

CELKOVÝ KONCEPČNÍ DATOVÝ MODEL

OVERALL CONCEPTUAL DATA MODEL

Jiří Plíhal¹, Pavel Nedoma, Zdeněk Franc

Anotace: Předkládaný článek poskytuje základní přehled o vývoji mezinárodního normy v oblasti konceptuálního a logického datového modelu a fyzického formátu pro kódování geografických databází pro aplikace a služby inteligentních dopravních systémů (ITS). Hlavní zaměření je na aplikace kooperativních ITS systémů, automatizované systémy řízení a související informace o pozemních komunikacích a jízdách.

Klíčová slova: datové modely, geografické informační systémy, pokročilé asistenční systémy pro řidiče, ITS databáze

Summary: Paper introduces the basic approach to development International Standard in the area of conceptual and logical data model and physical encoding format for geographic databases for Intelligent Transport Systems (ITS) applications and services. The focus is on Cooperative-ITS services and automated driving systems, and relevant information about road lanes.

Key words: Data Model; Geographic Information Systems; Advanced Driver Assistant Systems, ITS Databases

ÚVOD

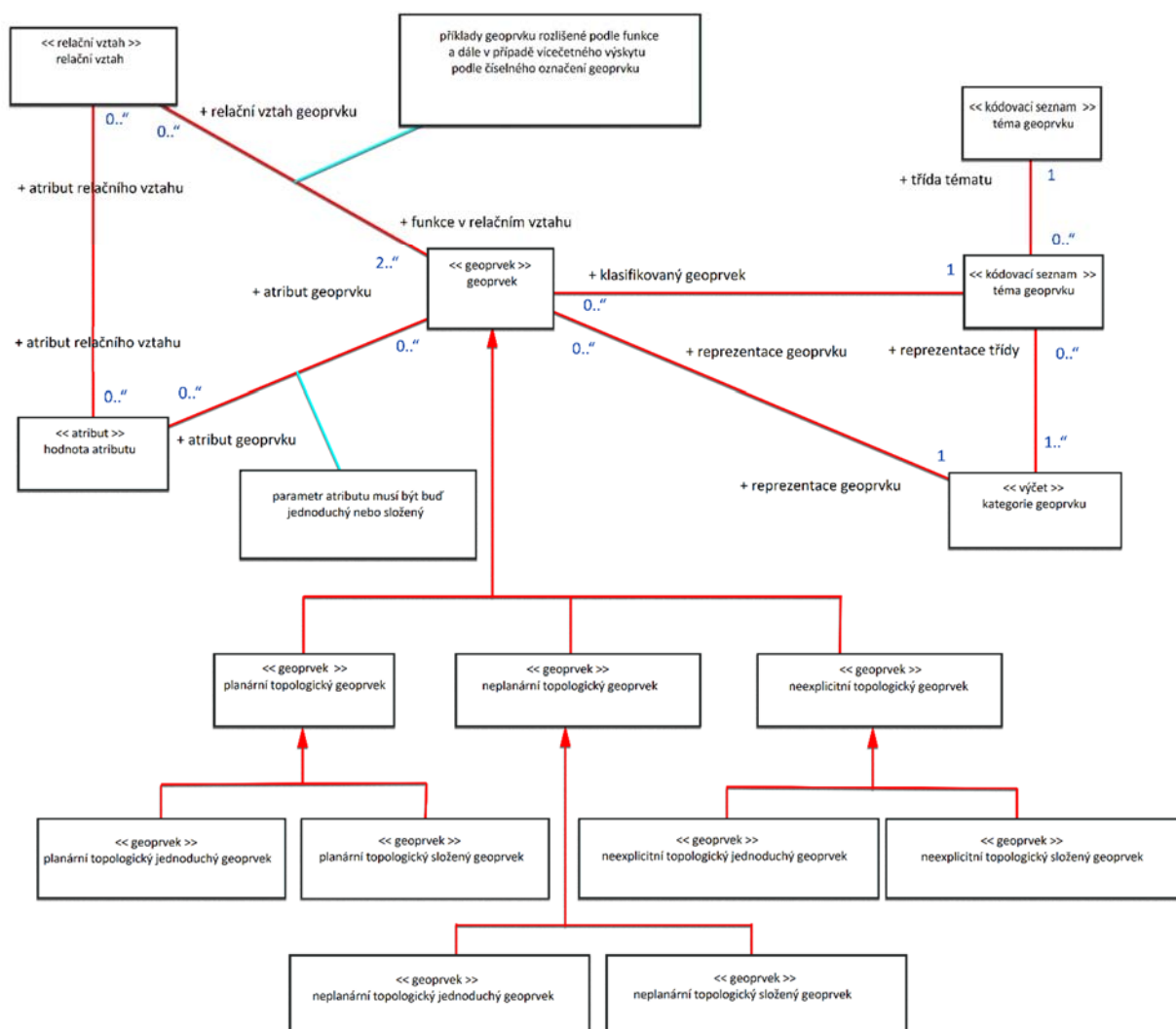
Norma GDF (Geografické datové soubory) definuje základní formát pro výměnu mapových databází inteligentních dopravních systémů (1). Její hlavní oblasti využití lze spatřit ve vozidlových navigačních systémech a zpřístupnění mapové databáze mapovým poskytovatelem. ITS aplikace v současné době zaznamenávají velmi významný technologický vzestup. Kromě toho je zaznamenáván narůstající požadavek po přizpůsobení mapových databází pro vícero poskytovatelů a propojení s externími databázemi a dopravními modely. V tomto smyslu byla také v únoru 2016 publikována norma ISO14296:2016 (2) jako rozšíření specifikací mapové databáze pro kooperativní dopravní systémy. Bohužel tato norma nezohledňuje nové požadavky autonomních řídicích systémů, což je předmětem návrhu nové mezinárodní normy.

¹ Dr. Ing. Jiří Plíhal, ÚTIA AV ČR, v.v.i., Pod Vodárenskou věží 4 182 00 Praha 8, E-mail: plihal@utia.cas.cz
Ing. Pavel Nedoma, PhD., Ing. Zdeněk Franc, ŠKODA AUTO a.s., Tř. Václava Klementa 869, 293 01, Mladá Boleslav II

1. OBECNÝ DATOVÝ MODEL GDF

1.1 Model geoprvku

Obecný datový model GDF je s využitím popisu jazyka UML znázorněn na obrázku 1. Středem tohoto modelu je „geoprvek“, který představuje databázovou reprezentaci reálného geografického objektu. Příklady takových reálných geografických objektů mohou být pozemní komunikace, nebo budovy. Všimněme si, že v tomto schématu má „geoprvek“ význam instance geoprvku, příkladem je specifický výskyt geografického objektu, jako je například Eiffelova věž v Paříži. Tento obrázek znázorňuje případ, kdy každý geoprvek musí náležet do právě jedné třídy geoprvku a právě jednoho tématu geoprvku, které jsou odkazované jedinečným kódem a jménem.



Zdroj: (1)

Obr. 1 - Obecný datový model GDF

Omezení geoprveku náležet do právě jedné třídy geoprveku je vyjádřeno popisem třídy geoprveku s multiplicitou 1 a asociací mezi třídami geoprveku. Z tohoto důvodu ani geoprvky bez tříd (geoprvky nepatřící do žádné třídy) ani hybridní geoprvky (geoprvky patřící do více tříd) nejsou v modelu GDF povolené. Geoprvky mohou mít více atributů nebo žádný. K popisu charakteristik geoprveku slouží atributy, které jsou nezávislé na jiných geoprvcích.

K asociaci dvou a více geoprvků společně se využívá relační vztah. Nicméně geoprvek se nemusí účastnit relačního vztahu. Relační vztah může mít žádný, nebo více atributů.

Každý geoprvek patří do právě jedné kategorie geoprveku. Kategorie geoprveku je odkazována jedinečným jménem a kódem. GDF rozlišuje jednoduché geoprvky a složené geoprvky. Složený geoprvek je tvořen z různých geoprvků ať již jednoduchých, nebo jejich kombinací.

1.2 Koncepční datový model v GDF

Tento datový model slouží jako meta-model pro příslušné sémantické modely jednotlivých tříd geoprvků (katalog geoprvků), jednotlivých typů atributů (katalog atributů) a jednotlivých typů relačních vztahů (katalog relačních vztahů). Každý typ atributu, typ relačního vztahu a třída geoprveku může být považována jako instance obecné UML třídy geoprveku, typu atributu a typu relačního vztahu, s ohledem na použitý meta-model. Toto dvou úrovně pojetí je implementováno s využitím podtypů třídy UML.

1.3 Koncept pásu

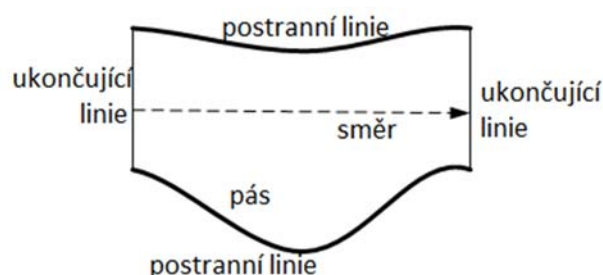
Norma GDF5.0 definuje základní datový model pro popis pozemní komunikace a objektů souvisejících s pozemní komunikací. Pozemní komunikace a křižovatky jsou vyjádřeny liniemi a body. Datový model GDF 5.0 se s výhodou používá pro určování polohy, směřování a zobrazení mapy v konvenčních navigačních systémech pro síťový popis cest a tras lodí.

Vznikající ITS systémy, například funkce pro udržení vozidla v jízdním pruhu, kooperativní IT systémy (3) a automatizované řídicí systémy, vyžadují velmi podrobné informace, které umožňují vozidlům identifikovat aktuální jízdní pruh, kde se vozidla nacházejí. Aby takové informace získaly, pozemní komunikace a objekty spojené s pozemními komunikacemi (například jízdní pruhy), jsou vyjádřeny prostřednictvím specifické funkce oblasti, která může být rozložena do úrovně různých tvarů čar, které reprezentují obecný směr pohybu vozidla, jako je středová linie, jízdní pruh a/nebo trajektorie pohybu vozidla v jízdním pruhu. Přestože základní datový model definovaný v dokumentu GDF5.0 umožňuje vozidlům identifikovat, po které pozemní komunikaci se pohybují a v jakém jízdním pruhu a jeho plošné geoprvky mohou být rozloženy do bodového tvaru. Bohužel konvenční 2D geoprvky popisující oblasti, nejsou schopné plnit požadavky vznikajících ITS aplikací.

Pro specifikaci geoprvků popisujících plochu, u kterých se předpokládá, že budou rozloženy do tvarů čar, je potřebné vytvořit koncept podobný tvaru pásu (4). „Koncept pásu“ je vhodný k vyjádření pozemních komunikací a objektů souvisejících s pozemními komunikacemi, které mají směrové charakteristiky a skutečnou šířku, pro to abychom dosáhli požadavků vznikajících ITS aplikací. V souladu s obrázkem 2 je pás tvořen postranními a ukončujícími liniemi. Ukončující linie popisují směrové charakteristiky pásu obdobně jako

postranní linie. V případě křižovatky má pás nejméně dvě směrové charakteristiky. Šířky pásu jsou vypočítané jako vzdálenost mezi párem postranních linií, které vymezují obě strany pásu.

V pásovém datovém modelu jsou koncové linie pojmově vymezeny a předpokládá se, že budou fungovat jako jakési „ventily“ pro ovládání směru na obou koncích průtoku. Postranní linie jsou rovněž pojmově vymezeny, nicméně mohou odkazovat na reálné objekty pozemní komunikace, jako je vodorovné dopravní značení, svislé dopravní značení, obrubníky, svodidla a další.



Zdroj: Autoři na základě (4)

Obr. 2 - Pásový datový model

1.4 Topologie grafu

Norma GDF podporuje tři různé druhy topologií grafu: planární topologii, ne-planární topologii a ne-explicitní topologii.

U planární topologie jsou topologické vztahy definované explicitně. Objekty se nesmí zcela ani částečně shodovat a nesmí se ani protínat nebo překrývat. Protínající se, nebo překrývající se objekty jsou rozděleny na fragmenty objektů, kde jsou tyto části reprezentované jen jednou (například sbíhající se silnicí).

V planární topologii je graf tvořen bez-rozměrnými, jedno-rozměrnými základními stavebními bloky, uzly a hranami. Ve zvláštních případech, kdy se nacházejí dva objekty nad sebou, je definován jeden uzel, často spojený vertikální hranou nulové délky, reprezentující liniový geoprvek, například výtah mezi dvěma patry budovy). Planární topologie dává možnost efektivně integrovat informace o oblasti do síťových operací.

U ne-planární topologie jsou topologické vztahy rovněž definovány explicitně, nicméně objekty se mohou zcela, nebo částečně shodovat, protínat, nebo překrývat. Ne-planární topologie umožňuje provádět síťové operace efektivně.

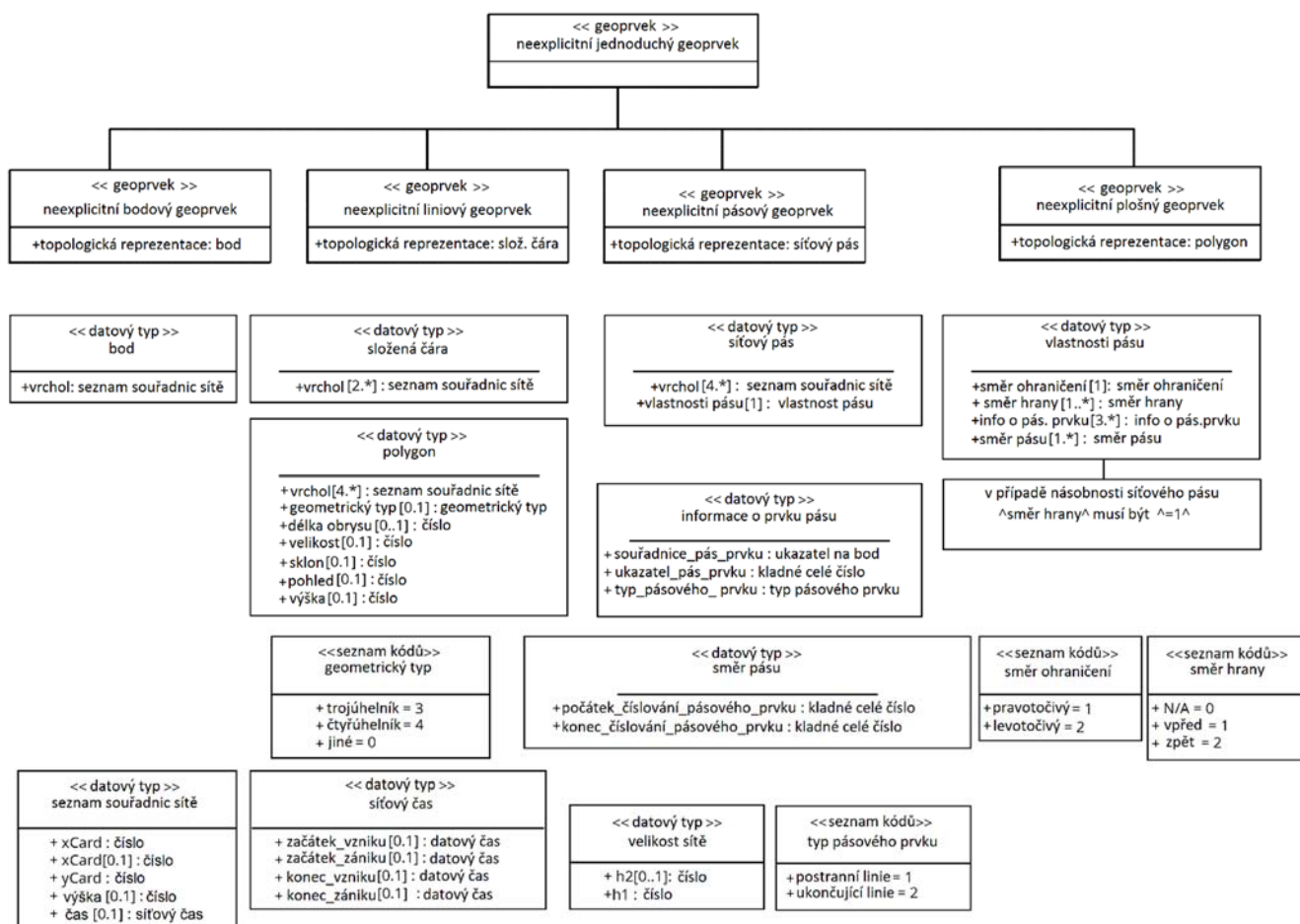
V případě ne-explicitní topologie, žádné topologické vztahy mezi objekty nejsou explicitně definované. To znamená, že topologické vztahy jsou definované pouze prostřednictvím hodnot souřadnic.

Ne-explicitní topologie umožňuje velmi efektivně definovat a zpracovat data, pro které jsou topologické vztahy méně relevantní (např. data pro znázornění mapy). Příklad modelu ne-explicitní topologie je uveden na obrázku 3. Pásový geoprvek je složen z hran a popsán svými vlastnostmi jako směrem ohraničení, směrem hrany, směrem pásu a informacemi o pásovém prvku. Hrany jsou tvořeny postranními liniemi a ukončujícími liniemi a vymezují všechna uspořádání v okolí planárního topologického pásového geoprvku, která mají být odkazována v

určitém pořadí, buď po směru hodinových ručiček, nebo proti směru hodinových ručiček. Takto je každá hrana popsána svým pořadovým číslem přiřazeným v pořadí, v jakém je generován pásový geoprvek. Počáteční uzel hrany (i+1) se musí nacházet na koncovém uzlu hrany (i).

V GDF rovinném topologickém modelu je pro plošné geoprvky poskytována plně integrovaná topologická reprezentace. Plošné geoprvky jsou definovány odkazováním na dvou rozměrné stavební bloky „čelní plochy“, které tvoří tyto plošné geoprvky.

V ne-planární topologii tvoří uzly a hrany společně ne-planární graf. To nastává v reálném případě, kdy se dva liniové geoprvky kříží na různých úrovních (např. dvě pozemní komunikace se kříží prostřednictvím mostní konstrukce), hrany které reprezentují tyto liniové geoprvky se protínají bez toho, aby tvořily uzel v bodě křížení. Zároveň ve specifických případech, kde se v reálném případě nacházejí dva bodové geoprvky nad sebou, definují se dva uzly (případně propojené vertikální hranou, reprezentující liniový geoprvek, například výtah mezi různými patry budovy).

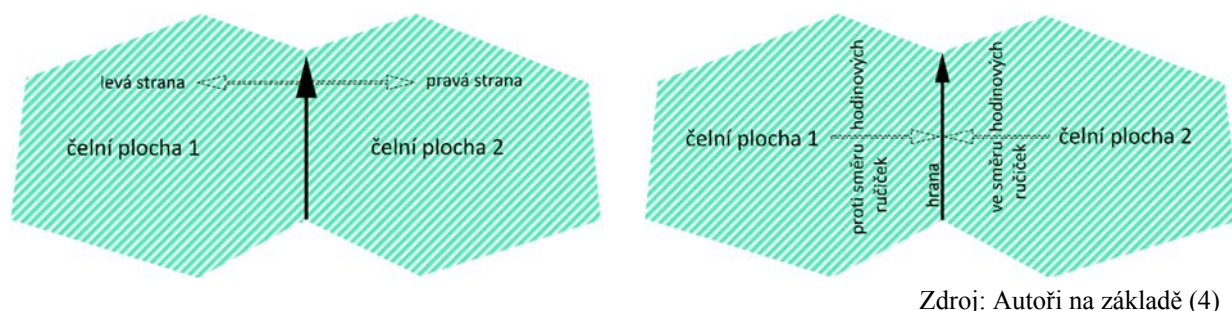


Zdroj: (2)

Obr. 3 - Konceptuální datový model jednoduchých geoprvků, ne-explicitní topologie

V GDF modelu se připouští pouze topologická spojitost. Na obrázku 4 jsou znázorněny dvou rozměrné geoprvky vyjádřené odkazováním na hrany, tvořící hranice. Realita však není rovinná. Například pozemní komunikace se mohou křížit v různých úrovních. Není povoleno

současně používat různé topologie, například GDF vrstva může obsahovat data pouze z jednoho typu topologie.



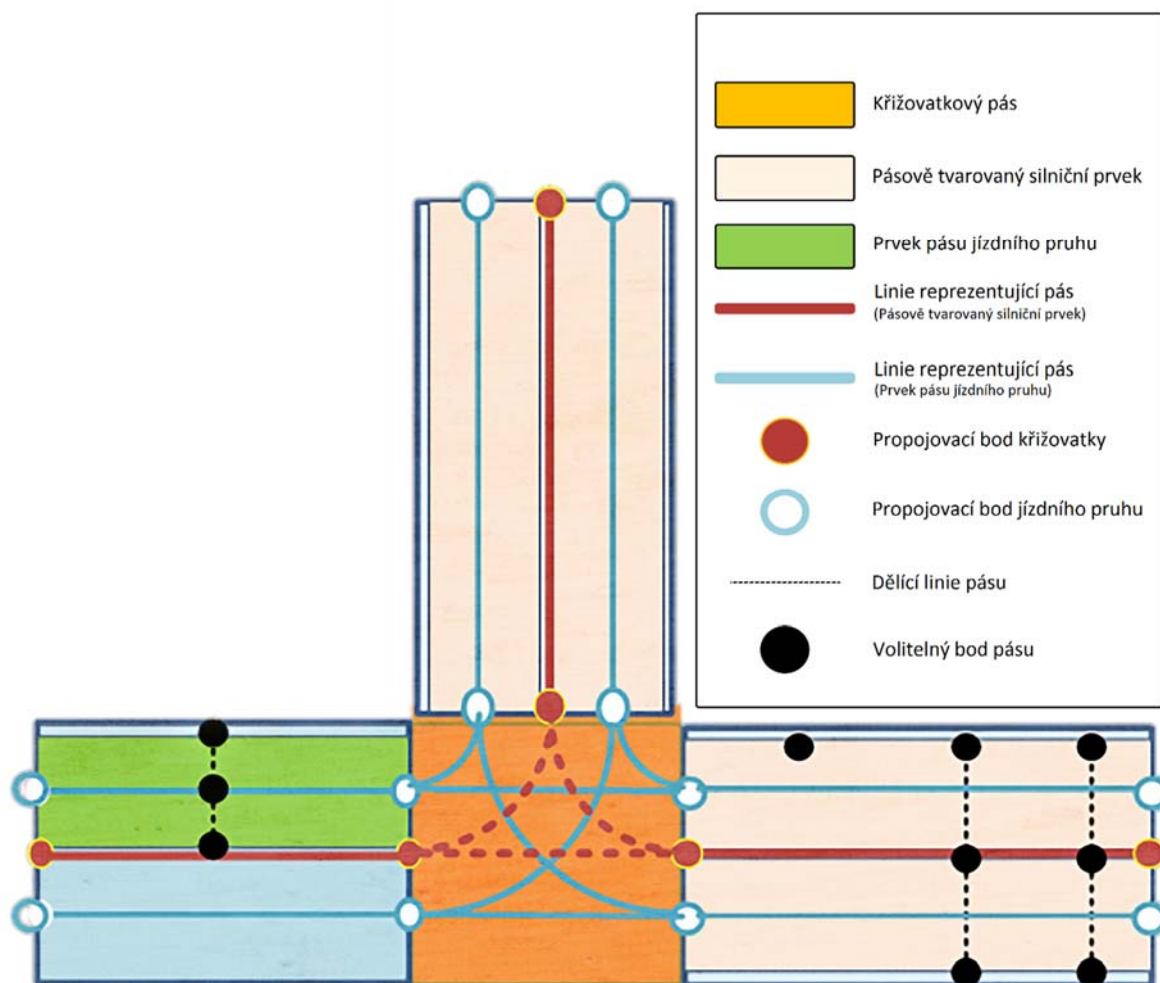
Obr. 4 - Relační vztah mezi „čelními plochami“ a hranami tvořícími hraniční linie

2. ABSTRAKTNÍ PÁSOVÝ GEOPRVEK

2.1 Obecný přehled

Objekty reálného světa a s nimi související reálné reprezentace dopravních situací jsou popsány doplňujícími geoprvky vztaženými k jízdním pruhům a potenciálním vyhýbacím manévřům. Příkladem takové aplikace jsou varovná hlášení vztažená k dopravní situaci v dané lokalitě. Doplňkové geoprvky jakými jsou “silniční pás/RoadBelt”, “pásově tvarovaný silniční prvek/Belt-shapedRoadElement”, a “křižovatkový pás/IntersectionBelt”, jsou navrženy dodatečně a seskupeny společně do témat geoprvek, například Abstraktní pásový geoprvek. Všechny doplňkové geoprvky a témata geoprvek jsou odkazovány prostřednictvím jejich označení v souladu s normou GDF5.1 část 1. Jedná se o označení odvozená z běžného denního života.

Na následujícím obrázku 5 je znázorněn příklad geoprvek patřících do skupiny abstraktního pásového geoprvek.



Zdroj: Autoři na základě (2)

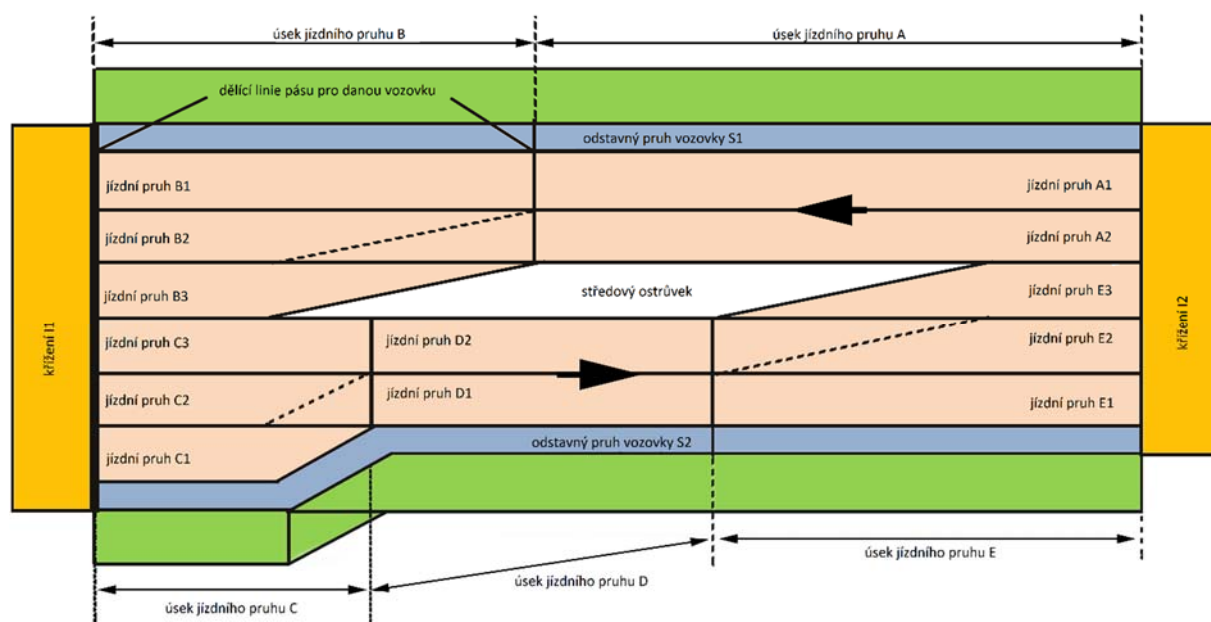
Obr. 5 - Příklad podmnožiny geoprvků patřících do třídy abstraktního pásového geoprku

2.2 Reprezentace jízdniho pruhu

Obecně se předpokládá, že vozovka má alespoň jeden jízdni pruh korespondující s každým směrem. Z důvodu optimalizace intenzity provozu a dopravních modelů se tento počet jízdni pruhů snižuje či zvyšuje. Protože je počet pruhů důležitý pro automatické řídicí systémy, jsou úseky vozovky, které umožňují poskytovat informace o struktuře jízdni pruhů, stanoveny pro každý dopravní směr vozovky.

Úsek vozovky se sestává ze souběžných jízdni pruhů. Hranice úseku vozovky je stanovena na hranici mezi jízdni pruhem a křížením v místě kde se vozovka spojuje/roztvětjuje, nebo v místě kde se počet jízdni pruhů zvyšuje/snižuje. Hranice jízdni pruhu může být také stanovena v místě, kde se důležité charakteristiky vozovky s ohledem na jízdni pruhu mění.

Úsek vozovky nemusí být nutně stanoven, pokud není potřeba. V křižovatkách nenajdeme žádné úseky vozovky. Termín „blok vozovky“ je synonymem pro termín „úsek vozovky“. Příklad uspořádání jízdni pruhu na vozovce je znázorněn na obrázku 6.



Zdroj: (4)

Obr. 6 - Příklad struktury jízdniho pruhu v místě křižení

2.3 Silniční pás

Silniční pás reprezentuje oblast pozemní komunikace, která zahrnuje vozovku, středové ostrůvky a chodníky.

Postranní linie silničního pásu jsou definovány hraničními liniemi, jako jsou obrysy silničního vybavení (příkopy, zdi a ploty), které ohraničují postranní silniční objekty podél pozemní komunikace (obytné oblasti, budovy, parky a řeky).

Ukončující linie silničního pásu jsou definované virtuálně. Na každé ukončující linii je silniční pás vždy propojen s křižovatkovým pásem. Každý silniční pás a křižovatkový pás sousedí se stejnou ukončující linií.

Silniční pás a pásově tvarovaný silniční prvek „Belt-shapedRoadElement“ existují nezávisle na sobě, ačkoli jeden, nebo více jak dva pásově tvarované silniční prvky jsou ve skutečnosti obsaženy v silničním pásu, jak je znázorněno na obrázku 7.

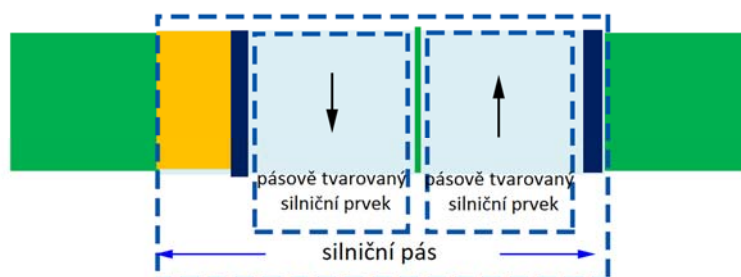
jednosměrná pozemní komunikace (1 silniční pás, 1 pásově tvarovaný silniční prvek)



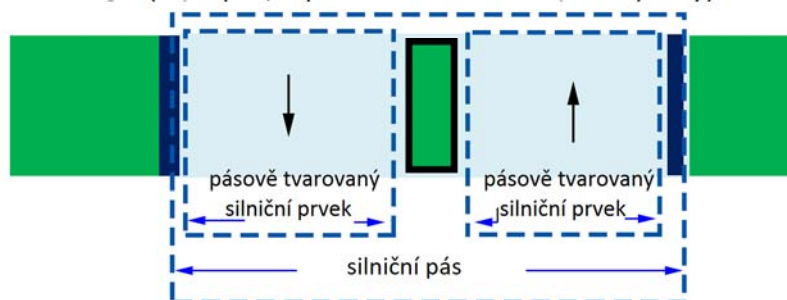
obousměrná poz. komunikace (1 sil. pás, 1 pásově tvarovaný silniční prvek)



obousměrná poz. komunikace s chodníkem (1 sil. pás, 2 pásově tvarované silniční prvky)



obousměrná směrově oddělená poz. komunikace
(1 sil. pás, 2 pásově tvarované silniční prvky)



Zdroj: Autoři na základě (4)

Obr. 7 - Specifikace rozdílu mezi silničním pásem a pásově tvarovaným silničním prvkem

Vlastnosti geoprvcu Pozemní komunikace popsané v normě GDF5.1 části 1. mohou být sdíleny se silničním pásem, kromě inherentních vlastností geoprvcu Pozemní komunikace.

2.4 Pás kruhového objezdu

Na obrázku 8 je uveden pás kruhového objezdu, který reprezentuje složený geoprvek tvořený pásově tvarovanými silničními prvky a křižovatkovým pásem.

Kruhový objezd v GDF5.1 části 1 je vyjádřen jako složený geoprvek (5) tvořený silničním prvkem a křížením. Pás kruhového objezdu je definovaný stejným způsobem, jako je popsán Kruhový objezd v GDF5.1 části 1. Silniční prvek a křížení mohou být považovány za pásově tvarovaný silniční prvek a křižovatkový pás.



Zdroj: Autoři

Obr. 8 - Příklad pásu kruhového objezdu

Pás kruhového objezdu se odlišuje od ostatních geoprvků pro řízení dopravy, z důvodu poskytování jízdních instrukcí v reálném čase, jako například „opusťte kruhový objezd na třetím výjezdu“, které jsou na kruhovém objezdu zvláště důležité.

ZÁVĚR

Aplikace a služby pro inteligentní dopravní systémy vyžadují doplňující informace o pozemní komunikaci a informace vztažené k externím databázím např. ve formátu GDF za účelem vzájemné komunikace (6). Podrobně specifikované veřejné dopravní databáze jsou nepostradatelnou součástí aplikací a služeb zvláště pro multi-modální dopravu. Z tohoto důvodu je nově připravovaná mezinárodní norma tolik zaměřená na rozšíření specifikací pro propojení s existujícími externími databázemi. Typické ITS aplikace a služby představené v připravované normě zahrnují vozidlové a přenosné navigační systémy, dopravní řídicí centra včetně veřejných dopravních systémů. Navržený konceptuální datový model může najít širší využití v nejrůznějších ITS aplikacích a službách. Jedná se o návrh, který je aplikačně nezávislý a který umožní budoucí harmonizaci s jinými geografickými databázovými normami (7).

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) ISO/NP 20524: *Inteligentní dopravní systémy — Geografické databázové soubory GDF 5.1. Specifikace pro výměnný formát mapových dat a prostředí pro různé mapové poskytovatele, část 1: data společná pro různé mapové zdroje*
- (2) ISO 14296: 2016 *Inteligentní dopravní systémy - Rozšíření specifikací mapových databází pro aplikace kooperativních IT systémů*
- (3) prEN 12896:2015, *Referenční datový model pro veřejnou dopravu*

- (4) ISO / ISO/WD 20524, *Intelligentní dopravní systémy — Geografické databázové soubory GDF 5.1* — část 2: Mapová data užívaná v automatizovaných řídicích systémech, kooperativní ITS a multimodální doprava, pracovní návrh.
- (5) PŘIBIL, P. a kol. Sborník dopravní terminologie. České vysoké učení technické v Praze, Praha 2010, *projekt MD ČR 105/2008-520 TPV/2*. ISBN 978-80-01-04654-8.
- (6) GRUBMÜLLER, S., PLÍHAL, J., NEDOMA, P. Automated Driving from the View of Technical Standards, *Automated driving* 2017. ISBN 978-3-319-31893-6, p. 29-40
- (7) PLÍHAL, J. extrakt z návrhu technické normy 17572-3 Dostupné z <http://www.silmos.cz/@files/doc2660.pdf>.