

## Distribúované geodatabázy v podobe odpojenej repliky v prostredí ArcGIS Server

Ivan Pôbiš<sup>1</sup>, David Vojtek<sup>2</sup>, Jaroslav Jankovič<sup>1</sup>, Róbert Cibula<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Masarykova 22  
960 92, Zvolen, Slovenská republika  
pobis@nlcsk.org, jankovic@nlcsk.org, cibula@nlcsk.org

<sup>2</sup>Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15,  
708 33, Ostrava - Poruba, Česká republika  
david.vojtek@vsb.cz

**Abstrakt.** Funkcionalita distribuovaných geodatabáz v podobe odpojenej repliky implementovaná v prostredí ArcGIS Server prináša nové možnosti aktualizácie a zberu geodát. Geodáta poskytované službami ArcGIS Servera prostredníctvom počítačových sietí vrátane Internetu je možné nástrojmi na vytvorenie repliky odpojiť, aktualizovať v režime off-line a následne korektne vrátiť späť do dátového centra, z ktorého boli poskytnuté.

Manipuláciu s geodátami v odpojenej replike je možné realizovať vlastným softvérovým riešením vytvoreným pomocou SDK (Software Development Kit). Takýto spôsob umožňuje používateľovi pracovať s aplikáciou v odpojenom režime, ktorá je tvorená univerzálne, alebo je orientovaná priamo na riešený projekt, čo pri tímovej práci znamená úplne zjednotenie programového ale aj dátového prostredia.

**Kľúčové slová:** Distribuované geodatabázy, ArcGIS Server, GIS

**Abstract.** Functionality of distributed geodatabases, in form of disconnected replica implemented in the ArcGIS Server, affords advanced approaches to update and collection data. Geodata provided by ArcGIS services through computer networks, including Internet may be disconnected using replica tools, updated in the offline regime and subsequently send back to source data centre.

Manipulation with data in a disconnected replica is allowed through own solution of software developed using SDK. This allows a user to use an application in disconnected regime, which was developed universally or in project oriented fashion. In case of team work, this stands for a total unification of software and data environment.

**Keywords:** Distributed geodatabase, ArcGIS Server, GIS

### 1 Úvod

Projekt „Distribúované geodatabázy v podobe odpojenej repliky v prostredí ArcGIS Server“ sa zaoberá parciálnym riešením systému, ktorý je súčasťou výskumu a vývoja komplexnej problematiky s názvom „Využitie mobilných geoinformačných technológií v prostredí ArcGIS Server pre lesnícky výskum“, ktorá je riešená ako diplomová práca na VŠB-TU Ostrava, študijný odbor „Geoinformatika“ pod vedením Ing. Davida Vojteka, Ph.D.

Úlohou čiastkového projektu je navrhnúť a vytvoriť systém, ktorý by umožňoval užívateľovi bez väčšej znalosti a potreby poznania zložitých informačných systémov, extrahovať priestorové a atribútové dáta tak, aby všetky vykonané zmeny v dátoch bol užívateľ samostatne schopný vrátiť späť do centrálnnej geodatabázy, z ktorej čerpal pôvodné dáta. Firma ESRI takýto proces zahŕňa do jedného z troch možných typov geodatabázových replík [3]. Napriek skutočnosti, že geodatabázové repliky sú podporované v odpojenom, alebo pripojenom režime, v prípade riešenia tohto projektu sa jedná výlučne o odpojenú repliku typu „Checkout/CheckIn“, ktorej detská odpojená časť je tvorená proprietárnym formátom priestorových zložiek (vrstiev) v podobe binárnych súborov a XML súborom, v ktorom sú replikované, na vrstvy previazané, atribútové dáta, zo zdrojov geodatabázových objektov tabuliek. Štruktúra XML súboru je daná definíciou triedy, ktorej inštancia je schopná uchovať všetky vlastnosti, dátové typy alebo integritné obmedzenia, ktoré sú pre jednotlivé objekty definované v geodatabáze. Cieľom riešenia parciálneho projektu nie je bezpečnosť a zabezpečenie dát. Komponenty v rámci technického zabezpečenia projektu umožňujú chrániť dáta efektívnym spôsobom. Takáto ochrana však nebola do predstaveného riešenia implementovaná.

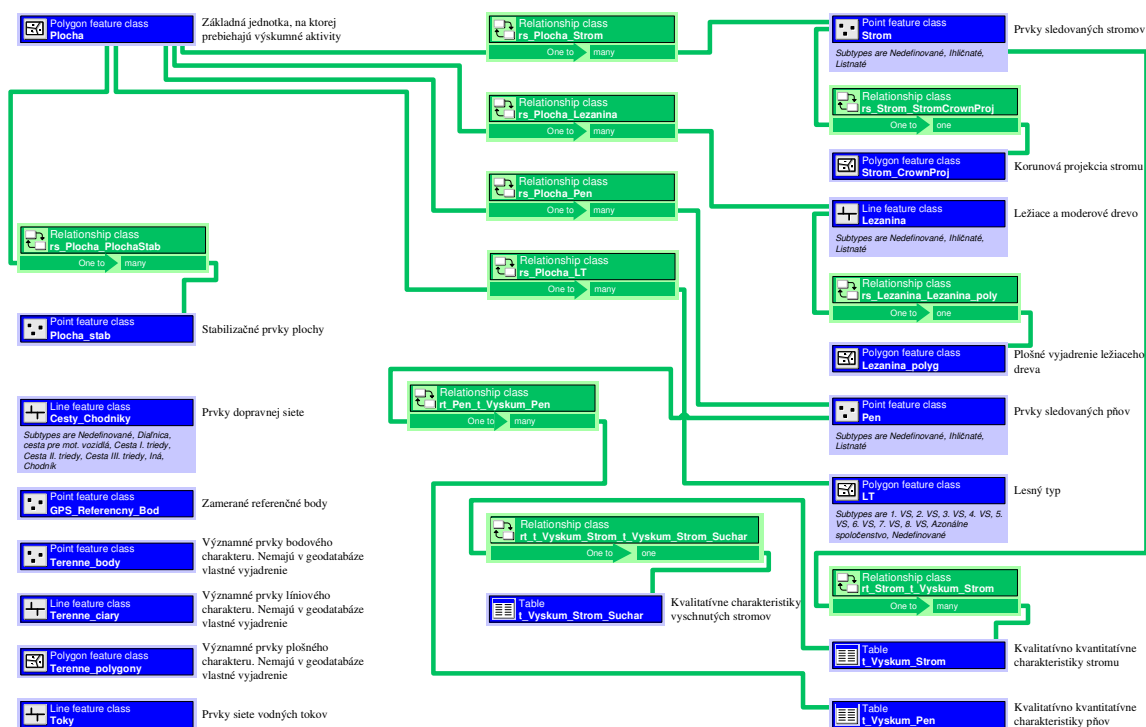
## 2 Technologické zabezpečenie

Celý riešený projekt je postavený na technológiách, ktoré sú implementované do programových riešení od firmy ESRI. Základ centrálnej geodatabázy tvorí SRBD MS SQL Server 2005 s nadstavbou ArcSDE, verzia 9.3. Distribúcia geodát je zabezpečená prostredníctvom služieb ArcGIS Servera, verzia 9.3, s úrovňou funkcionality advanced enterprise. Informácie o dátových zdrojoch pre ArcGIS Server tvoria mapové mxd dokumenty, ktoré sú vytvorené, alebo modifikované v prostredí ArcGIS - ArcMap. Samotná tvorba systému projektu je vyvíjaná v prostredí MS Visual Studio 2008, jazyk C# s integrovaným SDK (Software Development Kit) pre mobilný GIS [1], ktorý je súčasťou dodávky inštalácie ArcGIS Server Advanced Enterprise.

## 3 Postup riešenia

### 3.1 Návrh geodatabázy

Pre potreby testovacieho riešenia bol navrhnutý model geodatabázy tvorený triedami prvkov s definovanými topologickými vzťahmi, väzbami a aplikovanými integritnými obmedzeniami, ktoré je možné v geodatabáze použiť (Obr. 1). Úlohou modelového riešenia nebolo navrhnúť univerzálny a konečný model ukladania geodát. Jeho úlohou je demonštrovať modelovanie a záznam reálnych objektov, ich vzťahov tak, aby čo najvernejšie zodpovedali skutočnosti. Zároveň je takto možné deklarovať využitie doteraz všetkých známych prostriedkov pre zachovanie databázovej konzistencie a integrity s uplatnením relačných väzieb v rámci operačných možností geodatabázy



Obr. 1. ER model vybraných prvkov geodatabázy.

Sledovaným modelovým objektom bola istou formou abstrakcie priradená geometria, vektorová reprezentácia (bod, línia, polygón), ktorá čo najpresnejšie priestorovo opisuje objekt a reprezentuje jeho zobrazenie [6]. Pre vybrané atribútové položky boli implementované integritné obmedzenia v podobe domén, ktoré zabezpečujú správnosť alebo jednoznačnosť zadávaných hodnôt. Správnosť zadávaných hodnôt je kontrolovaná rozsahovou doménou, pri ktorej sa definuje minimálna a maximálna hodnota. Atribút môže nadobúdať takú hodnotu, ktorá spĺňa podmienku definovanú týmto rozsahom. Znamená to, že hodnota musí byť väčšia, alebo rovná ako minimum a menšia, alebo rovná ako horná hranica určená maximom. Jednoznačnosť atribútových hodnôt je kontrolovaná kódovou doménou, ktorá je vyjadrená množinou hodnôt. Atribút kontrolovaný kódovou doménou môže nadobúdať len jednu hodnotu z množiny, ktorá je definovaná oborom hodnôt. Kódová doména pozostáva

z dvoch polí. Pole „Kód“, ktoré obsahuje hodnoty vybraného dátového typu a pole „Popis“, ktorá obsahuje interpretáciu kódu v textovej podobe. Pri editácii vlastností objektu, je užívateľovi ponúknutá na výber práve textová časť, pričom do hodnoty atribútu je uložená jemu zodpovedajúca hodnota kódu.

Ďalším krokom modelového návrhu bolo definovanie väzieb. Za týmto účelom bolo pre každý objekt geodatabázy doplnené atribútové pole, ktoré obsahuje jedinečné a jednoznačné hodnoty identifikujúce entitu objektu. Doplnenie spomínaného poľa bolo urobené v prostredí ArcCatalog spustením procesu „Add global ID“. Pole s názvom „GlobalID“ bolo vytvorené, hodnoty pre každú entitu boli automaticky vygenerované a ďalej sú strážené systémom ArcSDE. Užívateľovi nie sú dostupné pre editáciu.

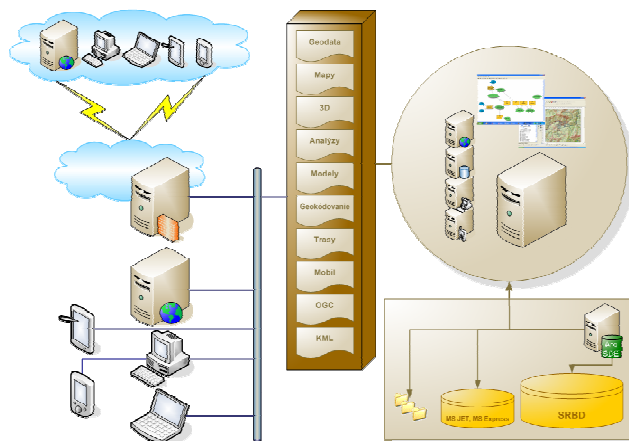
Hodnota „GlobalID“, vzhľadom na svoje vlastnosti, sa ukázala ako vhodný primárny kľúč pre definovanie väzieb medzi objektmi. Pre každý objekt, ktorý je vo väzbe s iným objektom bolo potrebné definovať cudzí kľúč, ktorý bol takého dátového typu, aby zodpovedal dátovému typu primárneho kľúča. V modelovom riešení geodatabázy boli uplatnené tri druhy väzieb. Prvý druh prepája vybrané priestorové prvky, druhý druh prepája priestorové prvky a objekty tabuliek a posledný vybrané objekty tabuliek vzájomne.

V poslednom kroku boli všetky objekty tried prvkov a tabuliek registrované verziou pre ich editáciu. Tento krok bolo potrebné urobiť z nasledujúcich dôvodov:

- Triedy prvkov, ktoré nie sú registrované verziou sú síce procesom tvorby odpojenej repliky exportované ako vrstvy, ale v ich vlastnostiach je nastavený príznak, ktorý nepovolí ich editáciu. To znamená, že replikované vrstvy je možné zobrazovať, získavať ich vlastnosti, ale nie je možné tieto vlastnosti meniť. Taktiež nie je povolené meniť alebo dopĺňať ich geometriu.
- Objekty tabuliek, ktorých entity sú vo väzbe s exportovanými prvkami nie je možné vôbec replikovať, ak nie sú registrované samostatnou verziou. Systém ArcGIS v spolupráci s geodatabázou nepovolí vytvorenie repliky a pokus o ňu sa končí výnimkou identifikujúcou nepovolenú aktivitu.

### 3.2 Publikácia geodát

Navrhaný systém replikácie geodát je plne integrovaný do technológie ArcGIS Server, ktorý prostredníctvom interných rozhraní pristupuje ku geodátam uloženým v priestorovej geodatabáze. Server je schopný pristupovať aj ku geodátam, ktoré sú uložené v iných formátoch geodatabázy (personálna alebo súborová), tieto sú však, napriek svojim nesporným výhodám, pre riešenie danej problematiky nevyhovujúce z hľadiska nemožnosti vytvoriť na požadované objekty verziu, ktorú vyžaduje replika.



Obr. 2. Vybrané služby ArcGIS Servera.

ArcGIS Server, okrem prístupu ku geodátam, je schopný tieto geodáta poskytovať a to prostredníctvom rôznych služieb (Obr. 2). Služby sú dostupné prostredníctvom štandardného HTTP (Hyper Text Transfer Protokol) protokolu dokumentované ako „ArcGIS Server SOAP Web services“ [2]. Týmto riešením sú dosiahnuteľné, prístupné prakticky z ktoréhokoľvek miesta vybaveného dostupným pripojením sa na Internet. Vlastnú definíciu služieb a ich metód, ktoré očakáva služba ako požiadavky na špecifickej URL (Uniform Resource Locator) adrese je možné získať prostredníctvom WSDL (Web Service Description Language), ktorý je možné zadať ako parameter za URL služby.

Pre riešenie čiastkového projektu bolo potrebné publikovať dva druhy služieb. Mobilnú mapovú službu, prostredníctvom ktorej budú replikované priestorové dáta a geodátovú službu, ktorá zabezpečí repliku objektov atribútových tabuliek previazaných s priestorovými dátami.

Procesu publikácie služieb predchádzala tvorba mxd dokumentu, ktorý je zdrojom informácií pre služby ArcGIS Servera. Odkazy na zdroje dát v tomto dokumente musia zodpovedať určitým pravidlám. Zdroj dát je čerpaný

z definície pripojovacieho reťazca (connection string), ktorý je vytvorený aplikáciou ArcCatalog. Tento fakt znamená to, že aký užívateľ vystupuje v pripojovacom reťazci a aké práva má definované v geodatabáze, také práva na geodatabázu bude mať aj služba ArcGIS Servera. Pri tvorbe dokumentu je potrebné zväžiť, k akému účelu bude publikovaná služba slúžiť. Pokiaľ je očakávaná aktualizácia geodát, ako je v našom prípade, netreba opomenúť to, aby zdrojom geodát boli objekty, ktoré sú registrované verziou geodatabázy a aby bola načítaná ich korektná verzia.

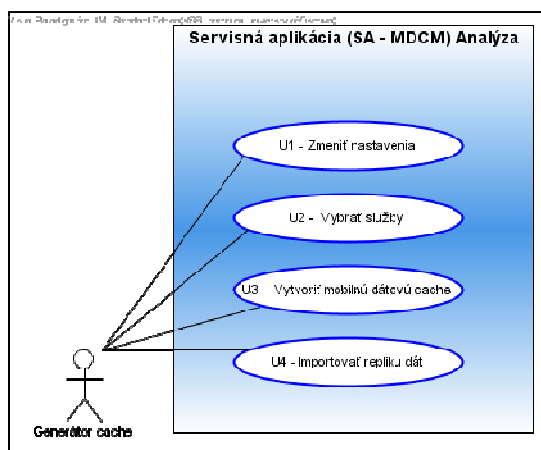
Načítaným objektom do mxd dokumentu je doporučené definovať vhodnú symboliku ich zobrazenia, prípadne definovať ich výber v podobe atribútového dopytu.

Na základe vytvoreného mxd dokumentu boli publikované služby ArcGIS Servera. Vyššie spomínaná mobilná mapová služba tvorí nadstavbu mapovej služby. Je teda potrebné publikovať najprv mapovú službu a potom zapnúť jej rozšírenie o publikáciu mobilného prístupu „Mobile Data Access“. Pokiaľ je potrebné na geodáta pristupovať prostredníctvom webového rozhrania, musí byť povolená voľba „Enable Web Access“.

Prostredníctvom toho istého dokumentu je možné publikovať geodátovú službu. Pri zadávaní parametrov tejto služby je nutné aktivovať povoloacie voľby „Query“, „Extraction“ a „Replication“. Najmä posledná voľba má veľký vplyv na to, či je možné túto službu využiť pri jednom z troch typov replikácie geodatabáz.

### 3.3 Tvorba odpojenej dátovej cache

Ako bolo v úvode spomenuté, navrhovaný systém parciálneho riešenia tvorby odpojenej repliky geodát je určený užívateľom, u ktorých nie je potrebná alebo požadovaná hlbšia znalosť informačných technológií a systémov, ktoré budú pri svojej aktivite používať. Pri analýze a návrhu systému bol na tento fakt bráný dôrazný zreteľ. Prvý, analytický návrh systému, bol postavený tak, aby bola jasne definovaná funkčnosť, ktorá sa od systému očakáva.

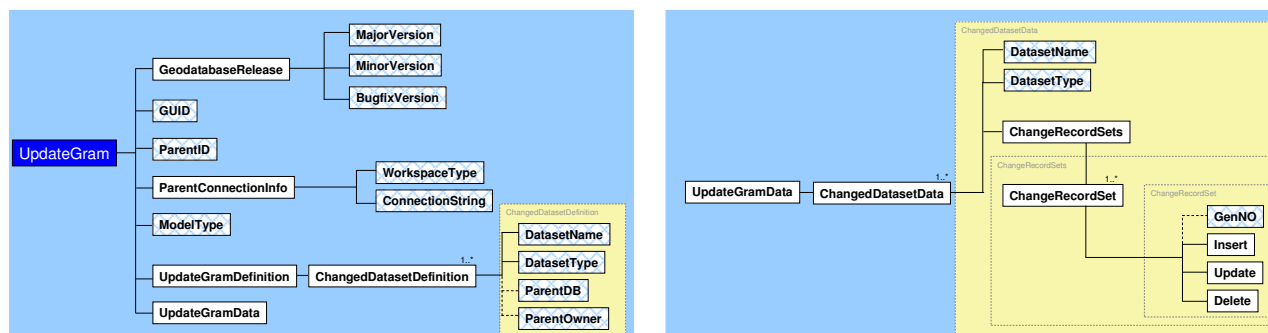


Obr. 3. Analytický diagram prípadov použitia.

Z analytického diagramu prípadov použitia (Obr. 3) vyplýva, že do systému bude vstupovať používateľ („Generátor cache“), ktorý môže ovládať systém nasledovným použitím:

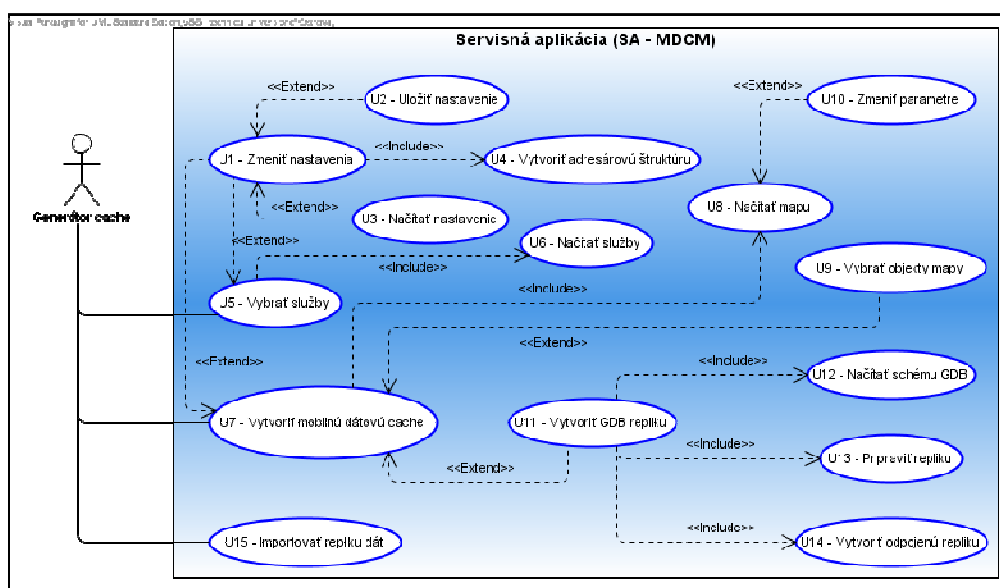
- **U1 - Zmeniť nastavenia.** Jedná sa o zmeny nastavení, ktoré ovplyvňujú chod systému. Potrebné je definovať vstupný parameter v podobe URL, na ktorom „počúva“ samotný ArcGIS Server. Ďalej je potrebné definovať výstupný adresár, do ktorého v rámci preddefinovanej adresárovej štruktúry budú uložené detské repliky, ktoré môžu podliehať následnej editácii.
- **U2 – Vybrať služby.** Prípad použitia vyjadruje aktivitu výberu mobilnej mapovej a geodátovej služby, zo zoznamu dostupných služieb, ktoré publikuje ArcGIS Server. Mobilná mapová služba má prioritu v tom, že na základe replikovaných vybraných vrstiev prostredníctvom zvolenej služby budú potenciálne replikované objekty tabuliek z geodátovej služby, ktoré sú vo väzbe s vrstvami, ak také existujú.
- **U3 – Vytvoriť mobilnú dátovú cache.** Tento prípad použitia generalizuje aktivitu, ktorá je podstatou systému. Jeho špecifikáciou sú aktivity výberu územia na základe načítanej mapy, zmena mierky, výber tried prvkov, ktoré vstúpia do procesu repliky, načítanie geodatabázovej schémy, výber objektov atribútových tabuliek na základe definovaných väzieb, ktoré sú súčasťou geodatabázovej schémy, vytvorenie repliky týchto objektov a samotné uloženie replikovaných dát do súborov v rámci vytvorenej adresárovej štruktúry.
- **U4 – Importovať repliku dát.** V tomto prípade použitia sa jedná o otvorenie už existujúcej mobilnej dátovej cache, v ktorej sa nachádzajú modifikované geodáta. Proces importu repliky zabezpečí návrat priestorových tried prvkov do ich dátového zdroja, generovanie rozdielového delta súboru atribútových

dát a ich import a aktualizáciu prostredníctvom geodátovej služby v dátovom zdroji. Proces aktualizácie je závislý na príznaku, ktorým je riadená jeho aktivita správaní sa. Príznak pre riadenie aktivity môže nadobúdať hodnoty zmeny (Update), prídania (Insert) alebo vymazania (Delete). Rozdielový delta súbor v podobe XML dokumentu, ktorý v rámci XML elementov riadi tento proces má presne definovanú štruktúru, ktorá musí byť striktno dodržaná (Obr. 4).



Obr. 4. Schéma predpisu súboru pre návrat aktualizovaných dát<sup>1</sup>.

Na základe opísaných charakteristík analytického diagramu použitia bol vytvorený rozšírený, návrhový diagram prípadov použitia, ktorý detailnejšie špecifikuje možnosti systému (Obr. 5).



Obr. 5. Rozšírený, návrhový diagram prípadov použitia.

Akú úlohu v týchto procesoch hrá ArcGIS Server? Zjednodušene povedané, ide o sprostredkovateľa všetkých aktivít, ktoré systém predstaveného projektu požaduje. Ako už bolo niekoľko krát spomenuté, ArcGIS Server poskytuje služby. Poskytuje ich prostredníctvom rozhrania, ktoré je dostupné prakticky každému užívateľovi, ktorý je pripojený do siete Internet. Okrem toho, ArcGIS server pri tvorbe repliky geodát posiela potrebné informácie geodatabáze a zároveň sprostredkováva komunikáciu medzi ňou a užívateľom. Napríklad pri vytvorení repliky je táto registrovaná geodatabázou na základe informácie získanej od ArcGIS Servera. Pomenovaná replika, okrem názvu, dátumu vytvorenia, vlastníka a typu repliky, ktorý je v našom prípade vždy „Checkout“, nesie informácie aj o roli repliky, v našom prípade vždy „rodič“ (parent), stave repliky, ktorý musí byť prijímačom dát (Data receiver) a konfliktoch, ak sa vo verzii repliky vyskytujú. Konflikty, keďže pracujeme s viac užívateľskou geodatabázou, môžu nastať zdieľanou editáciou identických entít geodatabázy. Ak by

<sup>1</sup> Zdroj:

[http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/CPP\\_VB6\\_VBA\\_VCPP\\_Doc/shared/working\\_arcgis/work\\_gdb/xml\\_schema.htm](http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/CPP_VB6_VBA_VCPP_Doc/shared/working_arcgis/work_gdb/xml_schema.htm)

k takémuto stavu došlo, ArcSDE zaregistruje rodičovskú replikovanú verziu ako konfliktnú, neumožní z nej vytvoriť ďalšiu repliku, pokiaľ konflikt nie je vyriešený. Konflikt sa rieši na úrovni geodatabázy s potvrdením platných vlastností entity. Po vyriešení všetkých konfliktov je replikovaná verzia zapísaná do rodičovskej verzie a samotná verzia repliky je vymazaná.

Pokiaľ v prípade importu repliky nedôjde ku konfliktom, dáta sú zapísané do rodičovskej verzie geodatabázy a aktuálna verzia repliky je vymazaná. To znamená, že pokiaľ sú replikované dáta vrátené späť do svojho centra, registrovaná replika zaniká. Ak by bolo potrebné opätovne dáta odpojiť editovať, je potrebné realizovať nový proces tvorby odpojenej repliky.

#### 4 Záver

Distribúované geodatabázy v podobe odpojenej repliky v prostredí ArcGIS Server predstavujú riešenie, ktoré umožňuje prostredníctvom komunikačných kanálov aktualizáciu geodát bez ďalších dodatočných operácií s nimi. Odpadá akákoľvek konverzia, pri ktorej sa geodáta môžu viac, alebo menej znehodnotiť, prípadne iné aktivity, ktorými sa môže narušiť integrita geodatabázy. Predstavený model geodát vychádza z reálnych požiadaviek na zber terénnych údajov pre lesnícky výskum a je v plnej miere aplikovateľný aj do bežnej praxe zberu terénnych údajov, ktoré sú základom rámcového i podrobného plánovania v lesníctve. Z pohľadu používateľov je veľkou výhodou takéhoto riešenia skutočnosť, že si nevyžaduje takmer žiadnu znalosť použitých technológií.

#### Reference

1. ESRI. [http://resources.esri.com/help/9.3/ArcGISmobile/adf/mobile\\_start.htm](http://resources.esri.com/help/9.3/ArcGISmobile/adf/mobile_start.htm). Developing mobile applications using the Mobile SDK.
2. ESRI. <http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisserver/apis/soap/index.htm>. Using SOAP to access ArcGIS Server Web Services.
3. ESRI. [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Replication\\_types](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Replication_types). Replication types.
4. ESRI. [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Understanding\\_distributed\\_data](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Understanding_distributed_data). Understanding distributed data.
5. ESRI. [http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/ CPP\\_VB6\\_VBA\\_VCPP\\_Doc/shared/working\\_arcgis/work\\_gdb/xml\\_schema.htm](http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/_CPP_VB6_VBA_VCPP_Doc/shared/working_arcgis/work_gdb/xml_schema.htm), XML Schema of the Geodatabase.
6. ZEILER, M. *Modeling Our World*. ESRI Press, 1999, Redlands. ISBN 1 879102 62 5