

# KONCEPTUÁLNÍ MODELOVÁNÍ, FORMÁLNÍ ZÁKLADY A ONTOLOGIE

**Martin Molhanec**

České vysoké učení technické – FEL, K-13113  
Technická 2, 166 27 PRAHA 6, Dejvice, Česká republika  
tel.: (+420) 2 2435 2118  
mailto: molhanec@fel.cvut.cz  
http://martin.feld.cvut.cz/~molhanec

**Abstrakt** *Obsahem příspěvku jsou úvahy o základech konceptuálního modelování. Autor nejprve definuje, co je vlastním obsahem konceptuálního modelování. V další části textu představí několik přístupů, jak vybudovat formální základy konceptuálního modelování. Jak s využitím matematicko-logického aparátu, tak pomocí ontologií.*

## 1 ÚVOD

V posledních několika letech jsem publikoval několik příspěvků [1], [2] a [3] na téma problematika objektového přístupu v modelování. Důvodem vzniku těchto příspěvků byla moje nespokojenost s výkladem objektového modelování zejména v souvislosti s užitím UML. Díky této nespokojenosti, jsem se dostal ke snaze lépe proniknout do základních principů objektového modelování. Výsledkem této nespokojenosti jsou mé příspěvky na této konferenci [6] a na konferenci Objekty [4] a [5]. Tento příspěvek v této tradici pokračuje.

## 2 KONCEPTUÁLNÍ MODELOVÁNÍ

Je zvláštní, jak je těžké proniknout k samé podstatě skutečnosti. Pojmy nejsou tak jasné a zřejmé, jak si představujeme. V mnoha případech jsou chybné pojmy prosazovány nekvalitními knihami a učebnicemi, které však mají potřebnou přístupnost pro velké množství studentů a dalších čtenářů. Uvedu jeden konkrétní případ. Nejmenovaný student mi přinesl ukázat objektový diagram dat, se kterými aplikace pracuje. Zcela očividně se jednalo o objektový logický či fyzický diagram. Na moje upozornění, že by měl nejprve začít s diagramem konceptuálním, odpověděl, že on přeci pracuje s objektovou databází a nikoliv s nějakou relační, tak k čemu by mu nějaký konceptuální diagram vlastně vůbec byl.

Je zřejmé, že vůbec nechápal samotnou podstatu věci. Avšak hlavní zásluhu na jeho neznalosti mají jeho učitelé! Konceptuální diagram, jak vyplývá z jeho názvu, je o *pojmech*. Jedná se o model reálného světa, který modeluje, a tomuto světu je opravdu jedno, jakou databázi použijeme pro implementaci tohoto modelu! Pochopitelně, jsou různé konceptuální modely, starší generace těchto modelů opravdu vznikla v době relačních databází a v souladu s jejími schopnostmi obsahovala pouze jediný typ vztahů a to *vztah prostý*, který dnes označujeme v angličtině většinou jako „*relationship*“.

Nicméně i samotný konceptuální model se postupně vyvíjel a postupně se obohatil o další typy vztahů, tak jak je dnes známe z oblasti objektového paradigmatu. Jedná se o vztah *specializace-generalizace* (můžeme také nikoliv zcela korektně mluvit o *dědičnosti*) a vztah *celek-část*, také nazývaný *agregace* či *kompozice*. Je zřejmé, že konceptuální model je zcela obecný a základní *pojmový* model, absolutně nezávislý na jakékoliv potenciální implementaci jeho obsahu! V dalším textu, pokud není uvedeno jinak, myslím pod pojmem *konceptuální model* objektově orientovaný konceptuální model, který rozlišuje tři typy vztahů: vztah prostý, vztah celek-část a vztah generalizace-specializace.

Jedna malá poznámka. V českých textech působí poněkud potíže skutečnost, že anglický termín „*association*“ a „*relationship*“ znamená v obou případech „vztah“ a také se tak překládá. Ve většině případů je však termín „*relationship*“ specializací obecnějšího termínu „*association*“. Můžeme tedy říci, že „*relationship*“ je „*association*“, v češtině by však tvrzení *vztah je vztah* nedávalo smysl. Já osobně překládám proto termín „*relationship*“, jako „*prostý vztah*“, podobně by se však dal termín „*association*“ překládat jako „*obecný vztah*“.

Musím také konstatovat, že jsem snad jediný učitel na své škole, který trvá na tom, aby studenti bezpečně rozlišovali mezi pojmem „*relace*“ (anglicky „*relation*“), ve smyslu matematického *relačního datového modelu* (Edgar F. ‘Ted’ Codd [8]) a pojmem „vztah“, (anglicky „*relationship*“) ve smyslu konceptuálního *entitně-vztahového modelu* (Dr. Peter Chen [9]). Není nutné nijak zdůrazňovat, že zmatek ve znalostech a jejich užití je při nesprávném používání těchto dvou nesmírně důležitých pojmů naprosto zásadní!

A další malá, ale důležitá poznámka na konec této kapitoly. Je omylem se domnívat, jak tak bohužel někteří autoři činí, že objektově orientovaný jazyk nebo objektově orientovaná databáze poskytuje stejný stupeň abstrakce, jako má konceptuální model. Nikoliv! Toto matení však vede naše studenty k tomu, že si myslí, že logický či dokonce fyzický objektový model je něco lepšího! Ve skutečnosti však, je tomu naopak.

Z faktů uvedených v této kapitole, lze vyvodit následující předpoklady:

- Konceptuální modelování se zabývá modelováním skutečností reálného světa, a proto musíme tento svět pochopit a popsat prostřednictvím pojmů z tohoto světa.
- Konceptuální modelování není žádným způsobem závislé na případné implementaci jím vytvořeného modelu.

Pojem *konceptuální model* vymezují pomocí následujících tvrzení:

1. Objektem jeho zájmu jsou objekty v reálném nebo abstraktním světě (*objekty*).
2. Zajímá se o vlastnosti těchto objektů (*atributy a vztahy*).
3. Zajímá se o identifikaci těchto objektů v reálném světě (*jedinečnost*).
4. Jeho zájmem je klasifikace těchto objektů dle různých společných vlastností (*třídy*).
5. Jeho zájmem jsou vztahy mezi těmito klasifikačními třídami (*generalizace-specializace*).
6. Jeho zájmem jsou struktury tvořené objekty (*skládání*).
7. Zajímá se o další vzájemné vztahy mezi objekty a o klasifikaci těchto vztahů (*vztahy prosté*).

### 3 TEORETICKÉ ZÁKLADY

Existuje několik přístupů, jak vybudovat teoretické základy konceptuálního modelu. Střediskem našeho zájmu jsou pochopitelně formální metody, které umožňují vybudovat konceptuální paradigma vědecky a metodicky. V kurzech softwarového inženýrství se většinou k pojmu konceptuální model přistupuje empiricky. Konceptuální paradigma je vysvětleno na několika příkladech a analogiích. Problém nastává v okamžiku, kdy potřebujeme přesněji stanovit některé pojmy, například: co je to vlastně objekt, co je to vlastně třída, jak se liší vztah agregace od prostého vztahu 1:M, atp. Tvrzení, že výklad jednotlivých pojmů závisí na zkušenosti analytika, je sice do určité míry pravdivé a většina odborníků intuitivně výše uvedené pojmy správně používá, ale pro vybudování formálních základů empirický přístup nestačí. Na straně druhé je nutné zdůraznit, že empirická zkušenost je jediným platným potvrzením našich teoretických hypotéz. Teorie nepotvrzená praxí je pouhým mýtem. Jaké jsou tedy možné (a zřejmě nikoliv všechny) možnosti vybudovat formální základy konceptuálního modelování?

#### 3.1 Matematicko-logický přístup

Matematicko-logický přístup vychází z teorie množin, relací a matematické logiky. Jako reprezentativní ukázkou toho přístupu si uvedeme definice pojmů *kontext* a *koncept* z publikace [10] autorů Bernharda Gantera a Rudolfa Willeho z TU Dresden.

**Definice 1:** **Formální kontext**  $K := (G, M, I)$  je trojice, ve které  $G$  a  $M$  jsou množiny a  $I$  je relace mezi  $G$  a  $M$ . Prvky  $G$  se nazývají *objekty* a prvky  $M$  se nazývají *atributy* kontextu. Abychom vyjádřili skutečnost, že objekt  $g$  je v relaci  $I$  s atributem  $m$  píšeme:  $gIm$  nebo  $(g, m) \in I$  a čteme: „objekt  $g$  **má** atribut  $m$ “.

**Definice 2:** Pro podmnožinu  $A \subseteq G$  definujeme:

$$A' := \{m \in M \mid gIm \text{ for all } g \in A\}$$

( $A'$  je množina atributů společných objektům, které jsou prvky  $A$ )

Podobně pro podmnožinu  $B \subseteq M$  definujeme:

$$B' := \{g \in G \mid gIm \text{ for all } m \in B\}$$

( $B'$  je množina objektů, jejichž všechny atributy jsou prvky  $B$ )

**Definice 3:** **Formální koncept** kontextu  $(G, M, I)$  je dvojice  $(A, B)$ , kde  $A \subseteq G$ ,  $B \subseteq M$ ,  $A' = B$  a  $B' = A$ . Množinu  $A$  nazýváme **extenzí** a množinu  $B$  nazýváme **intenzí** konceptu  $(A, B)$ . Potom výraz  $B(G, M, I)$  značí množinu všech konceptů kontextu  $(G, M, I)$ .

Výše uvedený formální matematicko-logický přístup umožňuje vybudovat vysoce formalizovaný aparát tvořící fundament konceptuálního modelování. Stručný úvod do teorie od výše citovaných autorů je k dispozici i online na Internetu [11] a další množství relevantních odkazů naleznete na stránkách jednou ze spoluautorů výše citované publikace [12].

Dalším příkladem vybudování formálně-matematického základu paradigmatu konceptuálního modelování je habilitační práce [13] *Marie Duží* z VŠB – Technická Univerzita Ostrava. Duží ve své práci pokládá formální základy metodice *HIT* [14], která vznikla již 80. letech v tehdejší ještě Československu. Jako matematicko-logický základ celé práce je použita transparentní intenzionální logika [15].

### 3.2 Ontologický přístup

Novější přístup k vybudování teoretické základny pro konceptuální modelování vychází z paradigmatu ontologií. Ontologie je poměrně populární pojem, zvláště v poslední době, kdy se vyrojila celá řada prací na téma využití ontologií v prostředí Internetu. My se však budeme zabývat původnějším užitím tohoto pojmu, a to pro vybudování konceptuálního modelu, který je správným odrazem reálného světa! Ontologický přístup zkoumá význam jednotlivých pojmů, co je to objekt, co je vlastnost, co je to vztah. Na rozdíl od předchozích matematicko-logických přístupů je pro ontologický přístup prvotní význam sám o sobě a teprve na druhém místě matematicko-logický formalismus. Pochopitelně je tomu i obráceně. Všechny výše uvedené matematicko-logické přístupy zkoumají význam jednotlivých kategorií reálného světa, a proto pracují i s ontologiemi. Nicméně si dovoluji podle svého úsudku a cítění rozdělit teoretické přístupy potřebné k vybudování formálních základů konceptuálního modelování na tyto dvě zde uvedené kategorie.

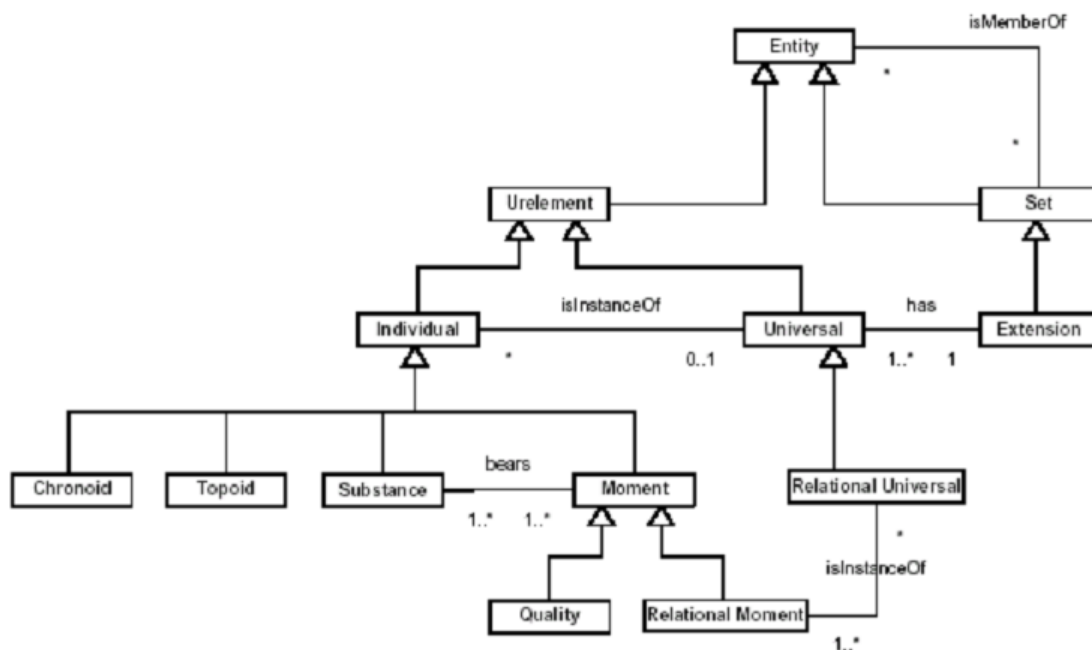
Co je to vlastně ontologie? Uvedeme si citát dle [20], který nám definuje co je to ontologie, jako disciplína filosofie.

*Pojem ontologie (slovo odvozeno z řečtiny; on, ontos – jsoucí, logos – výklad) se objevuje až v 17. století – 1613 Goclein, 1656 Clauberg – a jeho použití ve filosofickém významu je spojeno se jménem Christiana Wolffa, který jím chce nahradit pojem metafyziky ve smyslu učení o bytí vůbec. Ontologie jako filosofická disciplína se zajímá o bytí ve smyslu jeho nejobecnějších určení, vlastností a projevů. V tomto smyslu se tedy příliš nevzdaluje původnímu (Aristotelovskému) významu pojmu metafyzika (ve smyslu první filosofie).*

Nás však více zajímá ontologie, jako inženýrská disciplína vhodná jako východisko pro formální teorii konceptuálního modelování. Dle [16] je ontologie jako předmět praktického ontologického inženýrství, tj. jako „*informační artefakt*“ univerzální soustava znalostí popisující objekty, jevy a zákonitosti světa „*tak jak je*“, tj. maximálně nezávisle na lidském usuzování o něm. Z hlediska využití v oblasti konceptuálního modelování je pro nás základní definice formulovaná T. Gruberem, jedním z „duchovních otců“ ontologií: „*ontologie je explicitní specifikace konceptualizace*“ [18] a její modifikace provedená W. Borstem: „... *formální specifikace sdílené konceptualizace*“ [19].

Za východisko své další práce jsem přijal koncept publikovaný v [21], [22], [23] a [24]. Autoři citovaných publikací využívají GOL (*General Ontological Language*) [25] a [26], jako ontologii nejvyšší úrovně (*upper level*) za účelem definování formálního konceptuálního modelu. Autoři také diskutují vztah mezi jimi užitou ontologií a UML. Není překvapující, že

zjišťují nedostatečně přesné definování jednotlivých konstruktů UML vzhledem k ontologiím. Zjednodušeně řečeno, UML je nepřesné a dovoluje různý výklad svých konstruktů. Tato skutečnost je, bez užití ontologií, reflektována v mých příspěvcích [1], [2] a [3]. Základní prvky ontologie vyšší úrovně GOL jsou na obr.: 1.



obr.: 1: UML diagram tříd základních pojmů GOL.

Základním pojmem GOL je tzv. *Urelement*, což je *entita (jsoucno)*, která není množinou. Jak je z diagramu patrné existují dvě hlavní kategorie Urelementů, a to *individua (Individual)* a *univerza (Universal)*. Individua mohou být:

- *Substance (Substance)*, jsou individua, která existují sama od sebe a pro svoji existenci nepotřebují ostatní entity. Typickou substancí je například: osoba, dům, měsíc nebo auto.
- *Vlastnosti (Moment)*, jsou individua, která existují pouze „v jiných“ individuích. Typickými příklady vlastností jsou například: barva, spojení, objednávka, atp. Vlastnosti se dají dělit na vlastnosti vztažené pouze k jediné substanci, pak jsou to *kvality (Quality)* a nebo jsou vztažené k více substancím současně, pak se jedná o *relační vztahy (relational moments)*.

Je vidět, že z ontologie vyplývá, že to, co je běžně chápáno, jako dvě odlišné skutečnosti, a to pojmy: *atribut* entity a *vztah* mezi entitami, jsou v zásadě jedním! Tento závěr, přestože překvapivý, je intuitivně reflektován v mých příspěvcích [5] a [6].

Univerzem se v GOL rozumí entita zplozená množstvím jednotlivých individuí v nějakém ohledu podobných (třída). Následujícíe *Aristotela* předpokládáme, že univerza existují v individuích (*in re*) však nikoliv nezávisle od nich! Následkem této existence musí univerza nutně vlastnit svá zhmotnění (*instance*) čili jednotlivá individua! Je patrné, že při použití paradigmatu ontologie, například GOL, se jedná o vysoce filosofický přístup.

Ve výše uvedeném textu jsem si dovolil překládat původní GOL termín *moment* termínem *vlastnost*. Vzhledem k obvyklému používání slova *moment* v českém jazyce se mi doslovný překlad zdál příliš matoucí. Nicméně slovo *vlastnost* nevystihuje skutečnost, že se nejedná o esenci konkrétní věci, tak jak ji definuje *Aristoteles* ve své *Metaphysics and Categories* [27]. Dále jsem použil slovo *zplodit*, protože se mi zdá, že lépe vystihuje pojem *instantiated* v souvislosti se vznikem univerza. Je třeba také doplnit, že GOL obsahuje nikoliv pouze grafické znázornění vztahů mezi svými jednotlivými prvky (pojmy), ale využívá též matematický aparát založený na teorii množin a predikátové logice. Tímto tedy umožňuje položit základy formální matematicko-logické teorie konceptuálního modelování podobně jako výše zmíněné matematicko-logické přístupy, avšak s ohledem na filosofické základy získané z ontologie!

#### 4 Závěr

Ve svém příspěvku jsem naznačil dva základní přístupy k vytvoření formální teorie základů konceptuálního modelování. Ve skutečnosti se oba přístupy zas až tolik neliší. Přístupy matematicko-logické v sobě též obsahují ontologie a přístup ontologický matematicko-logický aparát také pro své účely využívá. Jde spíš o jemné akcenty mezi těmito dvěma přístupy. Mne osobně více přitahuje přístup ontologický.

Je patrné, že teoretické základy konceptuálního modelování mají rozhodný význam pro správnou interpretaci toho, co to vlastně konceptuální modelování je a jak správně a jednoznačně vykládat jeho jednotlivé pojmy a struktury. Nelze však očekávat všeobecné rozšíření těchto znalostí pro jejich náročnost. Lze tedy předpokládat, že znalosti našich studentů budou v oblasti modelování stále na úrovni „šilných programátorů“, kteří dostali do ruky nějaké „kreslítko diagramů“, ve kterém si vytvoří „obrázek“ vnitřku svého programu přesvědčení o to, že dělají analýzu!?

#### 5 Literatura

- [1] Molhanec, Martin. „Kritika některých výkladů objektově orientovaného paradigmatu“. Sborník konference *Tvorba software 2004*. Ostrava. Tanger, 2004, s. 163-172. ISBN 80-85988-96-8.
- [2] Molhanec, Martin. „Objektové metodologie – jejich užití a výklad“. Sborník konference *Tvorba software 2003*. Ostrava. Tanger, 2003, s. 111-115. ISBN 80-85988-83-6.  
On line: <http://martin.feld.cvut.cz/~molhanec/VaV/files/publik/2003/OOkrit-co.pdf>
- [3] Molhanec, Martin. „UML – několik kritických poznámek“. Sborník konference *Tvorba software 2002*. Ostrava. Tanger, 2002, s. 150-159. ISBN 80-85988-74-7.  
On line: <http://martin.feld.cvut.cz/~molhanec/VaV/files/publik/2002/UML.pdf>
- [4] Molhanec, Martin. „Několik poznámek k porozumění objektového paradigmatu“. Sborník konference *Objekty 2004*, Praha. ČZU PEF 2004, s. 189–197. ISBN 80–248-0672X.
- [5] Molhanec, Martin: „Konceptuální modelování“, In: *Objekty 2005*, Ostrava, VŠB, 2005.
- [6] Molhanec, Martin: „Zásady konceptuálního totálně objektově orientovaného modelování“, In: *Tvorba softwaru 2005*. Ostrava: VŠB, 2005, s. 153–158. ISBN 80–86840-14X.

- [7] Vojtěch Merunka: „Normalizace v objektových databázích“, In: *Objekty 2004*, Ostrava. Tanger, 2004, s. 163–172. ISBN 80–85988-96–8.
- [8] On line: [http://en.wikipedia.org/wiki/Edgar\\_F.\\_Codd](http://en.wikipedia.org/wiki/Edgar_F._Codd)
- [9] On line: [http://en.wikipedia.org/wiki/Peter\\_P.\\_Chen](http://en.wikipedia.org/wiki/Peter_P._Chen)
- [10] Bernhard Ganter, Rudolf Wille: *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*. Springer-Verlag, 1999. ISBN 3-540-62771-5
- [11] Bernhard Ganter, Rudolf Wille: „Applied Lattice Theory: Formal Concept Analysis“, Preprints, (1997), On line: <http://citeseer.ist.psu.edu/ganter97applied.html>
- [12] On line: <http://www.math.tu-dresden.de/~ganter/>
- [13] Duží Marie, „*Logical Foundations of Conceptual Modelling*“, habilitační práce, Ostrava 2001, On line: <http://www.cs.vsb.cz/duzi/HABILvsb.zip>
- [14] HIT metoda, On line: <http://www.fi.muni.cz/~stanicek/P116/hitmet.ps>
- [15] On line: <http://til.phil.muni.cz/index.php>
- [16] Svátek, Vojtěch: „*Ontologie a WWW*“, DATAKON 2002, Brno, 19. – 22. 10. 2002, pp. 1–35, ISBN 80-210-2958-7.
- [17] Josef Šmajš, Josef Krob: „*Úvod do ontologie*“, Masarykova univerzita, Brno, 1991, 1994, ISBN 80–210-0879–2
- [18] Gruber, T. R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220.
- [19] Borst, W.N.: "Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse", oai:so:17864 - Scientific Output of the University of Twente, The Netherlands, ISBN:90-365-0988-2, ISSN:1381-3617(CTIT Ph.D-series No. 97-14), CTIT Ph.D-thesis series No. 97-14.
- [20] On line: <http://www.phil.muni.cz/fil/eo/skripta/index.html>
- [21] Guizzardi, G., Herre, H., Wagner, G. 2002. On the General Ontological Foundations of Conceptual Modeling. In: *Proceedings of 21th International Conference on Conceptual Modeling, (ER2002)*, 2002 Okt 07-11; Tampere, Finland. pp. 97-112. *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer.
- [22] Giancarlo Guizzardi, Gerd Wagner, Nicola Guarino, Marten van Sinderen, An Ontologically Well-Founded Profile for UML Conceptual Models, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 3084, Jan 2004, Pages 112 – 126
- [23] Guizzardi, G., Herre, H., Wagner, G. 2002. On the General Ontological Foundations of Conceptual Modeling. In: *Proceedings of 21th International Conference on Conceptual Modeling, (ER2002)*, 2002 Okt 07-11; Tampere, Finland. pp. 97-112. *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer.
- [24] Guizzardi, G., Herre, H., Wagner, G. 2002. Towards Ontological Foundations for Conceptual UML Models. In: Meersman R, Tari Z., et al. (eds.) *On the Move to Meaningful Internet Systems 2002: CoopIS, DOA, and ODBASE. Proceedings of the International Conference on Ontologies, Databases and Applications of Semantics, (ODBASE)*, 2002 Okt 29-31. Irvine, California. pp. 1100-1117. Springer
- [25] Heller, B., Herre, H. 2004. *Ontological Categories in GOL*. *Axiomathes* 14(1):57-76 Kluwer Academic Publishers.
- [26] Degen, W., Heller, B., Herre, H., Smith, B. 2001. *GOL: A General Ontological Language*. In: Welty C., Smith B., (eds.) *Proceedings of the International Conference on Formal Ontology in Information Systems, (FOIS 2001)*, 2001 Oct 17-19. Ogunquit. p. 34-46.
- [27] On line: <http://plato.stanford.edu/entries/aristotle-metaphysics/>

*V Praze, 28. března 2006*

*Martin Malhanec*