

An Ontological Model Building for Application Use of Knowledge in Thematic Cartography Domain

Konstrukce ontologického modelu pro aplikační využití znalostí z domény tematické kartografie

Tomáš PEŇÁZ

VŠB-Technická univerzita Ostrava, tomas.penaz@vsb.cz

Abstract

The paper deals with ontological modelling. The main aim is to create ontology for using in the application of an intelligent system for the interactive support of thematic map design.

The design and the implementation of software systems with a certain degree of artificial intelligence can be from the beginning based on a well-designed ontology. The ontology gathers, formalizes and organizes knowledge from the particular domain, it means from a particular branch of human activity. Creating a domain ontology requires to clearly separate the declarative knowledge from the procedural knowledge.

There are some references to the ontology related to the cartography in various publications. It is though difficult to find a book or an article that describes the topic in detail. These issues contain only general information about the importance of ontology for cartography. Very difficult is also to find detailed information about building domain ontology for thematic cartography. The paper presents original information about the possibilities that the domain expert has in the formalization of the domain knowledge of thematic cartography.

Keywords: thematic cartography, ontology, intelligent system, OWL

Klíčová slova: tematická kartografie, ontologie, inteligentní systém, OWL

Úvod

Jedním z řady podnětů k rozvoji specifické skupiny nástrojů pro tvorbu map, je skutečnost, že stále více uživatelů bez potřebných znalostí a dovedností z oblasti kartografie resp. tematické kartografie se dostává do role tvůrce mapy. Interaktivní tvorba mapy může být usnadněna v případě, že v používaném programu jsou implementovány některé prvky umělé inteligence.

Využití umělé inteligence pro zvýšení efektivity programových nástrojů, používaných při interaktivní tvorbě mapy má svá specifika. Vítaným přínosem umělé inteligence může být například funkčnost zprostředkovaná uživateli formou průvodce, který asistuje při interaktivní práci na mapě. Role inteligentního průvodce je pak výrazně sofistikovanější než v případě tradiční podoby průvodce, který pouze zprostředkovává zadání požadovaných parametrů. Od inteligentního průvodce se očekává, že zprostředkuje uživateli přístup do databáze znalostí, které pokryjí více či méně vyčerpávajícím způsobem doménu tematické kartografie.

1. Znalosti domény tematické kartografie

Znalosti, které jsou využívány v dané oblasti lidského vědění - *doméně*, například v doméně tematické kartografie, se tradičně dělí na *znalosti deklarativní* a *znalosti procedurální*.

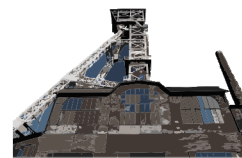
1.1 Deklarativní znalosti

Deklarativní (popisné) znalosti se vztahují k pojmům, využívaným v dané doméně pro označení a popis objektů a jevů. Tyto deklarativní znalosti zahrnují výčet a definice pojmů, zařazení pojmů do skupin tzv. *tříd* na základě jejich podobnosti podle vybraných vlastností. Deklarativní znalosti se dále týkají uspořádání pojmů a tříd do hierarchických struktur či vyjádření odlišnosti různých tříd na základě určitého hlediska. V neposlední řadě je důležité i vyjádření vzájemných vztahů mezi dvojicemi tříd, obsahujících určité pojmy. Mezi deklarativní znalosti patří rovněž vyjádření vztahu mezi synonymy, vyjádření kardinality vztahů mezi jednotlivými třídami atd.

Jako příklad deklarativních znalostí z domény (tematické) kartografie lze uvést pojem *metoda izolinií* a případně některou z možných definic:

“... je kartografická metoda, znázorňující určitou spojitou kvantitativní charakteristiku jevu pomocí čar (izočar, izolinií), spojujících místa se stejnou intenzitou.”

Následně lze tyto popisné znalosti rozšířit o klasifikaci izolinií podle toho, který jev se s jejich pomocí znázorňuje: vrstevnice, hloubnice, izobary, izotermy, izogony, izohypsy, atd. V návaznosti na to lze deklarativně popsat vzájemný prostorový vztah dvou sousedních vrstevnic konstatováním, že sousední



vrstevnice nesmí mít společný průsečík nebo bod vzájemného dotyku. Další deklarativní znalost formuluje požadavek, jímž je stanovena barva pro vykreslení vrstevnic. Podobných deklarativních požadavků může být řada.

1.2 Procedurální znalosti

Procedurální znalosti se týkají činností, procesů a aktivit, které mohou v předemné doméně probíhat a které jsou spojeny se vznikem, existencí, transformací, chováním, uskutečněním či realizací objektů a jevů z dané oblasti. Tematická kartografie zahrnuje množství procedurálních znalostí, z nichž některé mohou být elementární, jiné naopak velmi komplikované, komplexní.

Příkladem, dokumentujícím procedurální znalosti z tematické kartografie, je matematický postup, jímž lze ověřit existenci či neexistenci průsečíku dvou sousedních izolinií s cílem ověřit, zda se dvě sousední vrstevnice protínají nebo dotýkají. Tato procedurální znalost je tedy úzce spojena s deklarativní znalostí, vyjadřující vzájemný prostorový vztah mezi sousedními vrstevnicemi. Jinými příklady procedurálních znalostí domény tematické kartografie, jsou interpolační postupy, sloužící pro konstrukci izolinií na základě pole bodových měření.

2 Formalizace znalostí domény tematické kartografie

Základním problémem připravovaného využití znalostí v inteligentním programovém systému, je nalezení způsobu, kterým lze tyto znalosti uchopit. Pro doménu tematické kartografie, jejíž znalosti mají být využity pro inteligentní systém, je potřebné zkonstruovat *doménový model*, který obsahuje bázi znalostí.

Aplikační využití obou skupin znalostí v inteligentním programovém systému, který by umožnil se znalostmi pracovat, vyžaduje využití vhodné reprezentace znalostí. Pojem *reprezentace znalostí* si lze představit jako vyjádření znalostí, splňující určitou formu. Jedná se tedy o nalezení a následné využití způsobu, kterým lze znalosti formálně zapsat. Formalizace vyjádření v kartografii představuje tradiční metodu práce a proto reprezentace znalostí tohoto oboru je logickým možným pokračováním. Jak pro deklarativní tak také pro procedurální doménové znalosti, existují ověřené způsoby reprezentace, které lze realizovat za použití vhodných jazyků. Proto je výhodné využít některé ze standardizovaných způsobů reprezentace (je-li to možné), včetně nástrojů k tomu určených.

3 Reprezentace deklarativních znalostí domény tematické kartografie

Za jeden z řady možných deklarativních způsobů reprezentace znalostí, vhodný pro následné využití

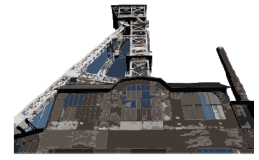
v inteligentních systémech, jsou v literatuře (Swartout 1996) označovány *znalostní ontologie* nebo též *ontologie*. Ontologie, konstruované pro využití v oblasti umělé inteligence, je možno označit za hierarchicky strukturovanou množinu pojmů (Swartout 1996), které jsou formálním popisem, vhodným pro sdílení znalostí, které zahrnují (Gruber 1993).

Tematická kartografie je oborem, v němž lze identifikovat rozsáhlé množství deklarativních znalostí a následně lze zkonstruovat ontologii, zahrnující koncept části domény tematické kartografie. V dostupných zdrojích informací (Iosifescu-Enescu 2007, Kemp 2004) lze vystopovat pouze stručné zmínky o doménových a oborových ontologiích pokrývajících kartografii, tematickou kartografii a geovizualizaci.

Důležitým krokem, prováděným v rámci aktivit *ontologického inženýrství* (Russel 2009), je *analýza domény*, v tomto případě tematické kartografie. Konstrukce kvalitní doménové ontologie je tím jednodušší, čím pevněji je příslušný obor konstituován v systému ostatních oborů, tedy čím lépe jsou ujasněny jeho vztahy k jiným oborům a čím kvalitnějšími teoretickými základy disponuje. Konstrukce ontologie může přinést i jinou přidanou hodnotu, kterou je nalezení některých nekonzistencí v systému teoretických základů zpracovávaného oboru. Ty mohou z různých důvodů přežívat ve vědomí odborníků a teprve snaha o formalizaci doménových znalostí tato problémová místa spolehlivě odhalí.

V tematické kartografii, podobně jako v jiných oborech lidské činnosti, je možno vystopovat nejednotnost pojmů a jejich definic, nejednotnost klasifikace pojmů do hierarchických struktur, nesoulad ve vymezení vzájemných vztahů mezi pojmy atd. Jedná se o problémy, které do značné míry souvisí s existencí "kartografických škol", které se etablovaly na univerzitních a dalších specializovaných pracovištích popř. v různých zemích či dokonce před a za železnou oponou. Před zahájením konstrukce ontologie se musí autor rozhodnout, který pohled na tematickou kartografii zvolí.

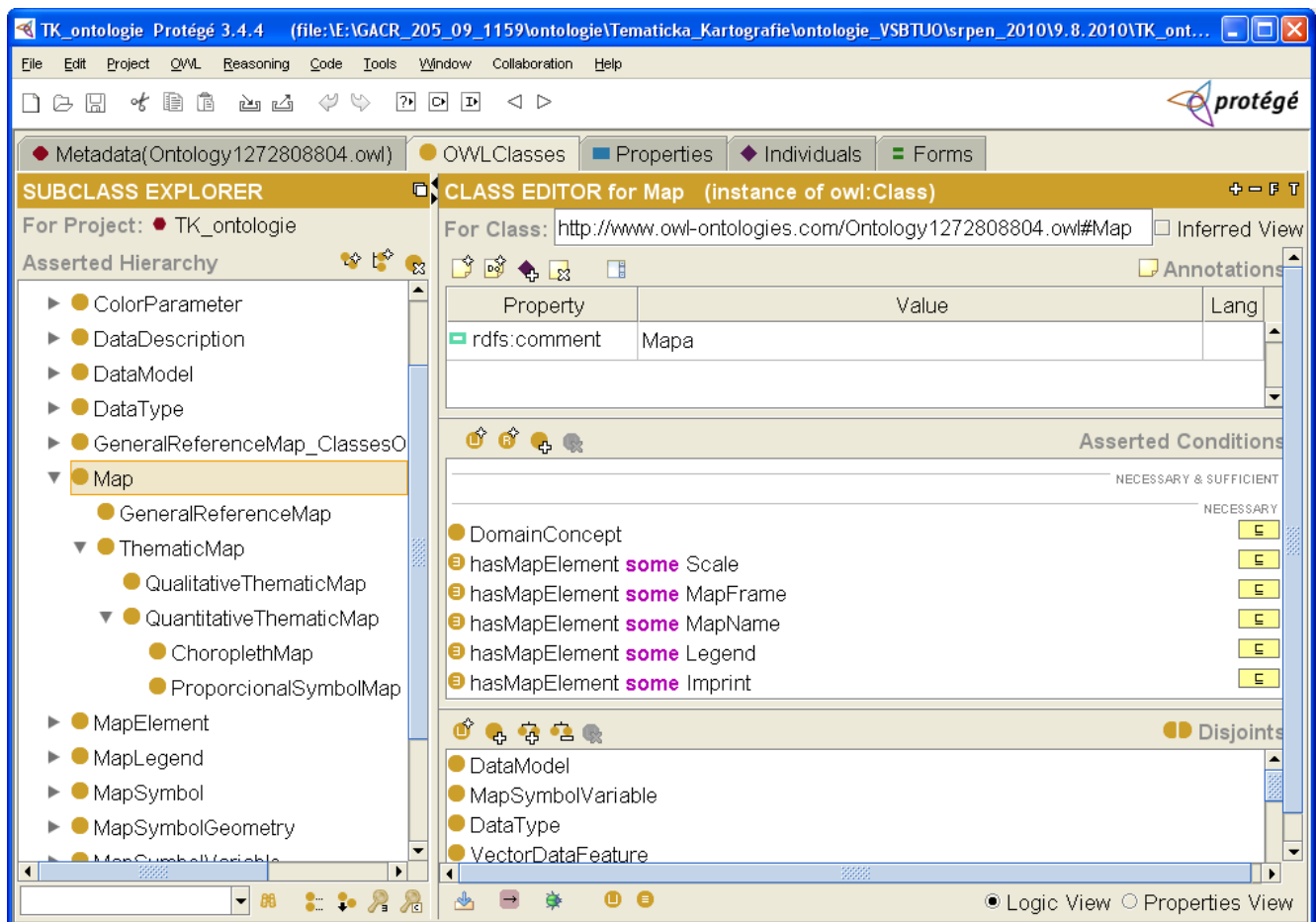
Při konstruování každé znalostní ontologie je důležité dodržet obvyklou posloupnost přípravy dvou základních složek, označovaných jako *TBOX* (Terminological Components) a *ABOX* (Assertional Components). Složka *TBOX* zahrnuje ontologii, popisující obecnou podobu doménového modelu, tedy zabývá se třídami jejich vlastnostmi a hierarchií (Baader 2007). Teprve v následném kroku má smysl zabývat se složkou *ABOX*, v rámci níž lze ontologii upravit tak, aby se zabývala popisem instancí tříd (Baader 2007), tedy problematikou patřící ke zcela konkrétním objektům (jedincům). Naopak je třeba se vyvarovat snaze o začlenění procedurálních znalostí.



V průběhu posledních dvou desetiletí proběhl zásadní vývoj v oblasti standardizace nástrojů pro tvorbu ontologií. Jedná se především o etablování řady jazyků pro zápis ontologií a dále o vznik programových nástrojů, často označované jako *editory ontologií*, které tvůrce ontologie používá k zápisu do příslušného jazyka.

V průběhu řešení projektu GA ČR 205/09/1159 bylo na základě předchozí analýzy rozhodnuto o zápisu ontologie tematické kartografie v jazyce *OWL (Ontology Web Language)* za použití editoru *Protégé 3.4.4* (Bechhofer 2004, Horridge 2004) (obr.1). Jedním z klíčových

důvodů použití této kombinace jazyka a editoru je možnost následného využití deklarativních znalostí, zachycených v ontologii. Ze tří možných dialektů (profilů) jazyka OWL (OWL-Lite, OWL-DL, OWL-Full) byl pro konstrukci experimentální ontologie využit profil OWL-DL (DL - Description Logics), umožňující zaznamenávat komplexnější popis definice tříd s využitím *deskripční logiky* (Baader 2007, Bechhofer 2004, Russel 2009), tj. zaznamenávat i vzájemné vztahy mezi třídami. OWL-DL dovoluje navíc kontrolovat konzistentnost ontologické hierarchie tříd, což přináší možnost odhalení případných nedostatků znalostí domény tematické kartografie.

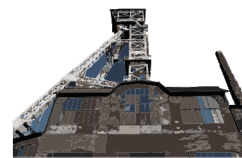


Obr.1 Ukázka prostředí editoru ontologií Protégé 3.4.4 (původní obrázek)

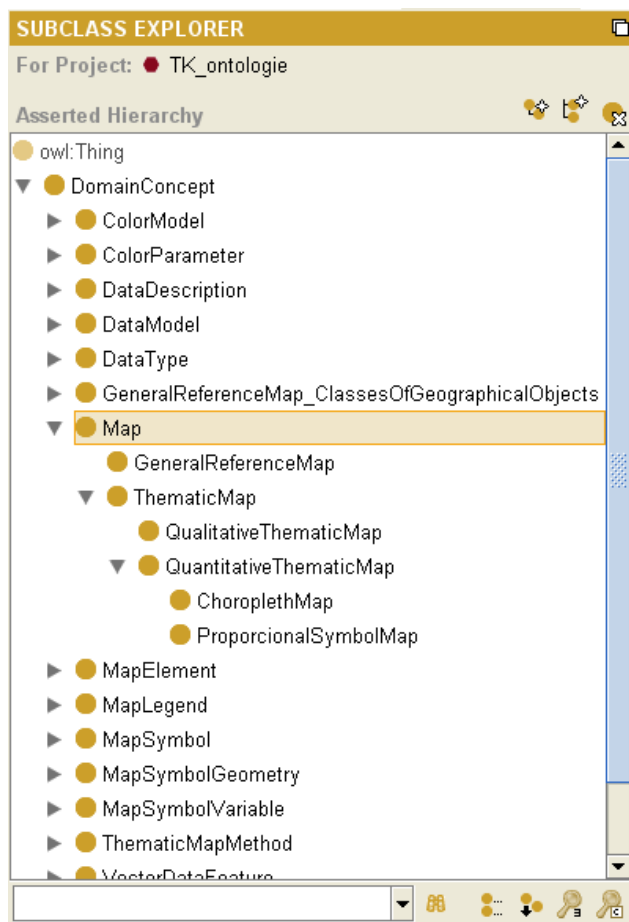
Transformací vytvořeného experimentálního doménového modelu do tříd jazyka Java bylo ověřováno, zda výsledný popis báze deklarativních znalostí z domény tematické kartografie, lze využít při integraci s databází procedurálních znalostí, uložených v databázi kartografických pravidel. Ověření exportu logického doménového modelu, uloženého v jazyce OWL-DL, do kódu v jazyce Java, bylo provedeno za použití zásuvných modulů RDFReactor, Owl2Java a Protégé OWL-API. Tři odlišné kódy, získané s pomocí těchto tří odlišných nástrojů, vyhovují pro účely dalšího vývoje, neboť

databáze procedurálních znalostí bude spravována v prostředí systému DROOLS. Nástroj DROOLS, který je zásuvným modulem vývojového prostředí Eclipse, byl vybrán na základě předchozí srovnávací studie, jejíž zadání požadovalo výběr tzv. prázdného expertního systému (Expert System Shell), použitelného pro vývoj inteligentního systému pro interaktivní podporu tvorby tematických map.

4. Konstrukce terminologické složky ontologie



Základním krokem při konstrukci terminologické složky je sestavení *taxonomie pojmů* (konceptů) tj. výběr množiny tříd a jejich organizování do hierarchické struktury, odpovídající přechodu od nadřazeného - *nadřazené třídy* (superclass) k podřazenému - *podřazené třídy* (subclass) a od obecnějšího k individuálnímu. Cílem je vytvořit hierarchickou strukturu, kterou si lze přestavit v podobě stromu (obr.2).



Obr.2 Hierarchická struktura taxonomie pojmů tematické kartografie (původní obrázek)

Pro sestavení základní kostry ontologie v OWL-DL má zpracovatel k dispozici několik typů komponent, z nichž nejdůležitější jsou třída, jedinec a vlastnost.

4.1 Třída

Třída (Class) je množina jedinců se společnou množinou vlastností. Komponenta *pojmenovaná třída* (angl. named class), je charakterizována především svým názvem, který má současně význam *identifikátoru třídy* (angl. *Uniform Resource Identifier*, dále jen *URI*), jímž je třída identifikována jako jedinečná komponenta ontologie (Bechhofer 2004, Russel 2009). Při stanovení URI pojmenovaných tříd bylo na straně tvůrců ontologie respektováno doporučení nepoužívat alfanumerické

znaky s diakritikou. V konstruované ontologii jsou použity názvy tříd, sestavené z jednoho či více slov anglického jazyka, o délce až několika desítek znaků. Takto dlouhé názvy byly voleny s cílem využít jejich vypovídací schopnost. Tyto názvy tříd budou v následujícím textu odlišeny fontem Courier New. Nepovinný komentář u jednotlivých pojmenovaných tříd, byl použit k českému pojmenování či popisu významu anglických termínů v názvech tříd. OWL umožňuje dále i vytvoření *anonymní třídy* (angl. *anonymous class*), kterou si lze představit jako výsledek logického dotazu nad pojmenovanými nebo anonymními třídami (Bechhofer 2004).

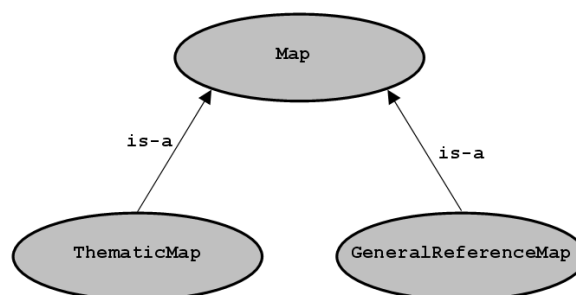
Pro vyjádření vzájemného vztahu libovolné dvojice tříd je možno použít *axiomy*, jimiž jsou *subsumpce*, *ekvivalence* a *disjunktnost* (Baader 2007, Bechhofer 2004). Jazyk OWL-DL umožňuje v prostředí Protégé zapsat pojmenované třídy včetně vzájemných vztahů, pro jejichž vyjádření jsou uvedené typy axiomů určeny.

4.1.1 Vyjádření subsumpce

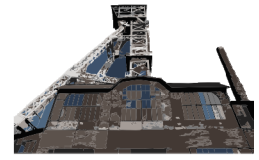
Příkladem třídy v doméně tematické kartografie je třída *Map* (mapa), která je nadřazena dvěma podřazeným třídám (obr.2):

- *ThematicMap* (tematická mapa)
- *GeneralReferenceMap* (topografická mapa, obecně zeměpisná mapa)

Naopak třídy *GeneralReferenceMap* a *ThematicMap* jsou podřazeny nadřazené třídě *Map*. Vztah těchto tříd lze zapsat do dvou hierarchických úrovní, kde výše v hierarchii stojí obecnější třída a níže v hierarchii speciálnější třída. Vztah mezi obecnější třídou a speciálnější třídou, tedy vztah typu **IS-A** ("je případem"), je charakteristický pro vztahu tříd *Map* a *ThematicMap* - tematická mapa je případem mapy. Jedná se o vztah *subsumpce* (obr.3).



Obr.3 Znázornění subsumpce mezi třídami (původní schema)



4.1.2 Vyjádření ekvivalence

Formalizované vyjádření *ekvivalence* se hodí pro uchopení *souznačných pojmů* (*synonym*). Příkladem synonym jsou termíny *izolinie*, *izoplety* a *izočáry*, které se vyskytují v české odborné terminologii.

4.1.3 Vyjádření disjunktnosti

Vyjádření axiomu *disjunktnosti* je potřebné uplatnit pro podtřídy dané třídy, neboť v OWL není disjunktnost podtříd vyjádřena implicitně. Sjednocení podtříd v OWL tedy nepokrývá nadtřídou. Bez explicitního stanovení disjunktnosti není možno vyloučit existenci třídy, která by byla zčásti nebo zcela totožná s jinou sourozeneckou třídou či třídami.

Vyjádření disjunktnosti je tedy velice potřebným axiomem, popisujícím vztah třídy k ostatním sourozeneckým třídám. Tak je možno definovat naprosto odlišné pojmy, které jsou třídami jedné nadřazené třídy. V ontologii tematické kartografie je disjunktnost zavedena například mezi třídami `Imprint`, `Inset`, `Legend`, `MapName`, `MappedArea`, `NeatFrameLine`, `NorthArrow` a `Scale`. Takto je formalizován vztah, jímž lze vyjádřit naprostou odlišnost jednotlivých kompozičních prvků mapy. Konkrétní kompoziční prvek mapy nemůže být tiráží a současně mapovým polem.

Zvláštním typem popisu třídy jsou tzv. *omezení vlastnosti* (angl. *property restriction*) a to anonymní třídy (anonymous class) všech individuí splňujících omezení (Bechhofer 2004). Jedním z typů omezení vlastností v OWL je *omezení hodnoty*, které je blíže vysvětleno v podkapitole 4.3.2 **Omezení vlastnosti**.

4.2 Jedinec

Komponenta *jedinec* (též *individuum*, nebo *objekt*) slouží k reprezentaci konkrétního objektu předmětné domény, který náleží do určité třídy. Podobně jako komponenta třída je i komponenta jedinec indentifikována svým názvem, který má současně význam identifikátoru (URI) jedince, jímž je jedinec identifikován jako jedinečná komponenta ontologie. Příkladem jedince je řeka Vltava, patřící do třídy `Stream` (vodní tok).

V některých případech je obtížné určit, hovoří-li se o třídě či o jedinci. Příkladem je `NorthArrow` (směrovka), který lze v prvním případě označit jako jedince, patřícího do třídy `MapElement`. Za určitých okolností však má smysl hovořit o `NorthArrow` jako o třídě zahrnující bohatou škálu jedinců, kterými jsou konkrétní styly pro vykreslení směrovky do mapy. Toto druhé pojetí objektu `NorthArrow` může mít smysl v případě, kdy si uživatel vybral konkrétní styl, který mu

nabízí nástroj pro interaktivní tvorbu map. Hranice mezi pojmy třída - jedinec se vytváří podle konkrétního použití konstruované ontologie.

V současné fázi není komponenta jedinec součástí experimentální ontologie tematické kartografie, neboť se zařazuje především tehdy, když je nutné s jejich pomocí definovat určitou třídu (Svátek 2003).

4.3 Vlastnost

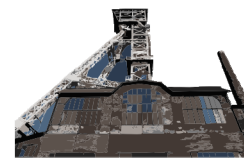
Vlastnost (angl. *Property*) je důležitou komponentou ontologie, prostřednictvím níž se vytváří *relace* – vztah mezi třídami nebo mezi jedinci. OWL-DL umožňuje pracovat se třemi odlišnými množinami vlastností. Nejdůležitějším typem vlastností je *objektová vlastnost*, na kterou se soustředí následující podkapitola. Kromě objektových vlastností lze v OWL-DL definovat *datotypovou vlastnost* (angl. *Datatype Property*), vyžadující opět název, který má současně roli jedinečného identifikátoru URI. Datotypová vlastnost umožňuje vytvořit binární relaci mezi dvěma jedinci. Další je pak *anotační vlastnost* (angl. *Comment Property*), která dovoluje přiřadit komentář.

4.3.1 Objektová vlastnost

Objektová vlastnost (angl. *Object Property*), umožňuje vytvořit binární relaci mezi dvěma jedinci. Podobně jako třídy, mohou být i objektové vlastnosti hierarchicky organizovány a může tak vzniknout *taxonomie vlastností*. Tedy *obecnější objektová vlastnost* (angl. *Property*) může být nadřazena jedné (nebo několika) podřazené *konkrétnější objektové vlastnosti* (angl. *subProperty*). Při definování je požadován jedinečný identifikátor (*a property ID*), jímž je opět URI. Podobně jako v případě identifikátorů tříd, byly při definování vlastností využity pro jejich pojmenování řetězce o délce až několika desítek znaků. Cílem bylo dát těmto identifikátorům vypovídací schopnost, která by byla co nejvíce srozumitelná pro kartografa se znalostí odborné angličtiny.

Definovaný systém objektové tříd je charakteristický hierarchickou strukturou, podobnou hierarchické struktuře tříd. Rovněž pro třídy platí vztah subsumpce mezi nadřazenou a podřazenou třídou. Definováním objektové vlastnosti je částečně formalizován vztah mezi dvěma třídami z nichž jedna je specifikována jako *definiční oboru D(f)* a druhá jako *obor hodnot H(f)*. Jedná se o způsob formalizování vztahu, který lze slovně vyjádřit „je součástí“.

Ilustrativní ukázkou formalizovaného zápisu hierarchie objektových vlastností z domény tematické kartografie, je objektová vlastnost `hasParts`, která je nadřazena objektové vlastnosti `hasMapElement`. Definiční obor

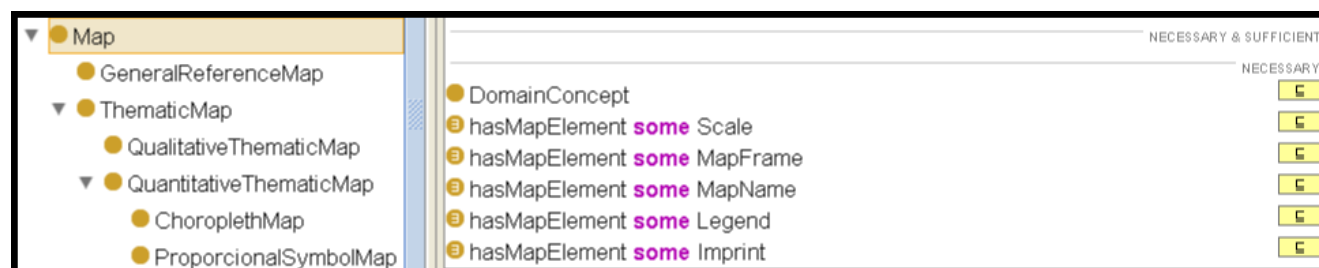


a obor hodnot je stanoven objektovou vlastností `hasMapElement`. Ta vytváří binární relace mezi třídou `Map` a podřazenými třídami třídy `MapElement`, kterými jsou `Imprint`, `Legend`, `MapName`, `MappedArea`, `Scale`, a případně dalšími. Touto objektovou vlastností je formálně vyjádřena množina znalostí, které jsou obsaženy v jednom ze základních kartografických pravidel "každá mapa musí (až na specifické výjimky) obsahovat následující kompoziční prvky: tiráž, legenda, název mapy, mapové pole, měřítko."

K objektové vlastnosti `hasParts` lze v ontologii vytvořit inverzní objektovou vlastnost `isPartOf`. Touto inverzní objektovou vlastností je formálně vyjádřena množina znalostí, specifikujících význam následujících kompozičních prvků (tiráže, legendy, názvu mapy, mapového pole a měřítko) pro mapu. Tedy skutečnost, že každý z nich je součástí mapy.

Definováním objektové vlastnosti je však vztah mezi dvěma třídami stanoven relativně volně. Aby byl v ontologii lépe vystiženy vzájemné vztahy mezi skutečnými objekty a jevy reálného světa, je třeba využít mechanismus *omezení vlastnosti*. Tak lze zajistit požadavek kartografického pravidla požadujícího, aby mapa povinně obsahovala kompoziční prvky mapové pole, název mapy, legendu, měřítko a tiráž. *Podmínka nezbytnosti* (od angl. *necessary*), tedy nutná omezení vlastnosti, se pak realizují pomocí výrazů zapsaných jazykem deskripční logiky. Cílem popisu třída `Map` má být *popsaná třída*, pro níž jsou definovány podmínky nezbytnosti (Obr.4) nebo v lepším případě *definovaná třída*, pro níž jsou stanoveny *nezbytné podmínky* i *postačující podmínky*. V experimentální ontologii tematické kartografie je v současnosti jediná definovaná třída, kterou je třída `ThematicMap`, pro níž však doposud nejsou stanoveny všechny postačující podmínky.

4.3.2 Omezení vlastnosti

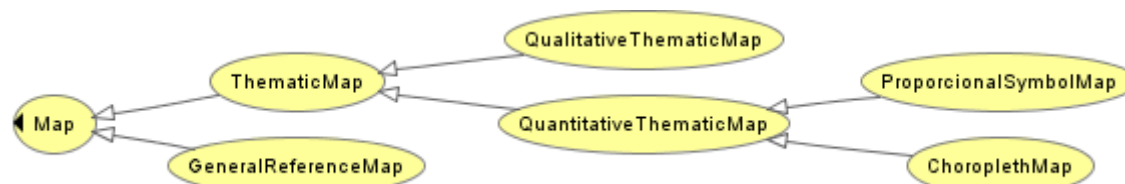


Obr.4 Formalizovaný zápis povinného umístění základních kompozičních prvků v mapě s využitím omezení vlastnosti (původní obrázek)

5. Vizualizace ontologie

Mezi výhody, kterou přináší dostupné nástroje ontologického inženýrství, patří možnost vizualizace výsledků práce. Tyto možnosti nabízí i Protégé 3.4.4,

jehož grafické prostředí nabízí vizualizaci hierarchické struktury použitých komponent, tedy tříd, vlastností i individuí. Další velmi názorný způsob vizualizace je možný za použití zásuvného modulu OWLWIZ (Obr.5).



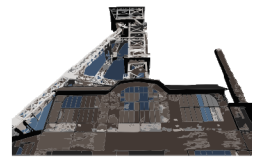
Obr.5 Ukázka vizualizace segmentu hierarchie tříd experimentální ontologie provedená s použitím modulu OWLWIZ (původní obrázek)

6. Závěr

Konstrukce znalostní ontologie je náročná činnost, jejíž úspěch závisí na řadě faktorů, z nichž mezi nejdůležitější patří znalost doménové problematiky a schopnost abstraktního uvažování tvůrce. Obtížné spojené s transformací konceptuálního modelu do podoby logického modelu zapsaného pomocí OWL-DL, souvisí

především s nedokonalostí stávajících konceptuálních modelů, které tkví mnohdy v základech dílčích oborů lidské činnosti.

Tento text nemohl při svém omezeném rozsahu podat detailní pohled na problematiku konstrukce ontologického modelu pro aplikační využití znalostí z domény tematické kartografie. V textu nezbyl prostor



pro další způsoby omezení vlastností, pro *omezení kardinality*, pro seznámení s *datotypovými vlastnostmi*, pro vysvětlení principu *dědičnosti* atd.

Použité zdroje:

BAADER, F.; HORROCKS, I.; SATTLER, U. (2007): Chapter 3 Description Logics. In Harmelen Frank van, Vladimir Lifschitz, and Bruce Porter, editors, Handbook of Knowledge Representation. Elsevier, 2007, 47 s.

On-line:

<http://www.comlab.ox.ac.uk/people/ian.horrock/s/Publications/download/2007/BaHS07a.pdf>
(cit. 30.8.2010)

BECHHOFER, S. et al. (2004): OWL Web Ontology Language. Reference. W3C Recommendation 10 February 2004. Document Status Update, 12 November 2009. On-line <http://www.w3.org/TR/owl-ref/> (cit. 30.8.2010).

GRUBER, T. R. (1993): A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, Knowledge Acquisition, vol.5, issue 2, Academic Press Ltd., s. 199–220. ISSN: 1042-8143.

IOSIFESCU-ENESCU, I.; HURNI, L. (2007): Towards cartographic ontologies or "how computers learn cartography", In: Proceedings 23rd International Cartographic Conference, 4.-10.8.2007, Moscow, Russia.

KEMP, Z. (2004): A Knowledge-based Collaborative Environment for Geovisualization: Ontologies for Multiple Perspectives on Distributed Data Resources. In: MacEachren, A.; Dykes, J. and Kraak, M.J., eds. Exploring Geovisualization. Oxford: Elsevier. ISBN 978-0-08-044531-1.

HORRIDGE, M.; KNUBLAUCH, H. et al. (2004): A Practical Guide to Building OWL Ontologie Using the Protégé-OWL Plugin and CO-ODE

Tools (1st Ed.) The University of Manchester, 24.8.2004, 117 s.

LUGER, G.; STUBBLEFIELD, W. (2004): Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving (5th Ed.). The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.. ISBN 0-8053-4780-1. <http://www.cs.unm.edu/~luger/ai-final/tocfull.html>.

MOLHANEC, M. (2006): Konceptuální modelování, formální základy a ontologie. In: sborník Tvoba softwaru 2006, 5.6.2006 Ostrava, VŠB - Technická univerzita Ostrava, s. 121-127. ISBN 80-248-1082-4. On-line: <http://formular-ekf.vsb.cz/formulare/F01/tsw/getfile.php?prispevekid=873> (cit. 30.8.2010).

RUSELL, S. J.; NORVIG, P. (2009), Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd Ed.), Upper Saddle River, Prentice Hall, 1152 s., s.437-473, ISBN 0-13-604259-7.

SVÁTEK, V. (2002): Ontologie a WWW. In sborník VŠE DATAKON 2002, Brno, 19.–22. 10. 2002., pp. 1–35, ISBN 80-210-2958-7. On-line: <http://nb.vse.cz/~svatek/onto-www.pdf> (cit. 30.8.2010).

SVÁTEK, V.; LABSKÝ, M. (2003): Objektové modely a znalostní ontologie – podobnosti a rozdíly. In sborník Objekty 2003, 12.-14.11.2003, Ostrava, On-line: <http://nb.vse.cz/~svatek/obj03fi.pdf> (cit. 30.8.2010).

SWARTOUT, B.; PATIL, R.; KNIGHT, K.; RUSS, T. (1996): Toward distributed use of large-scale ontologies. In Proceedings of the Tenth Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW '96 November 9–14, Banff, Alberta, Canada), s. 138-148. On-line: <http://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/1997/SS-97-06/SS97-06-018.pdf> (cit. 30.8.2010)

Příspěvek je součástí výstupů projektu GA ČR 205/09/1159 "Inteligentní systém pro interaktivní podporu tvorby tematických map". Bližší informace je proto možné v následujícím období vyhledat na WWW stránkách projektu na stránkách (<http://cartoexpert.comuf.com/>) projektu GA ČR 205/09/1159.

Adresa autora:

Ing. Tomáš Peňáz, Ph.D.
Institut geoinformatiky
Hornicko-geologické fakulty VŠB – Technické univerzity Ostrava
17. Listopadu 15
708 33 Ostrava-Poruba
tomas.penaz@vsb.cz