

Edícia výskumných textov
Informatiky a informačných technológií

Umelá inteligencia a kognitívna veda I

Vydané s podporou firmy Gratex International, a.s.

Táto publikácia vznikla za podpory grantovej agentúry VEGA SR v rámci grantových úloh VG1/4053/07 a VG1/0804/08

Vladimír Kvasnička
Jiří Pospíchal
Štefan Kozák
Pavol Návrat
Pavel Paroulek
(editori)

Umelá inteligencia a kognitívna veda I

Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2009

Redakčná rada série *Umelá inteligencia a kognitívna veda*

prof. RNDr. Jozef Kelemen, DrSc.
prof. Ing. Štefan Kozák, CSc.
prof. Ing. Vladimír Kvasnička, DrSc. (predseda)
prof. Ing. Pavol Návrat, CSc.
prof. RNDr. Jiří Pospíchal, DrSc.
prof. Ing. Peter Sinčák, DrSc.

PUBLIKÁCIU PODPORILO ZDRUŽENIE

GRATEX IT INŠTITÚT

v rámci fondu GraFIIT

www.gratex.com

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu nesmie byť použitá na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľstva.

Príspevky boli recenzované redakčnou radou edície *Umelá inteligencia a kognitívna veda*.

Schválilo vedenie Fakulty informatiky a informačných technológií STU
v Bratislave dňa 16.12.2008, uznesenie č. 2008.37.1

© RNDr. Libor Běhounek, Ing. Michal Čerňanský, PhD., Ing. Peter Kostelník, PhD.,
prof. Ing. Štefan Kozák, CSc., Mgr. Peter Krčah, prof. Ing. Vladimír Kvasnička, DrSc.,
doc. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, PhD., doc. Ing. Pavel Nahodil, CSc.,
prof. Mgr. Martin Pelikán, PhD., prof. RNDr. Jiří Pospíchal, DrSc., doc. PhDr. Karel
Pstružina, CSc., RNDr. Martin Takáč, PhD., Ing. Miloš Železný, PhD.

ISBN XXX-XX-XXX-XXXX-X

AUTORSKÝ KOLEKTÍV KNIHY

RNDr. Libor Běhounek

E-mail: behounek@cs.cas.cz

Ing. Michal Čerňanský, PhD.

E-mail: cernansky@fiit.stuba.sk

Ing. Peter Kostelník, PhD.

E-mail: peter.kostelnik@gmail.com

prof. Ing. Štefan Kozák, CSc.

E-mail: kozak@fiit.stuba.sk

Mgr. Peter Krčah

E-mail: peter.krcah@ruk.cuni.cz

prof. Ing. Vladimír Kvasnička, DrSc.

E-mail: kvasnicka@fiit.stuba.sk

doc. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, PhD.

E-mail: Petr.Marsalek@lf1.cuni.cz

doc. Ing. Pavel Nahodil, CSc.

E-mail: nahodil@fel.cvut.cz

prof. Mgr. Martin Pelikán, PhD.

E-mail: pelikan@cs.umsl.edu

prof. RNDr. Jiří Pospíchal, DrSc.

E-mail: pospichal@fiit.stuba.sk

doc. PhDr. Karel Pstružina, CSc.

E-mail: Pstruzin@vse.cz

Ústav informatiky Akademie věd České republiky, v.v.i., Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8, Česká republika.

Ústav aplikovanej informatiky, Fakulta informatiky a informačných technológií, Slovenská technická univerzita, Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava 4

NESS KDC, s.r.o, Puškinova 3, 040 01 Košice

Ústav aplikovanej informatiky, Fakulta informatiky a informačných technológií, Slovenská technická univerzita, Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava 4

Ústav výpočetní techniky, Univerzita Karlova v Praze, Ovocný Trh 5, 116 36 Praha 1, Česká republika

Ústav aplikovanej informatiky, Fakulta informatiky a informačných technológií, Slovenská technická univerzita, Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava 4

Ústav patologické fyziologie 1. lékařské fakulty UK, U nemocnice 5, CZ-128 53, Praha 2

Katedra kybernetiky – CAK (Centrum aplikované kybernetiky), Elektrotechnická fakulta ČVUT v Praze, Karlovo nám. 13, 122 35 Praha 2

Department of Mathematics and Computer Science, 320 CCB, University of Missouri in St. Louis, St. Louis, MO 63121, USA,

Ústav aplikovanej informatiky, Fakulta informatiky a informačných technológií, Slovenská technická univerzita, Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava 4

Katedra filosofie, Národohospodářská fakulta, Vysoká škola ekonomická v Praze, W. Churchilla 4, 130 00 Praha 3

RNDr. Martin Takáč, PhD.

E-mail: takac@ii.fmph.uniba.sk

Ing. Miloš Železný, PhD.

E-mail: zelezny@kky.zcu.cz

Katedra aplikovanej informatiky, Fakulta
matematiky, fyziky a informatiky,
Univerzita Komenského, Mlynská
dolina, 848 48 Bratislava

Katedra kybernetiky, Fakulta
aplikovaných věd, Západočeská
univerzita v Plzni,
Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

Predhovor

Umelá inteligencia a kognitívna veda (UIaKV) spolu, ktoré tvoria úzko previazaný komplex vied zaoberajúcich sa riešením zložitých problémov ľudskej mysle, zaznamenali v priebehu ostatných 10 – 20 rokov mimoriadne prudký rozvoj tak v teoretickej, ako aj v aplikačnej oblasti. Aplikácia metód a algoritmov umelej inteligencie a kognitívnej vedy pri riešení zložitých problémov rozhodovania a riadenia tak v technických, ako aj v netechnických vedách zaznamenala nebyvalý rozvoj hlavne vďaka vzniku metód výpočtovej inteligencie (fuzzy množín, umelých neurónových sietí a evolučných algoritmov). Metódy umelej inteligencie využívajú rôzne metafory a paradigmy z kognitívnej vedy (a neurovedy) na návrh moderných systémov riadenia za vzniku novej oblasti riadenia nazývanej „kognitívne riadenie“ a ktoré je založené na symbolickom prístupe k formulácii základných teoretických prístupov tak v umelej inteligencii, ako aj v kognitívnej vedy.

Ďalším trendom v oblasti využívania UIaKV sú tzv. vnorené softwarové a hardwarové systémy, ktoré sú reprezentované všadeprítomnými zabudovanými počítačovými systémami, ktoré tvoria súčasť moderných výrobkov, zariadení a procesov. Návrh inteligentných vnorených systémov s využitím metód UIaKV sa dnes nezaobíde bez využitia kombinovaných metodík, ktorý poskytuje kognitívna veda, ktorá skúma a modeluje princípy organizácie a fungovania tak prirodzených ako aj umelých inteligentných systémov. Pretože predmetom štúdia kognitívnej vedy sú fenomény súvisiace s myslením, mnohé inteligentné algoritmy modelovania obsiahnuté vo vnorených systémoch obsahujú ako svoju integrálnu súčasť rôzne kombinácie formálnych techník s metódami logiky, psychológie a neurovedy. Týmto prienikom poznatkov kognitívnej vedy do problematiky rozhodovania a riadenia vnorených systémov sa získajú nové a lepšie vlastnosti výrobkov a zariadení.

Komunita pracovníkov z oblasti umelej inteligencie a kognitívnej vedy (a taktiež aj z pridružených humanitných a behaviorálnych disciplín) je združená na Slovensku a v Česku okolo konferencie *Kognícia a umelý život*. Táto konferencia sa každoročne koná striedavo na Slovensku a v Česku a bude mať v budúcom r. 2010 svoje desiate výročie. Príspevky prezentované na tejto konferencii odrážajú súčasný stav oboch vedných disciplín u nás, ktoré sa búrlivo rozvíjajú a majú silne interdisciplinárny ba až transdisciplinárny charakter, integrujú pracovníkov z rôznych oblastí filozofie, biológie, chémie a informatiky. Na minuloročnej konferencii *Kognícia a umelý život VIII* konanej na Vysoké škole ekonomickej v Prahe vznikla myšlienka pravidelne vydávať edíciu *Umelá inteligencia a kognitívna veda* s pomocou komunity odborníkov pridruženej k tejto konferencii. Zámer tejto edície je, že jednotlivé publikácie – knihy budú obsahovať vybrané partie umelej inteligencie a kognitívnej vedy na úrovni bakalárskeho štúdia.. Zmienená interdisciplinarita a transdisciplinarita sa odráža aj v predkladanej knihe *Umelá inteligencia a kognitívna*

veda I, a je dokladom toho, že vedné odbory umelej inteligencie a kognitívnej vedy našli pevné zakotvenie tak vo filozoficky a spoločensko-vedne, ako aj prírodovedne a informaticky orientovanej komunite pracovníkov v oblastiach filozofie mysle, umelej inteligencie, kognitívnej vedy a umelého života.

Ďakujeme všetkým autorom, ktorí prispeli svojimi príspevkami do tejto knihy, Ing. Jánovi Cigánkovi za pomoc pri formátovaní textu tejto knihy, spoločnosti Gratex International, a.s., reprezentovanej Ing. Ivanom Poláškom, PhD., za finančnú podporu vydania tejto knihy. Na záver ďakujeme vedeniu Fakulty informatiky a informačných technológií STU v Bratislave, menovite dekanovi fakulty prof. RNDr. Ľudovítovi Molnárovi, DrSc., za zaradenie tejto knihy do fakultného edičného radu „Edícia výskumných textov“.

V Bratislave, marec 2009

Vladimír Kvasnička
Jiří Pospíchal
Štefan Kozák
Pavol Návrat
Pavel Paroulek
(editori)

Obsah

Predhovor

(1) Formální fuzzy logika	1
<i>L. Běhounek</i>	
1 Graduální vlastnosti a jejich logika	1
2 Výroková fuzzy logika	6
3 Rozšíření výrokové fuzzy logiky	19
4 Aplikace formální fuzzy logiky	25
5 Závěr	34
Literatura	35
(2) Rekurentné neuronové siete	37
<i>M. Čerňanský</i>	
1 Úvod	37
2 Dopředné neuronové siete	39
3 Rekurentné neuronové siete	45
4 Gradientové trénovací algoritmy	49
5 Trénovací algoritmy využívající Kalmanovu filtraci	54
6 Dynamika rekurentních neuronových sítí	60
7 Siete s echo stavmi	68
8 Aplikácie rekurentných neuronových sietí	72
9 Implementácia rekurentných neuronových sietí	76
10 Závěr	84
Literatúra	84
(3) Praktický úvod do symbolickej umelej inteligencie	87
<i>P. Kostelník</i>	
1 Symbolická umelá inteligencia	87
2 Stavový priestor, riešenie úloh a hranie hier	93
3 Produkčné pravidlá a expertné systémy	107
4 Predikátová logika a automatické dokazovanie	116
5 Sémantické modelovanie znalostí	129
6 Závěr	137
Literatúra	138
(4) Inteligentné vnorené systémy	139
<i>Š. Kozák</i>	
1 Analýza metód a prostriedkov inteligentnej syntézy vnorených systémov	139

2	Analýza súčasného stavu využívania metód modelovania, simulácie a syntézy vnorených systémov použitím konvenčných a inteligentných techník založených na fuzzy množinách, umelých neurónových sieťach a genetických algoritmoch	161
	Literatúra	192
(5)	Evolučný návrh robotických organizmov	195
	<i>P. Krčah</i>	
1	Úvod	195
2	Základy evolučných algoritmov	196
3	Metódy ovládania robotov	199
4	Problém reprezentácie robota v evolučných algoritmoch	203
5	Meranie úspešnosti robotov	208
6	Od simulácie k reálnym robotom	215
7	Záver	225
	Literatúra	225
(6)	Darwinovská evolúcia ako algoritmus	231
	<i>V. Kvasnička, J. Pospíchal</i>	
1	Úvod	231
2	Darwinovský systém	243
3	Eigenova a Schustrova teória molekulárneho darvinizmu	248
4	Evolúcia v multiagentových systémoch	264
5	Záver	274
	Literatúra	277
(7)	Simulace v neurovědách, příklad modelu prostorového slyšení	281
	<i>P. Maršálek</i>	
1	Úvod	281
2	Teorie zpožd'ovací linky	285
3	Teorie pravděpodobnostního zpoždění	286
4	Časová přesnost ve sluchové dráze	290
5	Diskuse	291
6	Závěr	295
	Literatura	296

(8)	Humanoidní robotika včera, dnes a zítra ...	299
	<i>P. Nahodil</i>	
	1 Úvod	299
	2 Od začátků robotizace k humanoidům	300
	3 Výchozí aparát vývoje inteligentního agenta – humanoida	309
	4 Vytváření humanoidních robotů	314
	5 Úspěšné realizace robotů humanoidního typu – analýza	322
	6 Budoucnost koexistence člověk – humanoid	328
	7 Závěr	332
	Literatura	333
(9)	Evolučné algoritmy	335
	<i>M. Pelikán</i>	
	1 Úvod	335
	2 Evolučný algoritmus	336
	3 Jednoduchý genetický algoritmus	338
	4 Genetické programovanie	346
	5 Evolučné stratégie	350
	6 Niektoré úspešné aplikácie evolučných algoritmov	351
	7 Záver	352
	Literatúra	353
(10)	Funkční model mysli a jeho metodologický význam pro zkoumání operací lidského myšlení	355
	<i>K. Pstružina</i>	
	1 Funkční model mysli a jeho metodologický význam	355
	2 Funkční model mysli - úroveň vnímání a konstitucí světa	359
	3 Operace lidského myšlení a intencionální obsahy mysli	375
	4 Tvorba novosti	380
	5 Závěr	392
	Literatura	392
(11)	Konstruktivistický přístup k štúdiu kognície	395
	<i>M. Takáč</i>	
	1 Úvod	395
	2 Teórie významu	396
	3 Od predverbálnych významov k jazyku: evolučný pohľad	400
	4 Reprezentácia významov v umelých systémoch	402
	5 Konštrukcia významov	408
	6 Výpočtové modely konštrukcie významov	410

7 Záver	416
Literatúra	417
(12) Technologie audiovizuální syntézy řeči a její aplikace	425
<i>M. Železný</i>	
1 Úvod do audiovizuální syntézy řeči	425
2 Datové korpusy	428
3 Technologie syntézy	432
4 Trojrozměrné snímání	438
5 Aplikace	439
6 Závěr	445
Literatura	449
Index	451