesnika za programski jezik Python. <i>ANG</i> Bioinformatics Laboratory developed the open source data mining suit Orange (http://orange.biolab.si) [F.06]. We are also developing a set of extensions for bioinformatics. Orange is widely used in practical applications (biomedicine [G.08], consulting for industry [G.02.03]) and also for teaching artificial intelligence and decision support systems [G.01]. Orange web page has daily about 1,000 visitors. The referenced paper reports about its scripting part, which can be accessed through the interface for programming language Python.
	Šifra	F.07 Izboljšanje obstoječega izdelka
	Objavljeno v	MIT Press; Journal of machine learning research; 2013; Vol. 14; str. 2349-2353; Impact Factor: 2.853; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.609; A': 1; WoS: AC, EP; Avtorji / Authors: Demšar Janez, Curk Tomaž, Erjavec Aleš, Gorup Črtomir, Hočevar Tomaž, Milutinović Mitar, Možina Martin, Polajnar Matija, Toplak Marko, Starič Anže, Štajdohar Miha, Umek Lan, Žagar Lan, Žbontar Jure, Žitnik Marinka, Zupan Blaž
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	10767444 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> ParkinsonCheck – mobilna aplikacija za zgodnjo detekcijo znakov parkinsonskega tremorja <i>ANG</i> ParkinsonCheck – a mobile application for early detection of signs of

	ANG	Parkinsonian tremor
Opis	SLO	ParkinsonCheck je aplikacija za mobilne naprave za zgodnje odkrivanje indikacij Parkinsonove bolezni. Uporabnik na mobilni telefon nariše Arhimedovo spiralo, aplikacija pa s pomočjo vgrajenega ekspertnega sistema oceni morebitno prisotnost znakov parkinsonskega ali esencialnega tremorja. Aplikacija je bila razvita v sodelovanju med Laboratorijem za umetno inteligenco na ljubljanski Fakulteti za računalništvo in informatiko in Kliničnim oddelkom za bolezni živčevja pri Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana. ParkinsonCheck nameravamo razširiti za objektivno spremljanje bolnikov s Parkinsonovo boleznijo za namene avtomatskega opozarjanja zdravnikov na spremembe zdravstvenega stanja in s tem povezanega odmerka zdravila. ParkinsonCheck je prva tovrstna aplikacija v svetu in je brezplačno na voljo celotni populaciji v Sloveniji. Dostopna je na www.ParkinsonCheck.net .
	ANG	ParkinsonCheck is a smartphone application for early detection of Parkinsonian tremor (and related tremors such as essential tremor). The user draws Archimedean spirals of a smartphone's screen, and a builtin expert system appraises the spirals for signs of Parkinsonian and essential tremors. The application was developed as cooperation between Artificial Intelligence Laboratory at the Faculty of Computer and Information Science and Department of Neurology at the University Medical Centre Ljubljana. The application will be further developed to enable objective monitoring of patients with Parkinson's disease to automatically warn physicians about changes and related treatment dosage. ParkinsonCheck is the first such application worldwide and is freely available in Slovenia. It can be downloaded from www.ParkinsonCheck.net .
Šifra	F.08 Razvoj in izdelava prototipa	
Objavljeno v	IOS Press; ECAI 2014; Frontiers in artificial intelligence and applications; 2014; Str. 1213-1214; Avtorji / Authors: Sadikov Aleksander, Groznik Vida, Žabkar Jure, Možina Martin, Georgiev Dejan, Pirtošek Zvezdan, Bratko Ivan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3. COBISS ID	8352084	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	En dan v življenju robota Nao
	ANG	One day in the life of the Nao robot
Opis	SLO	Demonstracija robota, ki samostojno odkriva zakonitosti svojega okolja. Robot samostojno načrtuje in izvaja poskuse v svojem okolju in iz rezultatov meritev s programi strojnega učenja gradi teorijo svojega okolja. Ta demonstracija je bila nagrajena s prvo nagrado kot najboljši eksponat na razstavi FET 2009. O tem dosežku so poročali številni mediji po svetu, med njimi Financial Times in BBC2 TV, ki je tudi prikazal video posnetek dela demonstracije.
	ANG	Demonstration of a robot that autonomously discovers the laws of its environment. The robot autonomously plans and executes experiments in its environment, and builds a theory of its environment from measured data using machine learning programs. This demo was awarded first prize as the best exhibit in the exhibition FET 2009. Many media worldwide reported on this prize, including Financial Times and BBC2 TV which also showed part of the demo.
Šifra	E.02 Mednarodne nagrade	
	Embodied concept discovery through qualitative action models. World Scientific; International journal of uncertainty, fuzziness and	

	Objavljeno v	knowledge-based systems; 2011; Vol. 19, no. 3; str. 453-475; Impact Factor: 1.781; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.427; WoS: EP; Avtorji / Authors: Košmerlj Aljaž, Bratko Ivan, Žabkar Jure	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	27220775	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Interaktivni sistem vrat : patentna prijava
		ANG	Interactive door system
	Opis	SLO	To je mednarodna patentna vloga za sistem inteligentnega vratarja. Ta sistem temelji na krmilniku v vratih in tablici ali mobilnem telefonu v bližini. Skupaj opravljata vlogo človeškega vratarja: prepoznavata prebivalce pri vstopanju in izstopanju, prepoznavata obiskovalce, vdore, komunicirata v naravnem jeziku po spletu in mobilnih napravah, se zavedata prisotnih, posredujejo sporočila itd. Vloga patenta je bila oddana v sodelovanju s podjetjema Elgoline in Intechlesom. Poleg tega imajo člani programske skupine skupno 8 patentov oz. patentnih vlog, od tega dve mednarodni. Druga vloga za mednarodni patent je s podjetjem Špica.
		ANG	An international patent application for an interactive door system. The system is built on a door controller and a tablet or a smartphone. Together they perform duties of a human porter: recognizing residents when entering or leaving the building, recognizing visitors, detecting intrusions, communicating in natural language over the Web or mobile applications, message passing, etc. Patent application was submitted in collaborations with companies Elgoline and Intechles. Besides this patent, members of research programme hold 8 patents or patent applications, of them two international. The second international application was submitted in collaboration with the Špica company.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent	
	Objavljeno v	World Intellectual Property Organization, International Bureau; 2013; Avtorji / Authors: Moljk Aleš, Gornik Igor, Poje Janez, Virant Mitja, Gams Matjaž, Piltaver Rok, Marinčič Domen, Kompara Tomaž	
	Tipologija	2.23 Patentna prijava	
5.	COBISS ID	27095335	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zmaga na mednarodnem tekmovanju v prepoznavanju aktivnosti EvAAL (Evaluating AAL Systems through Competitive Benchmarking)
		ANG	Victory at the international EvAAL competition (Evaluating AAL Systems through Competitive Benchmarking)
	Opis	SLO	Dolgoročni cilj tekmovanja EvAAL je vrednotenje inteligentnih sistemov za pomoč starejšim pri vsakdanjem življenju. Naloga, ki je skupna mnogim takim sistemom, je prepoznavanje aktivnosti, zato je bila ena veja tekmovanja v letu 2013 namenjena temu. Tekmovanja smo se udeležili s sistemom RAREFall, ki uporablja dva pospeškomera na stegnu in prsni, všita v oblačila. Dosegli smo dobre rezultate po vseh kriterijih: natančnosti in hitrosti prepoznavanja, prijaznosti uporabniku, enostavnosti namestitve in združljivosti z drugimi sistemi, kar nam je prineslo zmago.
		ANG	The long term goal of the EvAAL competition is the evaluation of ambientassisted living (AAL) systems. A task common to many such systems is activity recognition, which is why one of the competition tracks in 2013 was dedicated to it. We entered the competition with the RAREFall system, which uses two accelerometers sewn into the clothing on the thigh and chest. We achieved high scores in all criteria: the

		accuracy and speed of recognition, user acceptance, installation complexity and interoperability with other AAL systems, resulting in our victory.
Šifra	E.02	Mednarodne nagrade
Objavljeno v	Springer; Evaluating AAL systems through competitive benchmarking; 2013; Str. 13-23; Avtorji / Authors: Kozina Simon, Gjoreski Hristijan, Gams Matjaž, Luštrek Mitja	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

Tu navajamo še nekaj dosežkov raznih vrst, ki jih zaradi omejitev prostora nismo mogli navesti v drugih točkah poročila.

1. Metodologija za povzemanje dokumentov. Razvili smo metodologijo za povzemanje množice dokumentov z uporabo analize arhetipov, ki smo jo nadgradili z vključitvijo uteži. Metodologija dosega vrhunske rezultate pri sumarizaciji v primerjavi z obstoječimi metodami.

2. Tricorder: medicinska naprava za odkrivanje pogostih zdravstvenih stanj. Odsek za inteligentne sisteme – Institut »Jožef Stefan« je del slovenske ekipe na tekmovanju XPrize Tricorder z nagradnim skladom 10 milijonov USD (<http://tricorder.xprize.org/teams/mesi-simplifying-diagnostics>). Naloga odseka je razviti metodo, ki bolniku zastavi čim manj vprašanj o njegovi bolezni in s tem vendarle doseže čim bolj natančno diagnozo (ki se sicer potem potrdi z namensko diagnostično napravo). Naša ekipa se je uvrstila med deset finalistov izmed prvotno preko 300 prijavljenih.

3. Nagrada Zlati znak J. Stefana dr. E. Štrumbelj. Spodnji članek opisuje splošno metodo za razlago tako klasifikacijskih kot regresijskih modelov, ki je neodvisna od uporabljenega predikcijskega modela, upošteva interakcije med atributi, ki se jih je model naučil, ter omogoča učinkovito implementacijo. Metoda je matematično dokazano ekvivalentna modelu Shapleyeve vrednosti iz teorije iger. Za razvoj te metode je dr. Erik Štrumbelj 25. marca 2015 prejel Zlati znak Jožefa Stefana za izjemen in odmeven znanstveni prispevek svojega doktorskega dela, ki ga je izdelal pod mentorstvom prof. Igorja Kononenka.

Članek: ŠTRUMBELJ, Erik, KONONENKO, Igor. Explaining prediction models and individual predictions with feature contributions. Knowledge and information systems, 2014, vol. 41, no. 3, str. 647-665. [COBISS.SI-ID 10165332],

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine³

9.1. Pomen za razvoj znanosti³

SLO

Raziskovalni program Umetna inteligenca in inteligentni sistemi prispeva k več področjem umetne inteligence: strojno učenje in odkrivanje znanja v podatkih, kvalitativno modeliranje, hevristično preiskovanje, evolucijsko računanje ter inteligentni poučevalni sistemi. Prispevki so raznih vrst: teoretični rezultati, metode in tehnike za reševanje odprtih problemov na teh področjih umetne inteligence, prosto dostopne implementacije razvitih metod ter aplikacije na izbranih področjih uporabe. Nekatere metode in tehnike so splošno zanimive tudi za znanost izven umetne inteligence. Te vsebujejo metode strojnega učenja in podatkovnega rudarjenja, ki so postale zelo pomemben del infrastrukture za raziskave v drugih znanostih, kot so biologija, genetika, medicina itd.

Rezultati tega programa, ki so zanimivi v tem bolj splošnem smislu, vključujejo: popularni

sistem Orange za strojno učenje in analizo podatkov, ki se znotraj tega programa stalno izpopolnjuje; tehnike za fuzijo podatkov iz raznih virov z matrično faktorizacijo; metode za razlago klasifikacij, dobljenih iz induciranih klasifikatorjev; argumentirano strojno učenje (Argument-based machine learning, ABML), ki omogoča, da v standardnih pristopih strojnega učenja uporabimo že obstoječe znanje, ki ga poda ekspert v obliki argumentov o konkretnih učnih primerih; ABML-zanka za zajemanje znanja. Delo na kvalitativnem modeliranju omogoča netradicionalen način modeliranja v znanosti in tehniki. To je modeliranje brez števil, vendar s kvalitativnimi relacijami namesto tega. Pogosto so o problemski domeni znane le take, kvalitativne relacije. Pristop, imenovan Padé, k strojnemu učenju omogoča avtomatsko generiranje kvalitativnih modelov iz podatkov.

Med konkretnimi pomembnimi raziskovalnimi rezultati tega programa so:

- Metoda za zlivanje podatkov s simultano tri-faktorizacijo z omejitvami, ki je dala odlične rezultate v poskusih v genetskih domenah
- Empirična demonstracija, da so razlage na temelju atributnih interakcij pravilne in intuitivne za poljuben model učenja; nova, boljša mera uspešnosti klasifikatorjev
- Metoda argumentiranega strojnega učenja (Argument Based Machine Learning, ABML), postopki zajemanja znanja z metodo imenovano "ABML loop"
- Metoda za odkrivanje abstraktnih pojmov s poskusi v robotskih domenah
- Pristopi k učenju iz senzorskih meritev v robotiki
- Nova metoda kvalitativnega učenja Padé in eksperimentalna uporaba te metode na realnih problemih, kot so bakterijske okužbe, robotsko učenje, analiza vetrovnega šuma v avtomobilih
- Pristop k programiranju robotov s kvalitativnim planiranjem
- Raziskava dejavnikov, ki vplivajo na možnost patologije hevrističnega preiskovanja, ko bolj temeljito preiskovanje, ki zahteva več napora, paradoksalno vodi do slabših rezultatov
- Pohitritev evolucijskega algoritma za več kriterijsko optimizacijo DEMO z vzporedno implementacijo in vključevanjem nadomestnih modelov prostora iskanja
- Nov pristop, ki za dani problem kombinatoričnega preiskovanja avtomatsko poišče vzorce, podcilje ali faze reševanja. Ti človeku omogočijo obvladovanje sicer neobvladljivega prostora.

Nekateri znanstveni rezultati tega programa so temeljnega značaja: uvedba raziskav za to, kako bi lahko težavnost problemov za človeka ocenjevali avtomatsko; avtomatsko odkrivanje abstraktnih pojmov iz podatkov, to je pojmov, ki se v zajetih podatkih nikoli ne pojavijo eksplicitno.

ANG

The research program Artificial Intelligence and Intelligent Systems contributes to a number of areas of Artificial Intelligence: machine learning and knowledge discovery in data, qualitative modelling, heuristic search, evolutionary computation, and intelligent tutoring systems. Contributions are of various types: theoretical results, methods and techniques for solving open problems in these areas, freely available implementations of developed methods, and applications in chosen application areas. Several methods and techniques are also of general interest to science outside Artificial Intelligence. These include methods for machine learning and knowledge discovery in data which have become very important part of infrastructure for research in other areas of science like biology, genetics, medicine etc.

Results of this program that are of interest from this more general point of view include the following: the popular Orange system for machine learning and data analysis that is continuously being upgraded within this program; data fusion techniques from various data sources with matrix factorization; methods for explanation of classifications produced by induced classifiers, Argument-based machine learning (ABML) that enables standard machine learning approaches to take into account existing knowledge in the form of expert-provided arguments about concrete learning examples; ABML knowledge acquisition loop. The work in qualitative modelling enables a non-traditional way of modelling in science and engineering, that is modelling without numbers, but with qualitative relations instead. Often, only such qualitative relations are known in the problem domain. An approach called Padé to learning qualitative models was developed in this program that enables automatic acquisition of qualitative models from data.

Concrete important results of this program include:

- A method for data fusion with simultaneous matrix tri-factorisation that produced excellent results in genetic applications
- Empirical demonstration that explanations based on attribute interactions are correct and intuitive for any model of learning; a new, better measure of success of classification was introduced
- Argument-based machine learning (ABML) and a knowledge acquisition procedure "ABML loop"
- A new approach to discovery of abstract concepts in robotic domains
- Approaches to robot learning from sensory data
- Padé, a new method for qualitative learning based on computing qualitative partial derivatives from numerical data; experimental applications of Padé to real problems like: bacterial infections, robot learning, analysis of wind noise in cars
- An approach to robot programming with qualitative planning
- Analysis of factors that effect chances of pathology in heuristic search when paradoxically more thorough search that requires more work produces worse results
- The speeding up of evolutionary algorithm for multi criteria optimisation DEMO by a parallel implementation and use of substitute models of search space
- A new approach that automatically finds patterns, sub-goals and stages of search for a given combinatorial problems; this enables a human to deal with otherwise non-tractable search spaces

Some scientific results of this program are of foundational character: the introduction of research into the understanding of how the difficulty of problems for humans can be automatically assessed; automatic discovery of abstract concepts from data, that is concepts that have never been explicitly observed in measured data.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Za razvoj Slovenije je ta raziskovalni program posebej pomemben zaradi mnogih aplikativno usmerjenih raziskav, prenašanja raziskovalnih dosežkov v prakso na mnogih področjih uporabe. Pa tudi za zagotavljanje kvalitetnega visokošolskega izobraževanja iz umetne inteligence, vključno z doktorati znanosti.

Sodelujoči raziskovalci na tem programu izvajajo mnoge aplikacije v sodelovanju uporabniki na raznih, zelo raznolikih področjih uporabe, kot so: medicina, bioinformatika, vodenje procesov v industriji, ambientalna inteligenca, robotika, ekologija, podpora zagotavljanju kulturne dediščine, računalniško procesiranje slovenskega jezika. Med take primere sodijo konkretne izvedene aplikacije metod umetne inteligence v preučevanju in odkrivanju biomarkerjev v raznih boleznih raka (npr. pljučni rak), diagnostika tremorjev v nevrologiji, diagnostika srčnih bolezni, inteligentne stavbe (npr. vodenje stavb z optimizacijo energije in udobnosti bivanja, zagotavljanje kvalitetnih življenjskih pogojev za starejše), optimizacija procesov ulivanja, valjanja in toplotne obdelave vrhunskih jekel, vodenje in optimizacija skladišč, sistemi za individualno priporočanje filmov, sinteza in analiza slovenskega govora ter računalniško razumevanje slovenskih besedil, podpora ohranjanju kulturne dediščine (npr. ponovno sestavljanje množice fragmentov starih poslikav najdenih na zgodovinskih najdiščih). Stalno se odpirajo tudi številne druge vse bolj aktualne aplikativne možnosti, npr. razvoj inteligentnih robotskih aplikacij v nestrukturiranem okolju – npr. avtomatizirano programiranje robotov v spremenljivem okolju, zahtevni inteligentni poučevalni sistemi, kot je npr. avtomatski instruktor programiranja.

Kot primer presenetljive raznolikosti uporabe umetne inteligence omenimo podrobneje tekočo aplikacijo strojnega učenja, ki omogoča odkrivanje prostorsko-časovnih zakonitosti skozi daljša časovna obdobja na podlagi bodisi izmerjenih podatkov, bodisi rezultatov numeričnih modelov. To mogoča dolgoročno validacijo numeričnih modelov (ki sicer omogočajo le kratkoročne napovedi), kot tudi odkrivanje novih zakonitosti naravnih procesov, med drugim gibanja vodnih mas v Jadranskem morju. Načrtovane aplikacije v sodelovanju z Morsko biološko postajo Piran vključujejo napovedovanje razvoja in gibanja meduz, kar vpliva tudi na ribolov in turizem v

severnem Jadranskem morju.

ANG

This research program is particularly important for the development of Slovenia because of its application oriented research and transfer of scientific achievements to practice in many application areas. Also, the program ensures the basis for good quality education in artificial intelligence at the university study level, including doctoral study.

Many researchers participating in this program carry out applications in collaboration with users in many, very diverse areas of applications like: medicine, bioinformatics, industrial process control, ambient intelligence, robotics, ecology, support for cultural heritage, computer processing of Slovene language. Examples include concrete realised applications of AI methods in the study and discovery of biomarkers in cancer diseases (lung cancer for example), diagnosis of tremors in neurology, diagnosis of heart disorders, intelligent buildings (for example, building management with optimisation with respect to energy consumption and comfort, ensuring good quality living conditions for the elderly), optimisation of manufacturing processes in high quality steel production, control and optimisation of warehouses, systems for recommendation of films, synthesis and analysis of Slovene speech and computer understanding of Slovene text, support to preserving cultural heritage (for example reassembly of large sets of fragments of old paintings found at historical exploration sites). There are continuously appearing new potential application possibilities, such as development of robotic applications in unstructured environments – automated programming of robots in changing environment, demanding intelligent tutoring systems, such as intelligent programming tutor, etc.

As an example of surprising diversity of AI applications we here mention in more detail a current application of machine learning that enables automatic discovery of long term spatial and temporal regularities from data, either measured data or data produced through simulation models. This enables long term validation of numerical models (that otherwise typically suffice for short term predictions only), as well as the discovery of yet unknown laws in processes in nature, such as the movement of water masses in the Adriatic Sea. Currently planned applications, in collaboration with the Piran biological station, include the prediction of emergence and movement of jellyfish which affects the fishing and tourism in the Northern Adriatic Sea.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	100
bolonjski program - II. stopnja	10
univerzitetni (stari) program	113

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
29021	Martin Možina	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29020	Jure Žabkar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28365	Matej Guid	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22278	Janez Brank	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30916	Tadej Janež	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31885	Aljaž Košmerlj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

30921	Lan Žagar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24287	Andrej Bratko	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25792	Minca Mramor	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29630	Miha Štajdohar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32592	Rok Kršmanc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26454	Matjaž Depolli	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31049	Erik Dovgan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Ercan Canhasi	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29485	Jana Faganeli Pucer	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23555	Jernej Vičič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29486	Erik Štrumbelj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20320	Boris Petelin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32041	Darko Pevec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Marko Pregelj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
23953	Marko Poženeš	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
34662	Vedrana Vidulin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30875	Boštjan Kaluža	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36153	Violeta Mirchevska	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30603	Bogdan Pogorelc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15745	Robert Blatnik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
11547	BERNARDA HROVAT	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
31563	Petar Vračar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28893	Sergeja Vogrinčič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Gjoreski Hristijan	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
24894	Tea Tušar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
35169	Erik Čuk	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28519	Lan Umek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
31885	Aljaž Košmerlj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
30916	Tadej Janež	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
22278	Janez Brank	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
28365	Matej Guid	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
30921	Lan Žagar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
24287	Andrej Bratko	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	

28519	Lan Umek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
25792	Minca Mramor	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	B - Družbene dejavnosti
29630	Miha Štajdohar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
32592	Rok Kršmanc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
26454	Matjaž Depolli	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
29485	Jana Faganeli Pucer	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod
29486	Erik Štrumbelj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
32041	Darko Pevec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
30875	Boštjan Kaluža	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
36153	Violeta Mirchevska	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
30603	Bogdan Pogorelc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
35169	Erik Čuk	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev
36139	Adviti Naik	C - študent - doktorand	12
0	Ercan Canhasi	C - študent - doktorand	36
34606	Domen Košir	A - raziskovalec/strokovnjak	20
0	Timothy Wiley	C - študent - doktorand	1
0	Dayana Hristova	C - študent - doktorand	15
0	Sanja Brdar	C - študent - doktorand	12
0	Francesca Mulas	C - študent - doktorand	2
0	Balaji Srinivasan Santhar	C - študent - doktorand	1
0	Elisa Del Fabbro	C - študent - doktorand	6
0	Riccardo Beretta	C - študent - doktorand	4
0	Dmitry Gimon	D - podoktorand	2
0	Borut Grošičičar	A - raziskovalec/strokovnjak	12
0	Hristijan Gjoreski	C - študent - doktorand	2
32748	Damjan Kužnar	A - raziskovalec/strokovnjak	6
32318	Aleš Tavčar	A - raziskovalec/strokovnjak	6

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent – doktorand iz tujine
- D** - poddoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

AΞΛΕ – Αδωανχεδ Αναλψτιχσ φορ Εξτρεμελψ Λαργε Ευροπεαν Δαταβασεσ, ΕΥ προφεκτ (318633), 2012 2015, θανεζ Δεμαρ

ΧΑΡΕ–ΜΙ – Χαρδιο ρεπαρ Ευροπεαν μλτιδισχιλιναρψ ινιτιατιπε, ΕΥ προφεκτ (242038), 2010–2015, Βλα Ζυπαν

ΧΛΠΠ – Μαππινγ φυνητιοναλ προτειν–ΡΝΑ ιντεραχτιονσ το ιδεντιψ νεω ταργετσ φορ ολιγονυχλεσιδε–βασεδ τηεραπψ, ΕΥ προφεκτ (206726), 2010–2013, Βλα Ζυπαν

Φιγητινγ Δρυγ Φαιλυρε – Πριοριτιεσ ανδ στανδαρδσ ιν πηαρμαχογενομιχ ρεσεαρχη: Οππορτυνιτεσ φορ α σαφερ ανδ μορε εφφιχιεντ πηαρμαχοτηεραπψ, ΕΥ προφεκτ (ΠΠΤΝ–ΓΑ–2009–238132), 2010–2013, Βλα Ζυπαν

Πλατφορμα ΑγροΙΤ ζα υχινκοπιτεφε κμετιφστπο π ΕΥ, ΕΥ προφεκτ(ΧΙΠ–ΙΧΤ–ΠΣΠ–2013–7), Γραντ αγρεεμεντ νο: 621031, 2014–2016, Ζοραν Βοσνιχ ανδ Ιγορ Κονονενκο

Ε–ΜΕΔΙΑ: Λαργε Σχαλε Κνωωλεδγε Σηαρινγ ανδ Ρευσε Αχροσσ Μεδια, Εωροπски προφεκτ ιζ οκπιρνεγα προγραμα Εωροπσκε κομισιφε, ΦΠ6–26978, 2006–2010, Ιπαν Βρατκο

ΕΠΕΡΟ: Λεαρνινγ βψ Εξπεριμεντατιον, Εωροπски προφεκτ ιζ οκπιρνεγα προγραμα Εωροπσκε κομισιφε, ΙΣΤ–29427, 2006–2010, Ιπαν Βρατκο

ΑΧΧΥΣ– Σμαρτ χιτιεσ – Αδαπτιπε Χοοπερατιπε Χοντρολ ιν Υρβαν (συβ)Σψτεμσ, Προφεκτ ΕΥ/Αρτεμισ, ΠΡ–05349, 2013 2016, Ματφα Γαμσ

ΧΟΝΦΙΔΕΝΧΕ; Υβιθιουτσ Χαρε Σψστεμ το Συππορτ Ινδεπενδεντ Λιπινγ , Προφεκτ ΕΥ/ΟΠ ΠΡ–01622, 2008 2011, Ματφα Γαμσ

ΕΥΣΑΣ; Ευροπεαν Υρβαν Σιμουλατιον φορ Ασψμμετριχ Σχεναριουσ, Προφεκτ ΕΥ, ΠΡ–02778, 2010 2013, Ματφα Γαμσ

ΧΟγνιτιπε & Περχεπιτιπε ΧΑΜεραΣ: ΧΟΠΧΑΜΣ, Προφεκτ ΕΥ/Αρτεμισ, ΠΡ–05351, 2013 2016, Βογδαν Φιλιπιχ

ΜΙΡΑΧΛΕ, ΜΙΡΑΒΕΛ; Μιχρο–Ρεθυεστ–Βασεδ Αγγρεγατιον, Φορεχαστινγ ανδ Σχηεδυλινγ οφ Ενεργψ Δεμανδ, Συππλψ ανδ Διστριβυτιον, Προφεκτ ΕΥ, ΠΡ–03025, 2010 2013, Βογδαν Φιλιπιχ

COMMODITY12, COntinuous Multi-parametric and Multi-layered analysis Of Diabetes TYpe 1&2, Ευροπски προεκτ ιζ οκβιρνεγα προγραμα Ευροπσκε κομισιφε, 20112014, Mitja Luštrek

Fit4Work, Self-management of physical and mental fitness of older workers, Ευροπски προεκτ v οκβιρνεγα Ambient Assisted Living Joint Programme call 6, 2014-2017, Mitja Luštrek

IN LIFE, INdependent Living support Functions for the Elderly, Evropski Horizon 2020 projekt, 2015 - 2018, Matjaž Gams

ξεγκριτεριφσκα οπτιμιζαχιφα τεηνολοκιη προχεσσω, Σλοπενσκο-φινσκι προφεκτ BI-ΦI/09-007 (Μυλτιοβφεχιτπε Οπτιμιζατιον οφ Τεχηνολογιχαλ Προχεσσεσ), 2009-2010 (Βογδαν Φιλιπιχ)

ξεγκριτεριφσκα οπτιμιζαχιφα ζ ομεφιτταμι να οσνοπι σιμυλαχιφσκιη μοδελοσ (Χονστραινεδ Μυλτιοβφεχιτπε Οπτιμιζατιον Βασεδ ον Σιμυλατιον Μοδελοσ), Σλοπενσκο-φινσκι προφεκτ BI-ΦI/11-12-018 2011-2012 (Βογδαν Φιλιπιχ)

ΧΟγνιτιπε & Περχεπτιπε ΧΑΜεραΣ: ΧΟΠΧΑΜΣ, Προφεχτ ΕΥ/Αρτεμισ, ΠΡ-05351, 2013 2016, Βογδαν Φιλιπιχ

Ραζωοφ νοπιη μοδελοσ π ε-ιζοβραεπανφυ ζα υχενφε σκοζι ιγρο ζ υποραβο μοβιλνιη τεηνολογιφ, Βιλατεραλνι προφεκτ (BI-ME/14-15-009), 2014-2015 (Ζοραν Βοσνιχ)

Ραχυναλνικο μοδελιρανφε π βιοιμφορματικι ζα γενσκο κλασιφικαχιφο ρακα σ πουδαρκομ να ζανεσλφιωσσι ιν στροφνεμ υχενφυ, Βιλατεραλνι προφεκτ (BI-BA/14-15-008), 2014-2015 (Ιγορ Κονονενκο)

Ιντεγραχιφα οδκριπανφα ζακονιτοσσι π ποδατικη ιν πισοκο ζμογλιφιπεγα ραχυναλνικεγα μοδελιρανφα σρχνο-ιλνιη βολεζνι. Βιλατεραλνι προφεκτ (BI-SP/10-11-020), 2010-2011

Φιγητ αγαινιστ οργανισεδ χριμε ανδ χορρυπτιον: Στρενγητηνιγ τηε Προσεχυτορσά Νετωορκ, Ρεγιοναλνι προγραμ ΙΠΑ (Χρνα γορα), 2012-2014 (Τομα εφ)

Στροφνο υχενφε ιζ νευραπνοτεενιη ποδατκοσ. Βιλατεραλνι προφεκτ (BI-XZ/10-11-008), 2010-2011

Ναποπεδοσανφε ποραβε ελεκτριχνε ενεργιφε, ποδπρτο ζ ραζλαγο ιν οχενο ζανεσλφιωσσι ναποπεδι. Βιλατεραλνι προφεκτ (BI-PT/10-11-007), 2010-2011

Χψηλιχ ανδ Περσον-Χεντριχ Ηεαλτη Μαναγεμεντ: Ιντεγρατεδ Αππροαχη φορ Ηομε, Μοβιλε ανδ Χλινιχαλ Ενπιρονμεντσ: ΧΗΙΡΟΝ, Προφεχτ ΕΥ/Αρτεμισ, ΠΡ-03610, 2010 2013 (Μιτφα Λυτρεκ)

ΑΧΧΥΣ: Αδαπτιπε Χοοπερατιπε Χοντρολ ιν Υρβαν (συβ)Σψτεμσ, μεδναροδνι προφεκτ Αρτεμισ, 2013 2016 (Ματφα Γαμσ)

OPUS, Optimizacija upravljanja energetske učinkovitih pametnih stavb, Projekt SLO/EU skladi, PR-04862, 2013 - 2014 (Tomaž Šef)

Metis, E-storitev za zgodnje zaznavanje učnih težav , Projekt SLO/EU skladi, PR-06128, 2014 - 2015 (Erik Dovgan)

DysLex, Univerzalni govorni e-bralnik za slovenski jezik kot osebni učni pripomoček za ljudi z disleksijo, PR-06116, Projekt SLO/EU skladi, 2014 - 2015 (Tomaž Šef)

eGibalec, Mobilna aplikacija za spremljanje in spodbujanje gibanja šolarjev za učinkovito šport vzgojo, Projekt SLO/EU skladi, PR-06135, 2014-2015 (Mitja Luštrek)

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

ParkinsCheck - Pravočasno odkrivanje in spremljanje Parkinsonove bolezni, Projekt SLO/EU strukturnih skladov, 3330-12-501039, 2012-2013 (Aleksander Sadikov)

Intelligentni e-vratar, Projekt SLO/EU skladi, PR-04275, 2011 – 2014 (Matjaž Gams)

Inteligentni informacijski sistem laboratorijev v zdravstvu: I-LAB, Projekt SLO, PR-02857, 2009 – 2010 (Mitja Luštrek)

Raziskave inteligentnega doma, Projekt SLO, PR-00700, 2007 – 2009 (Matjaž Gams)

Razpoznavanje (verifikacija) govora, Projekt SLO, PR-00702, 2007 – 2009 (Tomaž Šef)

eGovorec: E-bralnik slovenskih besedil za pomoč slepim in slabovidnim, Projekt SLO/EU skladi, PR-04736, 2012 – 2013 (Tomaž Šef)

Asistent: Virtualni asistent za občane in starejše, Projekt SLO/EU skladi, PR-04737, 2012 – 2013 (Matjaž Gams)

e-Pedius: Podpora množičnemu sestavljanju fragmentov stenskih poslikav, Projekt SLO/EU skladi, PR-04739, 2012 – 2013 (Bogdan Filipič)

Univerzalni vmesnik inteligentnega doma: UVID, Projekt SLO, PR-02858, 2009 – 2010 (Matjaž Gams)

Simulacija in optimizacija procesov ulivanja, valjanja in toplotne obdelave za konkurenčno proizvodnjo vrhunskih jekel, Projekt SLO/trg, L2-3651, 2011 – 2014 (Bogdan Filipič)

e-Turist: Elektronski turistični mobilni vodnik, Projekt SLO/EU skladi, PR-04735, 2012 – 2013 (Mitja Luštrek)

Napredno modeliranje in simulacija kapljevito-trdnih procesov, Projekt SLO/trg, J2-4120, 2011 – 2014 (Bogdan Filipič)

OPUS, Optimizacija upravljanja energetske učinkovitih pametnih stavb, Projekt SLO/EU skladi, PR-04862, 2013 – 2014 (Tomaž Šef)

Metis, E-storitev za zgodnje zaznavanje učnih težav, Projekt SLO/EU skladi, PR-06128, 2014 – 2015 (Erik Dovgan)

DysLex, Univerzalni govorni e-bralnik za slovenski jezik kot osebni učni pripomoček za ljudi z disleksijo, PR-06116, Projekt SLO/EU skladi, 2014 – 2015 (Tomaž Šef)

eGibalec, Mobilna aplikacija za spremljanje in spodbujanje gibanja šolarjev za učinkovito šport vzgojo, Projekt SLO/EU skladi, PR-06135, 2014-2015 (Mitja Luštrek)

Code Q: Teaching computer programming with automatically generated hints. Applied research project, European Structural Funds and Slovenian Ministry of education, science and sports, 2014 -15 (Aleksander Sadikov, Ivan Bratko).

Development and maintenance of recommendation systems for Guru Cue services for personalised SiOL TV. Gure Cue, 2014-15, (Aleksander Sadikov).

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹²

SLO

Razvoj na področju sinteze slovenskega govora je prišel tako daleč, da smo sposobni izdelati kvaliteten splošno namenski sintetizator slovenskega govora.

Na področju optimizacije upravljanja energetske učinkovitih pametnih stavb smo sposobni izdelati celovit sistem za upravljanje zgradb.

Orange, programsko okolje za odkrivanje znanj iz podatkov je že pred časom dosegel tehnološko zrelost in ima kot prosto dostopno programsko okolje tisoče uporabnikov po vsem svetu. Sistem se v okviru program vzdržuje in dopolnjuje.

Mobilna aplikacija ParkinsonCheck je prosto dostopna za eksperimentalno uporabo. Za večjo zanesljivost diagnoz je treba izboljšati naučeni odločitveni modul z novimi učnimi primeri.

Ocenjevanje zanesljivosti posameznih klasifikacij: že implementirano v nekaterih sistemih za analizo podatkov in se uporablja v praksi

Razlaga posameznih napovedi: v fazi implementacije v nekatere sisteme za analizo podatkov, prototipi so se že uporabili v praksi

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	100.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	Prostor; oprema predstavlja manjši del vrednosti infrastrukture

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹**17.1. Izjemni znanstveni dosežek**

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

zastopnik oz. pooblaščen oseba matične RO (JRO in/ali RO s koncesijo):

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko

Ivan Bratko

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

16.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/150

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan

v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b
45-24-67-0C-64-BF-2D-7F-EE-6C-79-DB-EB-D1-C1-AC-18-DE-DE-B4