

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

o řešení a výsledcích projektu
programu 'Informační společnost'

Rok

2008

Identifikační kód

1ET101940420

Řešitel projektu: doc. RNDr. Marie Duží, CSc.

Příjemce: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Název projektu: Logika a umělá inteligence pro multiagentní systémy

Doba řešení: 07/2004 - 12/2008

Charakteristika dosažených výsledků - česky

Hlavní výstup: Aplikace TIL a vývoj jazyka TIL-Script, ve kterém je realizována komunikace, chování a rozhodování agentů. Publikace (cca 100), aplikace: AgentStudio, Vizualizace, Silniční infrastruktura, atd., metodologie. Viz <http://labis.vsb.cz/>.

Charakteristika dosažených výsledků - anglicky

Main result: Application of TIL and development of TIL-Script: language of communication, behaviour and reasoning of agents. Publications (approx.100), applications: AgentStudio, Visualization, Traffic infrastructure, etc. See <http://labis.vsb.cz/>.

Statutární zástupce příjemce svým podpisem potvrzuje souhlas se zněním zprávy a údaji o financování projektu.

Datum:

Podpis řešitele:

Podpis a razítko statutárního
zástupce příjemce:

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Závěrečná zpráva je uvedena v příloze na následující straně.

Projekt č. 1ET101940420 „Logika a umělá inteligence pro multi-agentní systémy“

1. Výsledky dosažené v roce 2008

Dle plánu na rok 2008 jsme řešili zejména tyto problémy:

- a) *komunikace* agentů
- b) *rozhodování agentů*
- c) *ontologie krizových* situací
- d) *učení* agentů
- e) *Specifikace a popis prostoru*

Ad a) Dle standardů FIPA je základní jednotkou komunikace agentů *zpráva* (ACL message). Zpráva má několik atributů (*performatives*), z nichž nejdůležitější jsou tyto:

- (*agent*) *odesílatel zprávy*
- (*agent*) *příjemce zprávy*
- *Druh zprávy* – „*Inform*“, „*Query*“, „*Request*“, „*Order*“, „*Refine*“, „*Answer*“, „*Confirm*“, *atd.*
- *Obsah (content) zprávy*

Obsah zprávy může být kódován v podstatě v libovolném vhodném jazyce. V našem projektu jsme se rozhodli realizovat komunikaci v jazyce *TIL-Script*, což je komputační varianta Transparentní intensionální logiky (TIL). Důvodem bylo to, že všechny standardní jazyky jsou založeny na paradigmatu predikátové logiky 1. řádu, která nemá dostatečnou expresivní sílu pro dostatečně přesnou analýzu přirozeného jazyka a reprezentaci znalostí. Zejména tzv. propoziční a pojmové postoje (tj. vědět, že, domnívat se, že, hledat, nalézat, přát si, aby,...) zde činí problém. Komunikace typu agent – okolí (infrastruktura GIS) již byla teoreticky popsána a implementována v našem modelu dopravního systému v roce 2007. Proto jsme se v roce 2008 soustředili na komunikaci mezi agenty. Jednodušší varianta komunikace prostřednictvím „žlutých stránek“, což je speciální agent systému, byla rovněž realizována v roce 2007. V tomto roce jsme specifikovali obsah zpráv v jazyce *TIL-Script*, a implementovali mechanismus předávání zpráv mezi agenty.

Vývoj jazyka *TIL-Script* bude pokračovat i po skončení projektu, neboť se jedná o úkol náročný a dlouhodobý. Dokončili jsme syntaktický analyzátor a základní prvky inferenčního stroje prostřednictvím převodu do jazyka *Prolog*.

Úkol je *splněn* v rozsahu, který jsme specifikovali pro tento projekt.

Ad b): Konečným cílem je uskutečnit a implementovat veškeré rozhodování agentů v jazyce *TIL-Script*. K tomuto cíli jsme se postupně přibližovali. Jelikož je však implementace inferenčního stroje pro *TIL-Script* poměrně složitá, postupovali jsme po etapách:

- Rozhodování s využitím „*Prolog-Brain*“. Převod komunikačních zpráv, které svou expresivní silou nepřekračují možnosti jazyka predikátové logiky 1. řádu s omezením na Hornovy klauzule a rozhodování s využitím *Prologu*.

Tento úkol je *splněn*.

Specifikovali jsme podmnožinu jazyka *TIL-Script*, která je převoditelná do Prologu bez ztráty informace, ovšem za pomoci funkční nadstavby nad *TIL-Script*.

- Rozhodování s využitím plné síly predikátové logiky 1. řádu. Tento úkol je *splněn částečně*. Je obsahem diplomové práce, která ještě nebyla obhájena.

- Implementace inferenčního stroje na základě Gentzenova kalkulu. Tento úkol je *splněn po stránce teoretické*. Implementace bude součástí doktorandské práce.
- Implementace rozhodování v TIL-Script na základě počítačnické síly λ -kalkulu (v rozsahu standardních funkcionálních jazyků). Tento úkol je *splněn po stránce teoretické*. Implementace bude součástí doktorandské práce.
- Obohacení předchozího o parcialitu a hyper-intensionalitu. Tento úkol je *splněn po stránce teoretické*. Implementace bude součástí doktorandské práce.

Vyřešili jsme návrh „mozku“ agentů, a to zejména jejich (*interní*) *knowledge base* (báze znalostí, paměť), která je implementována. Obsahuje vybrané stabilní znalosti z ontologie a aktuální fakta. Specifikovali jsme minimální ontologii, se kterou se agent „rodí“, aby byl schopen „přežít“.

Efektivní implementace *interní knowledge base agentů* – úkol je *splněn*.

Využití lingvistických výstupů (WordNet, valenční rámce sloves) pro náplň interní báze znalostí a převod do *TIL-Script*. Tento úkol jsme částečně splnili a průběžně budeme dále plnit. Spolupracujeme úzce s Centrem pro zpracování přirozeného jazyka na Masarykově universitě v Brně, a účastnili jsme se společných workshopů *RASLAN* (organizovaných tímto centrem), na kterých jsme aktivně presentovali své výsledky a řešili právě možnost využití lingvistických výsledků.

Ad c) Vazba na ontologie.

Byla vytvořena a popsána ontologie modelového příkladu dopravního systému. Bylo realizováno propojení jazyka OWL a *TIL-Script*. Tento úkol je *splněn*.

Ad d) Učení agentů.

Agenti se „učí“ tak, ze *skládají atomární akce*. *Atomární akce* je aktivována mozkiem agenta, avšak do jejího provádění již mozek nezasahuje, tj. nekomunikuje s „údy“ agenta, jedná se o „podvědomou akci“. *Atomární akce* však může být v případě nutnosti předčasně (tj. neúspěšně) ukončena. Každá *atomární akce* je jednoznačně určena svým *jménem* (*klíčové slovo*) a má svou *implementaci* (*kód*). Seznam a definice *atomárních akcí*, které jsou proveditelné procesní částí, byl specifikován v *ontologii*.

Byl navržen a *realizován* princip dynamické rekonfigurace agentů. *Rekonfiguraci procesů* nespojujeme s pokyny mozku: je to dynamika chování „primitivního“, tj. neučícího se agenta (opakovaně provádějícího určité předem naučené procesy, např. semafor). Dále jsme realizovali propojení aplikace *Agent Studio design* s mozkiem agenta tak, aby agenti byli schopni dynamicky skládat *atomické akce* do komplexních akcí dle stavu systému.

Rovněž jsme specifikovali a realizovali *dynamické učení agentů* na základě vzájemného předávání znalostí. Zde se velice osvědčila síla jazyka *TIL-Script*. Pokud agent nerozumí obsahu obdržené zprávy, pak nemá příslušný pojem ve své ontologii. V tom případě vyšle zpět zprávu s obsahem „*Unrecognised pojem*“, kde pojem je příslušná *logická instrukce* (*konstrukce TIL*), ne však její syntaktický zápis. Odpovědí pak je zpráva s obsahem „*Refined pojem = ontologická definice entity*“. *Ontologická definice* je pojem dané entity, složený z primitivních pojmů, které již by měl agent znát (pokud ne, opět vyšle žádost o definici). Tyto možnosti FIPA standard neposkytuje. Pouze některé jazyky jako *KIF* umožňují citovat obsah zprávy jakožto syntaktický řetězec, což je z pochopitelných důvodů nevyhovující (pevná vazba na zcela určitou notaci a jazyk). V *TIL* chápeme pojem jako logickou konstrukci, nezávislou na syntaktické notaci. To nám také umožňuje „přepínat“ mezi ontologiemi v různých jazycích, např. v češtině a angličtině, bez nutnosti dodatečného přeprogramování.

Tento úkol je *splněn*.

Ad (e) Veškeré chování a rozhodování agentů probíhá v prostoru. Zahrnuli jsme prostorové aspekty jak do komunikace mezi agenty, tak i do jejich „mozku“. Každý mobilní agent komunikuje s GIS agentem, který mu předává „viditelnost“, tj. množinu objektů v rozsahu smyslového vnímání agenta, na základě kterých se pak mobilní agent rozhoduje, které akce má provést.

Tento úkol je *splněn*.

Celkově můžeme konstatovat, že *postup prací byl v souladu s harmonogramem a všechny dílčí úkoly byly splněny*.

V roce 2008 došlo k těmto změnám v řešitelském týmu:

Ke dni 31.8. 2008 ukončili práce na projektu Ing. Petr Fuks (ukončil úspěšně doktorandské studium) a Zdeněk Galus (odešel do praxe).

Finanční prostředky byly v roce 2008 čerpány dle plánu.

Výsledky jsme průběžně presentovali na mezinárodních konferencích. Cestovní náklady jsme tedy čerpali zejména na pokrytí **aktivní účasti na těchto konferencích**:

1. WORLDCOMP'08 - The 2008 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied Computing (2008): *Modelling and visualization of the traffic system with Multi-agent system and GIS*. (přijatý příspěvek – Děrgel)
2. WORLDCOMP'08 - The 2008 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied Computing (2008): *Cooperative System for Metric Spatial Data Gathering and Processing in Real Time* (přijatý příspěvek – Děrgel)
3. *CICLing2008* „9th International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics“, Haifa, Izrael. (Duží, příspěvek „TIL as the Logic of Communication in a Multi-Agent System“).
4. *Joint Paris-Arche workshop*; Paris, Sorbonna, 28.2.-2.3. (příspěvek – Duží „Pi' in the sky“)
5. *Logika mezi filosofií a matematikou*, Hejnice, 1.5.-4.5. (příspěvek – Duží „Analytic Information and the Paradox of Inference“)
6. *18th European-Japanese Conference on Information Modelling, EJC 2008, Tsukuba, Japan, June 2-6* (přijaté příspěvky – Duží, Frydrych, Košinár, Ciprich)
7. *European Congress of Analytic Philosophy, ECAP6, Krakov, 20.8.-27.8.2008* (přijatý příspěvek – Duží, zvaná přednáška, organizátor a zvaný přednášející na workshopu „Concepts and Structured Meanings“)
8. *ASIA GIS 2008*, 26.-27.9.2008, Busan, Korejská republika (přijatý příspěvek – Hrubá)
9. *ADS2008/ACM*, Ottawa, Kanada (přijatý příspěvek – Radecký, Gajdoš)
10. *UKSim2008/IEEE*, Cambridge, UK (přijatý příspěvek – Radecký, Gajdoš)
11. „Second Workshop on Recent Advances in Slavonic Natural Language Processing“, RASLAN 2008, pořádaný MUNI Brno, Centrum pro zpracování přirozeného jazyka, 5.12-7.12., Karlova Studánka (přijaté příspěvky: Duží, Ciprich, Menšík, Číhalová, Frydrych)

Cestovní náklady byly rovněž čerpány na pokrytí nákladů na **pobyty a zvané přednášky v zahraničí**:

1. Delft University of Technology, 20-26.1., the Netherlands: „*Communication between agents in the multi-agent world*“ (Duží)
2. Sorbonna, Paris, France, 1.3.2008: „*Computational procedures and naming of abstract entities*“ (Duží)
3. University of Jyväskylä, Finland, April 2008 (Duží):
 „*TIL as the logic of communication in a multi-agent system*“;
 „*Logic and AI for multi-agent systems*“;
 „*Computational Procedures and Naming Abstract Entities*“;
 „*Multi-Agent Systems and Ontologies*“;
 „*Computational Procedures and Naming Abstract Entities*“
4. Jagellonian university, Krakow, Poland, 20.8.-27.8.2008 (Duží):
 „*Structured Meanings and Concepts*“;
 „*Synonymy and the Identity of Belief*“.
5. Papežská universita v Krakově, Poland, September 2008: „*Existence and God*“; (Duží)

2. Celkové zhodnocení řešení projektu

Cíle projektu, jak byly stanoveny na začátku, byly tyto:

Výzkum v oblasti formalizovaných metod procesního modelování umožňujících predikovat, specifikovat, simulovat a řídit chování autonomních inteligentních agentů v nejrůznějších situacích včetně krizových stavů, ve kterých může systém inklinovat k neuspořádanému až chaotickému chování. Zaměříme se zejména na metody umělé inteligence budované na základě logického systému s vysokou expresivní silou, jímž je transparentní intensionální logika (TIL). Formální jazyk bude vycházet ze znalosti významu jednotlivých výrazů a bude proto podepřen rigorózní logickou sémantikou. V oblasti reprezentace znalostí se zaměříme na problém adekvátního modelování explicitních znalostí jednotlivých agentů s respektováním jejich omezených inferenčních schopností, či obecně zdrojů (prostorových, časových, softwarových, apod.). Správa znalostí bude zpracovávat heterogenní data včetně dat prostorových a časových. Budeme rovněž řešit problém spolehlivosti a efektivnosti metod řízení procesů.

Můžeme jednoznačně konstatovat, že všechny tyto cíle *byly splněny*.

V oblasti *procesního modelování* jsme vyvinuli aplikaci *Agent Studio*, která umožňuje simulovat chování agentů. Skupina zabývající se geoinformatikou vyvinula a implementovala specifikaci silniční infrastruktury na základě geodat, která umožňuje pohyb agentů po silniční infrastruktuře. Zpočátku pracovaly jednotlivé skupiny, tj. skupina *Modelování procesů*, *Geoinformatika*, *Reprezentace znalostí a ontologie*, *Logika a komunikace*, samostatně. Ovšem již ve druhém roce řešení jsme započali s integrací jednotlivých výsledků na základě sdílené ontologie. Specifikovali a vyvinuli jsme *mozek agenta*, který byl následně propojen s interní bází znalostí, procesy („údy“ agenta), a infrastrukturou, tj. GIS agentem. GIS agenti dodávají mobilním agentům tzv. „viditelnost“, tj. množinu objektů v dosahu smyslového vnímání agenta, na základě které pak agent reaguje na své okolí, vyhýbá se překážkám, projíždí křižovatkou, apod.

Ve druhém a třetím roce řešení měli agenti předem definované chování jako množiny procesů a volili optimální chování. Avšak toto rozhodování nebylo ještě dynamické, na základě racionálního rozhodování mozku agenta. Ve čtvrtém a zejména pak pátém roce řešení došlo k propojení mozku agenta s jeho „údy“ (procesy) a agent se rozhoduje dynamicky, na základě znalostí obdržených *kommunikací* s ostatními agenty.

Obsah (FIPA kompatibilních) zpráv je kódován v jazyce *TIL-Script*, což je komputační varianta expresivního systému Transparentní Intensionální Logiky. Návrh a vývoj funkcionálního programovacího jazyka *TIL-Script* je zřejmě nejdůležitějším a původním výsledkem projektu. Jazyk *TIL-Script* je po formální stránce hyper-intensionální, parciální, typovaný lambda kalkul. Je to tedy vysoce expresivní jazyk, který je zejména vhodný pro kódování významu výrazů *přirozeného jazyka* takovým způsobem, že všechny sémanticky významné rysy jsou rigorosně zachyceny. Výsledná *TIL konstrukce* pak umožňuje následné logické zpracování, tj. odvozování důsledků, učení se agentů, atd., tedy inteligentní a racionální chování agenta. Komunikace agenta s jeho okolím je tak realizována v jazyce, který je co do expresivity téměř isomorfní s jazykem přirozeným, resp. se standardizovaným přirozeným jazykem, technickým žargonem. V tomto jazyce je rovněž specifikována báze znalostí agentů a jejich *učení se* novým znalostem na základě komunikace uvnitř systému i s okolím.

Specifikovali jsme rovněž *krizové stavy* agenta a celého systému a strategie jejich řešení. Toto rozhodování se děje opět na základě specifikace v jazyce *TIL-Script*. Inferenční stroj pro jazyk *TIL-Script* je doposud předmětem dalšího pokračujícího výzkumu. Specifikovali jsme však podmnožinu jazyka, pro kterou lze využít inferenční stroj *Prologu*, a implementovali jsme tento převod. Komunikace a rozhodování agentů v demonstračním příkladě je tedy realizováno na základě specifikace v *TIL-Script* za pomoci Prologu.

Všechny dosažené výsledky jsou dokumentovány na web stránkách Laboratoře Inteligentních systémů, která byla založena na začátku projektu. Viz <http://labis.vsb.cz/>.

Zároveň jsme naše výsledky publikovali v mezinárodních časopisech a na konferencích. Následuje **seznam publikací za léta 2004-2008**:

Specialized Books

1. *version*: Duží, M., Jespersen, B., Materna, P. (2007): Transparent Intensional Logic (Foundations and Applications). Book Proposal has been referred by Springer Science in the series Logic, Epistemology and the Unity of Science. As a result, we were asked to revise and resubmit the manuscript.
 2. *version*: Duží, M., Jespersen, B., Materna, P. (2008): *PROCEDURAL SEMANTICS FOR HYPERINTENSIONAL LOGIC, Foundations and Applications of TIL*. Manuscript has been re-submitted to Springer Science for the referring process in the series Logic, Epistemology and the Unity of Science.
- Duží, M. (2006): 16th *European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases*, Ostrava VSB-TUO, Ed. Y. Kiyoki, H. Kangassalo, M. Duží, ISBN 80-248-1023-9
- Duží, M. (2007): *Information Modelling and Knowledge Bases XVIII*, Amsterdam: IOS Press, Duží, M., Jaakkola, H., Kiyoki, Y., Kangassalo, H. (eds.), ISBN 978-1-58603-710-9

Chapter in a Specialized Book

Horáková B., Pauknerová E. (2004): A Compendium of European SDI Best Practice. GINIE: *Geographic Information Network in Europe*. IST-2000-29493. January 2004. Section 5.2, 31 1 2004, EUROGI. 8 s.

Horák J., Šimek M., Horáková B. (2004): Examples of Geoinformation Technology Use in Labour Market Analyses. In *The Czech Geography at the Dawn of the Millennium*, str. 391-410, Česká geografická společnost Olomouc 2004. ISBN 80-244-0858-9.

Papers in Journals

1. Czichon, C. A., Vondrák, I., R. W. Peterson, E. G. Mettala (2005): Coordinating teams of autonomous vehicles: an architectural perspective. In *Defense & Security*, Bellingham, WA:SPIE, 1-12, ISBN 0-8194-5789-2
2. Číhalová, M.: Podmínky racionality reflektované z pozice poznávajícího subjektu. In *Filosofický časopis* 6/2008, pp. 921-930.
3. Číhalová, M., Ďuráková, D., Hrubá, L., Rapant, P. (2009): Ontological Background of Knowledge Representation. Submitted to *Acta Montanistica* (slovenský časopis).
4. Duží, M. (2005): Kurt Gödel. Metamathematical results on formally undecidable propositions: Completeness vs. Incompleteness. *Organon F*, Philosophical Journal, vol. XII, No. 4, 447-474.
5. Duží, M. (2006): Anafora a význam. Jazyk z pohledu sémantiky a filosofie vedy. *Organon F* (příloha), 99-136.
6. Duží, M. (2006): Informativnost matematických či analyticky pravdivých tvrzení a paradox inference. *Filosofický časopis*, Vol. 54, č. 4, 501-522.
7. Duží, M. (2007): Properties on the Edge. In *Svet jazyka a svet za jazykom*, Marvan, T., Zouhar, M. (eds), Bratislava: Filosofický ústav SAV, pp. 42-68, ISBN 978-80-967225-9-4.
8. Duží, M. (2008): TIL as the Logic of Communication in a Multi-Agent System. In *Research in Computing Science*, vol. 33, 27-40.
9. Duží, M.: (2009): 'Topic-focus articulation from the semantic point of view'. In *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*, Springer, LNCS, to appear.
10. Duží, M., Horák, A., Pala, K., Materna, P. (2007): Verb Valency Semantic Representation for Deep Linguistic Processing. In *ACL 2007*. Ed. Timothy Baldwin, Stroudsburg: Association for Computational Linguistics, 97-104.
11. Duží, M., Jespersen, B., Materna, P. (2006): Points of View from a Logical Perspective (I). In *Organon F*, Philosophical Journal, vol. XIII, No. 3, 227-305.
12. Duží, M., Jespersen, B., Materna, P. (2007): Points of View from a Logical Perspective (II). *Organon F*, Philosophical Journal, vol. XIV, No. 1, 5-31.
13. Hliněný, P. (2006): On matroid representability and minor problems. In MFCS 2006, *Lecture Notes in Computer Science*, čís. 4126, 505-516
14. Hliněný, P., Salazar Gelasio (2007): Approximating the Crossing Number of Toroidal Graphs. In *Lecture Notes in Computer Science*.
15. Hliněný, P., Salazar, Gelasio, Gitler, Isidoro, Leanos, Jesus (2007): The crossing number of a projective graph is quadratic in the face-width (Extended abstract). In *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, Amsterdam: Elsevier, vol. C, čís. 29, 219-223, ISSN 1571-0653
16. Hjelmager, J, Moellering, H., Cooper, A., Delgado, T., Rajabifard, A., Rapant, P., Danko, D., Huet, M., Laurent, D., Aalders, H., Iwaniak, A., Abad, P., Düren, U., Martynenko, A.: An initial formal model for spatial data infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*, Volume 22, Issue 11 & 12 2008, pp. 1295 - 1309. (IF 1,822 v roce 2007).
17. Horáková B. (2004): Metainformační infrastruktura v ČR - koncepce a současný stav, *GeoInfo, Computer Press*, 1/2004, ISSN 1212-4311.
18. Horáková B. (2006): Globalizace v technické normalizaci, *Geoinformace* 3/2006, Klaudian Praha, ISSN 1214-2204.
19. Horáková B. (2006): Technical normalization in the geoinformatics branch, *Acta Montanistica Slovaca*. Ročník 11 (2006), číslo 3, 182-191, ISSN 1335-1788.
20. Horáková B. (2007): Current principles and importance of technical harmonize in EU for technical standardization. *GeoScience Engineering*, volume LIII (2007), No.1, p. 36-52, ISSN 1802-5420, 2007.
21. Jančar, P., Kučera Antonín (2006): Equivalence-checking on infinite-state systems: Techniques and results. In *Journal Theory and Practice of Logic Programming*, čís. 6, Vol. 2006, 227-264.

Papers in Proceedings

1. Číhalová M., Ciprich N., Duží M., Menšík M. (2008): TIL and Logic Programming. In *RASLAN2008* proceedings, Brno, Masaryk University, pp. 17-31, ISBN 978-80-210-4741-9
2. Číhalová, M., Ďuráková, D., Hrubá, L., Rapant, P. (2008): Building of Traffic Infrastructure Ontology for MAS. In PEŠKOVÁ, Kateřina (ed.): *Symposium GIS Ostrava 2008*, VŠB-TU Ostrava.
3. Číhalová, M., Menšík, M. (2009): Metodika hodnocení obtížnosti příkladů řešených v kalkulu přirozené dedukce a obecné rezoluční metody. To appear in: Dostálová, L., Šebela, K. (eds.): *ORGANON VI: Odkud a jak brát stále nové příklady?* Praha: Karolinum 2009
4. Cooper, A., Moellering, H., Delgado, T., Düren, U., Hjelmgager, J., Huet, M., Rapant, P., Rajabifard, A., Laurent, D., Iwaniak, A., Abad, P., Martynenko, A.: (2007): An Initial Model For The Computation Viewpoint Of a Spatial Data Infrastructure. In: *Proceedings of XXIII International Cartographic Conference* 4-10 August Moscow 2007, Russia. (CD-ROM)
5. Děrgel P., Fuks P. (2006): Intelligent traffic simulation based on Multi-Agent system. In sborník konference *BNAIC 06*. Namur 2006. ISSN 1568-7805
6. Děrgel P., Fuks P. (2006): Simulation environment for situated Multi-agent systems. Poster, *GICON 2006*. Vídeň 2006
7. Děrgel, P., Fuks, P. (2007): Traffic simulation using distributed cellular automata in the Multi-agent system, *Acta Montanistica Slovaca* 27 (2007), No 1, 48-52, ISSN 1335-1788
8. Děrgel P., Fuks P. (2008): Modelling and visualization of the traffic system with Multi-agent system and GIS. In proceedings: *WORLDCOMP'08/MSV*, Las Vegas, ISBN 1-60132-090-6 (Print 2), CSREA Press, LV, USA.
9. Děrgel, P., Fuks, P., Hrubá, L. (2007): Multi-agent traffic simulation using GIS: Intelligent systems and agents 2007. In *PALMA DOS REIS*, António, BLASHKI, Katherine, XIAO, Yingcai. IADIS International conferences on computer science and information systéme, Lisbon, Portugal: IADIS Press, pp 273-276. ISBN 978-972-8924-39-3.
10. Děrgel, P., Fuks, P., Hrubá, L. (2007): Traffic simulation environment for Multi-Agent systems based on GIS: Agent-based modelling. In *DEMŠAR*, Urška. GeoComputation 2007. Maynooth, Ireland: NCG.
11. Děrgel, P., Fuks, P., Hrubá, L. (2008): GIS traffic micro-simulation with multi-agent system, *The 7th International Conference on Asia GIS*. Asia GIS 2008, Busan, Korea, 2008. ISSN 2005-2995
12. Ďuráková, D., Číhalová, M., Hrubá L., Rapant P. (2009): Methodology of ontology building. To appear in PEŠKOVÁ, Kateřina (ed.): *Symposium GIS Ostrava 2009*, Ostrava, VŠB-TU Ostrava.
13. Ďuráková, D., Gajdoš, P. (2006): Object order based on concept analysis and Moebius Inversion Function. In *Information Modelling and Knowledge Bases XVII*. Ed. Y. Kiyoki, J. Hanno, H. Jaakkola, H. Kangassalo, Amsterdam: IOS Press, 10, ISBN 1-58603-591-6
14. Duží, M. (2006): Semantic Web Ontology and Natural Language. In *GIS Ostrava 2006*. Ed. Jan Růžička, Ostrava: VSB TUO, 20 pp, ISSN 1213-239X
15. Duží, M. (2007): The Use-Mention Distinction. In *KCWS 2007*, Kyoto Japan: *NICT*, 23 pp. (CD-ROM)
16. Duží, M. (2007): Semantic pre-processing of anaphoric references. In sborníku z konference *RASLAN 2007*. Ed. Sojka, P., Horák, A., Brno, pp. 43-56, ISBN 978-80-210-4471-5.
17. Duží, M. (2007): The Use-Mention Distinction. In *The Logica Yearbook 2006*. Ed. O. Tomala, R. Honzík, Prague: Filosofia, pp. 33-50, ISBN 978-80-7007-254-7.
18. Duží, M. (2008): TIL as the Logic of Communication in a multi-agent system. In *KC2008*, the Socend International Workshop on World-Wide Knowledge Sharing and Analysis. Tampere, Pori, Finland. (CD-ROM)
19. Duží, M., Ciprich, N., Frydrych, T., Kohut, O., Košinár, M.. (2008): The Architecture of an Intelligent Agent in MAS. In the Proceedings of the *18th European Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases (EJC 2008)*, Tsukuba, Japan 2008, pp. 267-276.

20. Duží, M., Ciprich, N., Košinár, M. (2007): TIL-Script: Functional Programming Based on Transparent Intensional Logic. In sborníku z konference *RASLAN 2007*. Ed. Sojka, P., Horák, A., MUNI Brno, 37-42, ISBN 978-80-210-4471-5
21. Duží, M., Ciprich, N., Košinár, M. (2008): The TIL-Script Language. In sborníku konference *EJC 2008*. Ed. Yasushi Kiyoki, Takehiro Tokuda, Tsukuba Japan: Waki Print Pia, Kanagawa, Japan, vol. 18, 167-182.
22. Duží, M., Ďuráková, D., Děrgel, P., Gajdoš, P., Müller, J. (2006): Logic and Artificial Intelligence for Multi-Agent Systems. In *Proc. of the 16th European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases (EJC2006)*, ed. Y. Kiyoki, H. Kangassalo, M. Duží VSB-TU Ostrava, 2006, 308-313, ISBN 80-248-1023-9
23. Duží, M., Ďuráková, D., Děrgel, P., Gajdoš, P., Müller, J. (2007): Logic and Artificial Intelligence for Multi-Agent Systems. In *Information Modelling and Knowledge Bases XVII*, M. Duží, Y. Kiyoki, H. Jaakkola, Kangassalo, (eds.), IOS Press Amsterdam, 236-244.
24. Duží, M., Heimburger Anneli (2006): Web Ontology Languages: Theory and practice, will they ever meet? In *Information Modelling and Knowledge Bases XVII*. Ed. Y. Kiyoki, J. Hanno, H. Jaakkola, H. Kangassalo, IOS Press Amsterdam, vol. XVII, 20-37.
25. Duží, M., Materna, P. (2008): Concepts and Ontologies. In sborníku konference *EJC 2008*. Ed. Yasushi Kiyoki, Takehiro Tokuda, Tsukuba Japan: Waki Print Pia, Kanagawa, Japan, 2008, vol. 18, 45-64.
26. Duží, M., Vojtáš Peter (2008): Multi-Criterion Search from the Semantic Point of View. In *Information Modelling and Knowledge Bases*, Ed. Jaakkola Hannu, Kiyoki Yasushi, Tokuda Takahiro, Amsterdam: IOS Press, vol. XIX, pp. 21-39, ISBN 978-1-58603-812-0
27. Duží, M., Vojtáš, P. (2007): Multi-Criterion Search from the semantic Point of View. In: *Proc. European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases*. Ed. Hannu Jaakkola, Yasushi Kiyoki, Takahiro Tokuda, pp. 21-39. ISBN 978-952-15-1786-0
28. Fedorčák, D., Vondrák, I. (2007): FORCE-BASED VISUALIZATION FOR COMPETITIVE LEARNING METHODS. In sborník *ESM 2007*, Ghent: EUROSIS, 2007, 331-335, 978-90-77381-36-6
29. Fedorčák, D., Vondrák, I., Kožusznik, J. (2006): Spatial Extention in Business Process Enactment. In sborník *ECEC/FUBUTEC 2006*. Ed. Uwe Baake, Enver Yucesan, Ghent, Belgium. EUROSIS, 121-124. ISBN 90-77381-24-4
30. Frydrych, T., Kohut, O., Košinár, M. (2008): TIL in Knowledge-Based Multi-Agent Systems. In sborníku z konference *RASLAN 2008*. Ed. Sojka, P., Horák, A., Brno: MUNI, 1-10
31. Fuks P. (2006): Simulation environment based on Multi-agent systems. Ve sborníku mezinárodního sympozia *GIS Ostrava 2006*. Ostrava 2006
32. Gajdoš P. (2006): FCA and Multi Agent Systems. In *Wofex2006*.
33. Gajdoš, P., Ďuráková, D. (2005): Object order based on concept analysis and Moebius Inversion Function.. In *EJC 2005*, Tallinn: Tallinn University of Technology, Estonia, 2005, vol. 2005, 62-73, ISBN 9985-59-530-0
34. Gajdoš, P., Ďuráková, D. (2006): Object order based on concept analysis and Moebius Inversion Function. In *Information Modelling and Knowledge Bases XVII*. Ed. Y. Kiyoki, J. Hanno, H. Jaakkola, H. Kangassalo, IOS Press Amsterdam, 38-49.
35. Gajdoš, P.; Děrgel, P. (2006): Triadic Formal Concept Analysis within Multi Agent Systems. *Fourth International Conference On Concept Lattices and Their Applications*.
36. Hliněný, P. (2005): Computing the Tutte Polynomial on Graphs of Bounded Clique-Width, extended abstract. In *WG 2005, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2005, No. 3787, 59-68
37. Hliněný, P. (2005): Matroidy v teoretické informatice. *ITI MFF UK*, 2005
38. Hliněný, P. (2006): MACEK - real structural computations with matroids. *RISC Institute*, 2006
39. Hliněný, P. (2006): The Tutte Polynomial for Matroids of Bounded Branch-Width. In *Combin. Prob. Computing* 15, 2006, vol. 03, čís. 15, 397-409
40. Hliněný, P., D. Hliněná, P. Vojtáš (2006): A note on multicriteria decision making. In *International conference FSTA 2006*, 1.

41. Horák J., Horáková B. (2007): Datové sklady a využití datové struktury typu hvězda pro prostorová data. In. *GIS Ostrava 2007*. p. 26.
42. Horák J., Horáková B., Sedenková M. (2006): Evaluation of employers' transport accessibility. In proceedings of *International Workshop in Spatial Econometrics and Statistics*, 25, Rome, Italy. 19 s.
43. Horák J., Růžička J., Horáková B. (2007): The Development Opportunities of WebCastle System. In. *I. národní kongres geoinformatiky v Česku*. Mikulov, 29. 31. května 2007. ISBN:978-80-86633-79-4.
44. Horáková B. (2005): Directive of the European Parliament and the Board for Development of Spatial Information Infrastructure in EU (INSPIRE). In. *Geodetické sítě a priestorové informácie*. [CD-ROM]. 2005. 10 s.
45. Horáková B. (2007): System of European Technical Standardization and Examination of GI standard Harmonization in the Czech Republic and the Slovak Republic. In *Geodetické sítě a priestorové informácie*. 29. 31.10.2007, Podbanské, Slovensko. P. 17. (v tisku).
46. Horáková B., Kubíček P., Horák J. (2005): The Geoinformation Infrastructure in the Czech Republic. The Key Role of Metadata. In Proceedings of *11th EC GI & GIS WORKSHOP*, ESDI: Setting the Framework, June 29 - July 1, 2005, Alghero, Sardinia. p. 13.
47. Horáková B., Růžička J., Ožana R. (2007): Development of MetaPortal Prototype and Communication Interface for Czech national environment. In. *GIS Ostrava 2007*. p. 23.
48. Horáková B., Růžička J., Stromský J. (2005): Prototyp Metaportálu - přístupový bod ke katalogovým službám národní geoinformační infrastruktury. In. *Geoinformatika ve veřejné správě*. Brno, CAGI. 8 s.
49. Jarotek, V., Menšík, M. (2009): Interpretace formulí v PL1 do přirozeného jazyka. To appear in: DOSTÁLOVÁ, Ludmila - ŠEBELA, Karel (eds.): *ORGANON VI: Odkud a jak brát stále nové příklady?* Praha: Karolinum
50. Kohut, O. (2007): Brain for agents in multi-agent systems. In *WOFEX 2007*, Faculty of electrical engineering and computer science, VŠB – Technical University of Ostrava, pp. 291-296.
51. Kohut, O., Košinár, M., Takács, O. (2008): Brain Architecture and Reasoning of Intelligent Agents in MAS. In *GIS Ostrava 2008*, Faculty of electrical engineering and computer science, VŠB - Technical University of Ostrava, 2008, 17 p.
52. Kohut, O., Košinár, M. (2009): Communication of Intelligent Agents Integrated to GIS. To appear in: PEŠKOVÁ, Kateřina (ed.): *GIS Ostrava 2009*, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, VŠB - Technical University of Ostrava.
53. Menšík, M., Miketa Tomáš (2006): E-learningová podpora výuky logiky (eLogika). In *ORGANON V.*, pp. 76-88.
54. Menšík, M., Číhalová, M. (2008): An outline of plan generation and plan-based decision making in Multi-Agent System, VSB - Technical University of Ostrava, 2008. Ed. Václav Snášel, 978-80-248-1807-8
55. Müller, J. (2005): TL - Content Language Based on Transparent Intensional Logic. In *WOFEX 2005*.
56. Müller, J.; Děrgel, P. (2006): Transparent Intensional Logic and Situated Multi-agent Systems. Proceedings of the *GIS Ostrava*, 2006, ISSN 1213-239X.
57. Radecký, M. (2005): Modeling of Processes. In Proceedings of *WOFEX 2005*, Ostrava:VŠB-Technical University of Ostrava, 2005
58. Radecký, M. (2006): Agents within the Multi-Agent System. In *WOFEX 2006*, Ostrava.
59. Radecký, M. (2006): Intelligent Selection of Realizations within the Agent Behavior. In sborník *ECMS 2006*, ISBN 0-9553018-1-5
60. Radecký, M., Gajdoš, P. (2006): Process and Logic Approaches in the Intelligent Agents Behavior. In sborníku *EJC 2006*, ISBN 80-248-1023-9
61. Radecký, M., Gajdoš, P. (2007): Process and Logic Approaches in the Intelligent Agents Behavior. In *Information Modelling and Knowledge bases XVIII*, Duží, M., Jaakkola, H., Kyioki, Y., Kangassalo, H. (eds.), IOS Press Amsterdam, 295-300, ISBN 978-1-58603-710-9
62. Radecký, M., Gajdoš, P. (2008): Reconfigurable Intelligent Agents. In sborník *UKSim 2008/IEEE*, Cambridge: EUROSIM, 2008, p. 543-548, IEEE, ISBN 0-7695-3114-8

63. Radecký, M., Gajdoš, P. (2008): Intelligent Agents for Traffic Simulation. In sborník *SpringSim ADS2008*, Ottawa: SCS, 2008, p. 109-115, ISBN 1-56555-319-5
64. Radecký, M., Vondrák, I. (2005): Formalization of Business Process Modeling. In *ISIM 2005*. Ed. Jaroslav Zendulka, Ostrava: MARQ, 2005, 235-242, ASU, CSSS, EUROSIM, SCS, ISBN 80-86840-09-3
65. Radecký, M., Vondrák, I. (2005): Modelování chování agentů v multiagentových systémech. In sborník - *Informační technologie pro praxi*, Ostrava, pp. 50-58, Česká společnost pro systémovou integraci, 80-248-0925-7
66. Radecký, M., Vondrák, I. (2006): Agents and Their Behavior's Reconfiguration. In *ECEC 2006*. Ed. Uwe Baake, Enver Yucesan, Ghent, Belgium: EUROSIS, 2006, pp. 113-120, EUROSIS, ISBN 90-77381-24-4
67. Radecký, M., Vondrák, I. (2006): Business Process Modeling based on UML Activity Diagrams. In *ISIM 2006*. Ed. Jaroslav Zendulka, Ostrava: MARQ, 77-84. ISBN 80-86840-19-0
68. Radecký, M., Vondrák, I., Štolfa, S. (2004): Byznys modelování a jeho možnosti využití v praxi. In sborník - *Informační technologie pro praxi*, Ostrava: Česká společnost pro systémovou integraci - Tanger s. r. o.
69. Radecký, M., Vondrák, I., Štolfa, S. (2004): Modelování byznys procesů v praxi. In sborník - *Rozvoj podnikavosti*, Ostrava: Vysoká škola podnikání, a.s., 80-86764-15-X
70. Rapant, L., Vašatová, A., Drozdová, M. (2008): Traffic modelling using cellular automata. In: *GIS OSTRAVA 2008*, Ostrava, Czech Republic: VSB-TU Ostrava.
71. Rapant, L., Vašatová, A., Drozdová, M. (2009): Traffic modelling using cellular automata. *Acta Montanistica Slovaca*, Košice (submitted).
72. Rapant, P. (2007): Prostor v multiagentových systémech modelujících prostorové procesy. *Acta Montanistica Slovaca*, Košice, Ročník 12(2007), číslo 2, 84-97.
73. Stankovič J., Děrgel P. (2008): Cooperative System for Metric Spatial Data Gathering and Processing in Real Time. In proceedings: *WORLDCOMP'08/PCV 2008* Las Vegas, 14-17.7.2008, ISBN 1-60132-090-6 (Print 2), CSREA Press, LV, USA
74. Vondrák, I. (2006): Business Process Modeling. In *16th European-Japanese Conference*. Ed. Yasushi Kiyoki, Hannu Kangassalo, Marie Duzi, Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, 2006, 295-307, ISBN 80-248-1023-9
75. Vondrák, I. (2007): Business Process Modeling. In *Information Modelling and Knowledge bases XVIII*, Duží, M., Jaakkola, H., Kiyoki, Y., Kangassalo, H. (eds.), IOS Press Amsterdam, 223-235.
76. Vondrák, I., Fedorčák, D., Kožusznik, J. (2006): Business Processes. In *GIS Ostrava 2006*. Ed. Jan Růžička, Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, 2006, p. 20, ISSN 1213-2454

Dissertation and diploma theses

1. Petr Gajdoš: *Formal Concept Analysis and its Application*. Disertační práce VŠB-TU Ostrava (rok obhájení: 2006)
2. Pavel Děrgel: *Prostorové Multi-agentové systémy*. Disertační práce VŠB-TU Ostrava (rok obhájení 2006).
3. Michal Radecký: *Multi-Agentní systém a specifikace chování agentů*. Disertační práce VŠB-TU Ostrava (Teze obhájeny v roce 2007, práce bude obhájena v roce 2009).
4. Marek Menšík: *Teorie pojmu a konceptuální modelování*. Disertační práce VŠB-TU Ostrava (Teze disertační práce obhájeny v roce 2007, práce bude obhájena v roce 2009).
5. Ondřej Kohut: *Reprezentace a zpracování báze znalostí pro rozhodování agentů*. (Teze disertační práce obhájeny v roce 2007).
6. Tomáš Frydrych: *Popis Universálního Informačního Robota z hlediska logické teorie a jeho aplikace na řešení krizových situací v dopravním systému*. (Magisterská diplomová práce obhájena v roce 2007)

7. Petr Vyletělek: *Využití Transparentní intensionální logiky pro podporu realizace inferenčního stroje v multiagentovém systému.* (Magisterská diplomová práce obhájena v roce 2007)
8. Zdeněk Galus: *Realizace základních inferencí v Prologu na základě specifikace v jazyce TIL-Script.* (Magisterská diplomová práce obhájena v roce 2008)
9. Tomáš Karkoška: *Vytvoření nástroje pro podporu ontologií v multi-agentním prostředí.* (Magisterská diplomová práce obhájena v roce 2008)
10. Jan Krchňák: *Systém pro logickou dedukci.* (Magisterská diplomová práce obhájena v roce 2006)
11. Michal Košinár: *Vývoj softwarové varianty jazyka Transparentní intensionální logiky.* (Bakalářská diplomová práce obhájena v roce 2008)
12. David Turoň: *Implementace úlohy v multi-agentním systému.* (Bakalářská práce obhájena v r. 2008).

Akademie věd ČR

VÝKAZ o použití přidělených finančních prostředků v roce 2008 na řešení projektu programu 'Informační společnost'

Identifikační kód projektu: 1ET101940420

Příjemce: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

1. Investiční náklady (IN)

specifikace položky	výkaz 2008 v tis. Kč
celkem investiční náklady	0

2. Mzdové náklady (MZD)

a) mzdy a platy pro pracovníky

jméno a příjmení pracovníka	výkaz 2008 v tis. Kč
celkem mzdy a platy	0

b) odměny

jméno a příjmení pracovníka	výkaz 2008 v tis. Kč
Nikola Ciprich	0
Martina Číhalová	0
Pavel Děrgel	103
Daniela Ďuráková	68
Marie Duží	137
Dušan Fedorčák	0
Tomáš Frydrych	0
Petr Fuks	0
Petr Gajdoš	124
Zdeněk Galus	0
Yveta Geletičová	0
Petr Hliněný	0
Bronislava Horáková	28
Lucie Hrubá	0
Ondřej Kohut	0
Michal Košinár	0
Renáta Matějková	0
Marek Menšík	0
Tomáš Minarčík	0
Roman Ožana	0
Michal Radecký	124

Petr Rapant	94
Ondřej Takács	0
David Turoň	0
Ivo Vondrák	37
Petr Vyletělek	0
Technicko-administrativní personál	35
celkem odměny	750

3. Ostatní osobní náklady (OON)

specifikace položky OON	výkaz 2008 v tis. Kč
Tvorba ontologií	120
Implementace aplikací Agent Studio a GISAgent	200
Specifikace a implementace jazyka TIL - Script	170
Specifikace a tvorba modelu meta-systemu GIS	80
Testování a verifikace aplikací	80
celkem ostatní osobní náklady	650

4. Věcné náklady (VN)

položky věcných nákladů	výkaz 2008 v tis. Kč
Drobný majetek	22
Provoz a údržba	97
Další provozní náklady	11
Služby	27
Zveřejnění výsledků	1
Cestovné	623
Doplňkové náklady	55
Povinné zákonné odvody	424
celkem věcné náklady	1260

Účelové finanční prostředky na řešení projektu (v tis. Kč)

rok	IN	MZD	OON	VN	celkem
přiděleno 2008	0	750	650	1260	2660
čerpání 2008	0	750	650	1260	2660

Celkové uznané náklady na řešení projektu ze všech zdrojů financování

Účelové prostředky od AV ČR (v tis. Kč)						
2004	2005	2006	2007	2008	celkem	
1669	3130	2860	2760	2660	13079	
Ostatní veřejné zdroje (v tis. Kč)						
0	0	0	0	0	0	
Neveřejné zdroje financování (v tis. Kč)						
0	0	0	0	0	0	
Celkové uznané náklady na řešení projektu (v tis. Kč)						
1669	3130	2860	2760	2660	13079	

Povinnou přílohou výkazu je tištěná sestava jednotlivých účetních položek za rok 2008 potvrzená odpovědnou osobou!

Datum: _____

Zpracoval: _____

Tel: _____

E-mail: _____

podpis řešitele projektu

podpis a razítko statutárního zástupce příjemce dotace

PŘEHLED UPLATNĚNÝCH VÝSLEDKŮ ZA CELÝ PROJEKT

Publikace		Publikováno	Přijato k publikaci
J	článek v odborném periodiku	19	1
B	odborná kniha	1	1
C	kapitola v odborné knize	2	0
D	článek ve sborníku	71	5

Chráněné výsledky		Uděleno	Podáno
P	patent nebo jiný výsledek podle zvláštních právních předpisů	0	0

Aplikované výstupy		Uplatněno	
Z	poloprovoz, ověřená technologie, odrůda, plemeno	0	
S	prototyp, uplatněná metodika, funkční vzorek, autorizovaný software, výsledek aplikovaného výzkumu promítnutý do právních předpisů a norem, užitečný vzor, specializovaná mapa s odborným obsahem	8	

Ostatní výsledky		Uplatněno	
V	oponovaná výzkumná zpráva určená pro státní zprávu	0	
A	audiovizuální tvorba, elektronický dokument	3	
M	uspořádání konference	1	
W	uspořádání workshopu	7	
E	uspořádání výstavy	0	
O	ostatní výsledky	12	

CELKEM		124	7
---------------	--	------------	----------