

POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ VIZUÁLNÍ FOTOINTERPRETACE A AUTOMATICKÉ KLASIFIKACE LETECKÝCH SNÍMKŮ V SÍDELNÍ ZÁSTAVBĚ

David VOJVODÍK¹

¹ Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, Chittussiho 10, 710 00, Ostrava, ČR
david.vojvodik@hotmail.cz

Abstrakt

Cílem příspěvku je porovnat výsledky vizuální fotointerpretace a automatické klasifikace leteckých snímků v sídelní zástavbě. Zájmovou oblastí bylo území Ostrava-Přívov, kde převládajícím typem využití země jsou průmyslové areály, souvislá sídelní zástavba a rozvinutá dopravní infrastruktura. Vizuální fotointerpretace a automatická klasifikace byla provedena na černobílém leteckém snímku z roku 1955 a barevném ortofotu z roku 2009 dané oblasti. Automatická klasifikace proběhla v software FeatureObjex, který patří do kategorie programů zaměřených na automatickou extrakci obrazových prvků. Použitou technologii lze zařadit mezi principy objektově orientované klasifikace, neboť kromě spektrálních charakteristik využívá při klasifikaci objektů i charakteristiky tvarové a texturální. Pro hodnocení přesnosti klasifikace byly použity chybové matice.

Abstract

The aim of the paper is to compare the results of the visual photo interpretation and the automatic classification of aerial images in the residential areas. Ostrava-Přívov has been chosen as the area of the interest. Its land use is mainly represented by industrial grounds, continuous urban fabric and developed traffic network. Input for the visual photo interpretation and the automatic classification have been the black-and-white aerial photograph from 1955 and the colour orthophoto from 2009. The automatic classification was made in FeatureObjex software. This software belongs to the feature extraction category and uses object oriented classification. The evaluation of the classification accuracy was based on error matrices.

Klíčová slova: vizuální fotointerpretace; automatická klasifikace; chybová matice; objektově orientovaná klasifikace, FeatureObjex

Keywords: visual photointerpretation; automatic classification; error matrix; object oriented classification, FeatureObjex

1. ÚVOD

Pojem klasifikace obrazu by se dal obecně definovat jako proces, při kterém je jednotlivým obrazovým prvkům přiřazován určitý informační význam (Dobrovolný, 1998). Je to proces, kdy jsou původní data zjednodušena a je získána tematická mapa, z níž lze snadno podle barev přidělených jednotlivým třídám vyčíst, co která plocha představuje. Obraz, v našem případě reprezentovaný leteckým snímkem, může být poskytnut ve formě analogové, nebo digitální. V dnešní době, kdy rozvoj výpočetní techniky pokračuje rychlým tempem, jsou z velké části analogové letecké snímky pro další analýzy převáděny do digitální podoby. Pokud máme k dispozici obrazová data v digitální podobě, existuje několik způsobů, kterými lze daný obraz klasifikovat. Mezi nejběžnější možnosti patří využití vizuální fotointerpretace, která je prováděna člověkem, druhou možností je použití automatické klasifikace, která probíhá za pomoci výpočetní techniky a příslušného softwarového řešení, které využívá ke klasifikaci tzv. klasifikační algoritmy. Hlavní výhodou vizuální fotointerpretace je vysoká přesnost provedené klasifikace, nicméně daní je delší doba práce. Naopak automatická klasifikace produkuje výsledky velmi rychle, ale na úkor kvality (přesnosti). Proto jsou obě metody z velké části používány v praxi dohromady.

2. ZÁJMOVÁ OBLAST A POUŽITÁ DATA

Ostrava-Přívoz je část městského obvodu Moravská Ostrava a Přívoz statutárního města Ostrava, okres Ostrava-Město, kraj Moravskoslezský. Krajinový pokryv této oblasti tvoří především průmyslové objekty, rozvinutá dopravní síť a souvislá sídelní zástavba.

Pro zájmovou oblast byly použity zdigitalizované černobílé letecké snímky z roku 1955 a barevné ortofoto z roku 2009. V obou případech byla vytvořena z jednotlivých snímků bezešvá mozaika, která byla umístěna do souřadnicového systému S-JTSK.

3. POUŽITÉ METODY

3.1 Vizualní fotointerpretace

Před samotnou vizualní fotointerpretací bylo nutné nejprve vytvořit polygony konkrétních tříd krajinného pokryvu v procesu vektorizace. Vektorizace probíhala v programu ESRI ArcGIS 10. Předem připravené letecké snímky a ortofota sloužily jako podkladové rastrové vrstvy, nad kterými byly pomocí vektorizačních nástrojů vytvářeny polygony daných tříd krajinného pokryvu. Minimální velikost vektorizovaného polygonu činila 500 m², minimální šířka liniového segmentu pak 5 m. Vybrané liniové prvky, které neodpovídaly stanoveným limitům, nebyly generalizovány z důvodu jejich důležitosti pro vystihnoutí krajinného rázu. Jednalo se především o dopravní síť a vodní toky.

3.1.1 Klasifikace krajinného pokryvu

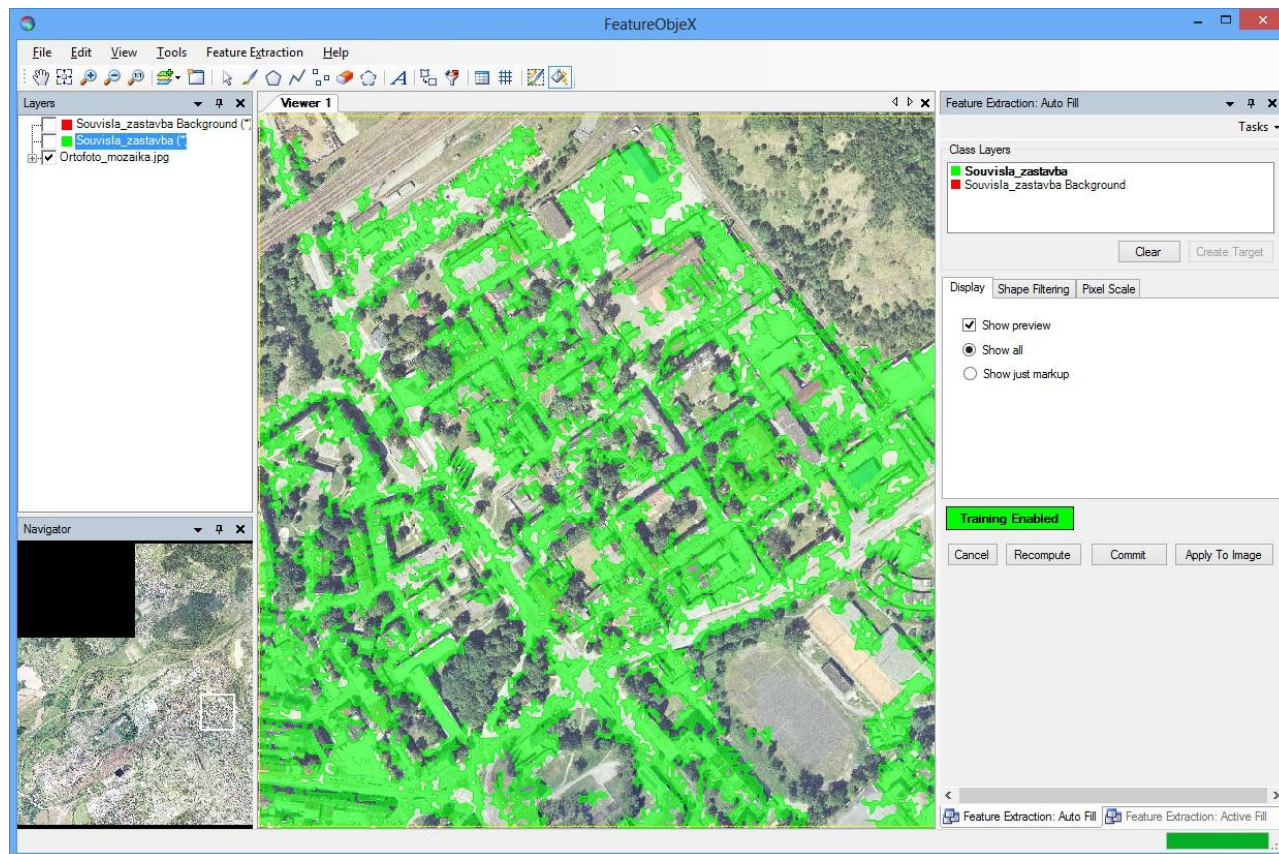
Výchozím podkladem pro určení kategorií krajinného pokryvu se stala databáze CORINE Land Cover (CLC). Cílem projektu CLC je vytvořit databázi krajinného pokryvu Evropy na základě jednotné metodiky a pravidelné aktualizace databáze. Databázi tvoří polygony vzniklé interpretací družicových snímků pořízené družicí LANDSAT TM. Výstupem jsou pak tematické mapy krajinného pokryvu v měřítku 1 : 100 000, rozděleného do 44 tříd (CENIA, 2006). Jelikož původní databáze CLC neobsahuje kategorie typické pro krajinu zasaženou důlní činností, byly tyto kategorie doplněny.

3.2 Automatická klasifikace

Automatická klasifikace krajinného pokryvu probíhala v software FeatureObjex, v modulu Auto Fill. Software pro automatické vyhodnocení leteckých a družicových snímků FeatureObjex patří do kategorie programů zaměřených na automatickou extrakci obrazových prvků (z angl. *Feature Extraction*). Použitou technologii lze zařadit mezi principy objektově orientované klasifikace, neboť kromě spektrálních charakteristik využívá při klasifikaci objektů i charakteristiky tvarové a texturální. V rámci jednoho modelu umožňuje software extrakci vždy pouze jedné cílové třídy, tím se liší od klasické více třídové klasifikace známé např. z programů PCI Geomatica nebo Definiens.

Interaktivní a adaptivní nástroj automatické klasifikace umožňuje extrahovat polygony zájmových tříd z rastrových vrstev. Jelikož software FeatureObjex pracuje v režimu řízené klasifikace, musí být před začátkem samotné extrakce uživatelem vytvořeny tzv. trénovací plochy, které programu jasně definují, o kterou zájmovou třídu se jedná. Při vytvoření určité třídy jsou následně automaticky vytvořeny tři vektorové vrstvy - vrstva trénovacích ploch, výstupní vrstva s výsledky klasifikace a vrstva pozadí trénovacích ploch. Jakmile jsou tyto tři vrstvy vytvořeny, uživatel může přistoupit k editaci trénovacích ploch pomocí editačních nástrojů programu. Poté lze vytvořit náhledy, kde FeatureObjex převezme informace z natrénovaných ploch a jejich pozadí a použije je na vytvoření klasifikačního modelu založeného na algoritmu řídké matice (PCI Geomatics, 2009). Řídká matice představuje speciální třídu matic, jejichž většina prvků se rovná nule, a proto umožňuje úspornější uložení v paměti počítače (The MathWorks, Inc, 2011) Jakmile je výsledek klasifikace zobrazen v náhledu, lze využít funkce filtrování extrahovaných prvků a zlepšit tak samotný výsledek klasifikace. Je možné uživatelsky nastavit hodnoty filtrace, nebo použít filtraci automatickou. Takto

vytvořený klasifikační model je následně aplikován na celý snímek. Po aplikaci klasifikačního modelu byla vytvořena výsledná polygonová vrstva třídy krajinného pokryvu. Jelikož software FeatureObjex pracuje v reálném čase pouze s klasifikací jedné třídy, musela být vždy výsledná vrstva vyexportována ve formátu SHP (ESRI Shapefile), poté bylo nutné vystavět nový klasifikační model pro další třídu krajinného pokryvu. Tento postup se opakoval, až do zklasifikování všech tříd, které se na leteckém snímku, nebo ortofotu vyskytovaly.



Obr. 1. Proces automatické klasifikace v programu FeatureObjex

3.3 Hodnocení přesnosti automatické klasifikace

Pro hodnocení přesnosti automatické klasifikace vytvořené v software FeatureObjex bylo použito chybových matic, ovšem nebylo možné použít chybové matice v podobě, jaké uvádí např. Dobrovolný (1998), kde je klasifikovaný obraz (řádky matice) porovnáván s referenčními daty (sloupce). Důvodem je, že software FeatureObjex klasifikuje v reálném čase pouze jednu třídu a dochází tak k zařídování některých pixelů do více než jedné třídy. Tento jev je patrný i z tabulky 1 a 3. Hodnocení přesnosti automatické klasifikace tedy probíhalo na základě rozlohy jednotlivých tříd krajinného pokryvu, která byla porovnána s rozlohou tříd vytvořených pomocí vizuální fotointerpretace. Bylo použito překryvných operací v programu ESRI ArcGIS 10. Byla použita funkce Clip tak, že klipovanou vrstvou tvořilo celé vizuálně fotointerpretované území a klipovací vrstvou byla automaticky klasifikovaná třída krajinného pokryvu vyexportovaná ze software FeatureObjex. V tomto postupu tak vizuálně fotointerpretované území sloužilo jako referenční data a bylo tak zjištěno, které další kategorie krajinného pokryvu jsou obsaženy v automaticky klasifikované vrstvě. Následně byl zjištěn poměr mezi jednotlivými kategoriemi krajinného pokryvu a celkovou rozlohou automaticky klasifikované třídy a zanesen do chybové matice. Tento postup byl i vhodný z hlediska zjištění „problematických“ tříd, tedy tříd, ke kterým byly jednotlivé pixely vícekrát zařídovány.

4. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ VIZUÁLNÍ FOTOINTERPRETACE A AUTOMATICKÉ KLASIFIKACE

Porovnání obou typů klasifikace bylo provedeno na základě chybových matic. Zájmové území Ostrava – Přívoz představuje oblast s rozvinutou silniční a železniční sítí, množstvím průmyslových a obchodních areálů a souvislou sídelní zástavbou.

Tab 1. Rozloha a procentuální zastoupení kategorií krajinného pokryvu (vizuální fotointerpretace a automatická klasifikace – letecký snímek 1955).

Krajinný pokryv	Vizuální fotointerpretace		Automatická klasifikace	
	Rozloha [m ²]	%	Rozloha [m ²]	%
Kalové nádrže	25 451,73	0,46	286 877,98	5,13
Nesouvislá sídelní zástavba	301 223,85	5,39	971 299,72	17,38
Odvaly	155 583,26	2,78	467 662,19	8,37
Orná půda	1 566 891,46	28,04	2 718 345,40	48,65
Povrchy bez vegetace - ostatní	82 174,00	1,47	102 223,89	1,83
Průmyslové a obchodní areály	605 547,72	10,84	1 579 628,50	28,27
Silniční a železniční síť a přilehlé areály	916 963,02	16,41	1 215 209,99	21,75
Souvislá sídelní zástavba	779 765,62	13,96	538 880,59	9,64
Stromy, křoviny nebo travní areály	1 036 840,25	18,56	409 654,44	7,33
Vodní plochy	20 649,14	0,37	33 090,87	0,59
Vodní toky	96 489,12	1,73	331 717,36	5,94
Nezařazeno	0,00	0,00	680 148,87	12,17
Σ	5 587 631,40		9 334 739,80	

Tab 2. Chybová matice – automatická klasifikace - letecký snímek 1955.

kód	třída	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Kalové nádrže	3,32	9,97	5,44	26,60	2,66	2,82	11,05	10,15	24,37	0,91	2,72
2	Nesouvislá sídelní zástavba	1,30	11,48	0,60	7,20	0,44	17,48	20,44	26,51	13,17	0,39	0,97
3	Odvaly	0,12	0,35	13,67	43,63	4,44	3,52	17,30	1,37	14,17	0,52	0,91
4	Orná půda	0,04	2,13	3,75	44,19	2,16	5,91	15,01	5,29	19,58	0,04	1,92
5	Povrchy bez vegetace - ostatní	0,00	0,00	3,50	70,01	20,74	0,00	5,60	0,00	0,15	0,00	0,00
6	Průmyslové a obchodní areály	0,40	8,35	0,49	6,89	0,44	16,34	21,09	30,51	13,46	0,69	1,36
7	Silniční a železniční síť a přilehlé areály	0,37	2,58	6,55	38,06	3,96	4,85	24,04	7,52	11,95	0,00	0,13
8	Souvislá sídelní zástavba	0,84	10,63	0,11	0,97	0,02	19,81	10,83	48,02	8,33	0,29	0,15
9	Stromy, křoviny nebo travní areály	0,00	0,00	1,77	57,03	0,00	0,11	0,57	0,00	35,71	0,00	4,80
10	Vodní plochy	0,00	11,49	0,00	2,96	0,00	5,95	0,57	0,00	54,26	17,64	7,12
11	Vodní toky	0,00	6,81	1,01	10,70	0,51	12,12	2,37	0,64	53,29	2,38	10,17
Průměrná přesnost = 22,30 %												

Výsledná automatická klasifikace byla nejvíce ovlivněna kvalitou klasifikovaného leteckého snímku z roku 1955, a i proto byla výsledná přesnost automatické klasifikace pouze 22,30 %. Letecký snímek vykazoval výraznou neostrost snímaného zemského povrchu a celkově působil jakoby zastřeně. Z tohoto důvodu vykazovaly některé klasifikované třídy odlišné spektrální chování, než jaké mají ve skutečnosti. Žádná třída nepřesáhla přesnost klasifikace 50 %, nejlépe dopadly třídy souvislá sídelní zástavba (48,02 %) a orná půda (44,19 %). Špatného výsledku klasifikace dosáhla třída vodních toků (pouze 10,17 %), u které se očekávalo lepšího výsledku. Tato třída je právě příkladem posunu spektrálního chování způsobené nevalnou kvalitou klasifikovaného leteckého snímku.

Tab 3. Rozloha a procentuální zastoupení kategorií krajinného pokryvu (vizuální fotointerpretace a automatická klasifikace – ortofoto 2009).

Krajinný pokryv	Vizuální fotointerpretace		Automatická klasifikace	
	Rozloha [m ²]	%	Rozloha [m ²]	%
Areály sportu a zařízení volného času	1102,10	0,02	273496,84	4,89
Manipulační plochy	76623,42	1,37	2073,50	0,04
Nesouvislá sídelní zástavba	53763,87	0,96	1771378,00	31,70
Odvaly	32055,65	0,57	286969,55	5,14
Povrchy bez vegetace - ostatní	112492,65	2,01	821088,87	14,69
Průmyslové a obchodní areály	1425331,94	25,51	1473487,59	26,37
Silniční a železniční síť a přilehlé areály	1215248,06	21,75	1611083,02	28,83
Souvislá sídelní zástavba	503611,95	9,01	1707206,30	30,55
Stromy, křoviny nebo travní areály	2027654,34	36,29	1618243,13	28,96
Vodní plochy	8127,32	0,15	48239,61	0,86
Vodní toky	138621,48	2,48	127294,41	2,28
Nezařazeno	0,00	0,00	807730,59	14,46
Σ	5587631,40		10548291,40	

Tab 4. Chybová matice – automatická klasifikace - ortofoto 2009.

kód	třída	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Areály sportu a zařízení volného času	0,33	0,00	0,12	1,72	0,98	18,08	8,34	0,70	68,42	0,00	1,33
2	Manipulační plochy	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Nesouvislá sídelní zástavba	0,00	1,99	1,20	1,34	2,81	34,00	41,09	5,12	10,81	0,17	1,47
4	Odvaly	0,00	0,00	0,98	5,12	4,91	32,53	48,80	0,21	3,72	0,00	3,73
5	Povrchy bez vegetace - ostatní	0,00	6,33	1,20	0,47	7,53	43,43	29,90	2,74	8,31	0,00	0,08
6	Průmyslové a obchodní areály	0,00	0,64	0,77	0,64	1,27	35,67	41,69	17,62	1,22	0,15	0,32
7	Silniční a železniční síť a přilehlé areály	0,05	2,27	0,88	1,43	3,35	34,67	43,66	7,73	4,66	0,00	1,30
8	Souvislá sídelní zástavba	0,00	2,20	0,71	1,17	2,84	30,96	46,47	9,79	5,31	0,07	0,48
9	Stromy, křoviny nebo travní areály	0,00	0,05	0,19	0,15	0,32	6,14	2,64	0,65	87,58	0,14	2,14
10	Vodní plochy	0,00	0,00	0,00	9,78	0,00	0,26	53,66	0,00	0,03	4,21	32,06
11	Vodní toky	0,00	0,00	0,00	3,57	0,00	2,39	4,37	0,00	32,97	0,00	56,71
Průměrná přesnost = 31,98 %												

Na rozdíl od leteckého snímku, představovalo ortofoto z roku 2009 kvalitní podkladovou rastrovou vrstvu pro automatickou klasifikaci v software FeatureObjex. Nicméně však celková přesnost klasifikace dosáhla jen 31,98 %. To však bylo způsobeno především podobným spektrálním a texturálním chování tříd silniční a železniční síť a přilehlé areály, průmyslové a obchodní areály a souvislá sídelní zástavba. Např. povrch silnic byl podobný fasádám budov. V tomto území by bylo lepší využít možností poloautomatické klasifikace, popřípadě vytvořit třídu „budovy“, kde by uživatel následně manuálně roztřídil výsledky z této třídy do patřičných tříd.

5. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝSLEDEK AUTOMATICKÉ KLASIFIKACE

Hlavním faktorem ovlivňujícím výsledek automatické klasifikace vytvořené v software FeatureObjex je kvalita klasifikovaného leteckého snímku nebo ortofota. Jedná se především o jejich ostrost a rozlišení. Úhel snímkování, množství světla, atmosférické jevy apod. tak mají zásadní vliv na kvalitu pořízeného snímku. Druhým faktorem je samotná výstavba klasifikačního modelu. Při definování trénovacích ploch jednotlivých tříd je doporučeno vytvářet malé plochy na různých místech rastrové vrstvy, tak aby byly zachyceny veškeré nuance v klasifikovaném leteckém snímku nebo ortofotu. Mezi další faktory ovlivňující výsledky automatické klasifikace patří počet klasifikovaných tříd a zvláště pak jejich podobnost spektrálních, texturálních a

prostorových charakteristik. S ohledem na to, že software FeatureObjex pracuje pouze s jednotřídovou klasifikací, pak následně dochází k zatřídování stejných pixelů do více než jedné klasifikované třídy.

6. ZÁVĚR

Pro hodnocení přesnosti automatické klasifikace a pro porovnání s výsledky vizuální fotointerpretace byly vytvořeny chybové matice. Nemohly být ale použity chybové matice v pravém slova smyslu, které zobrazují v řádcích chyby z nesprávného zařazení do jednotlivých tříd a ve sloupcích se nacházejí chyby z opomenutí. Byly tak hodnoceny pouze chyby s nesprávného zařazení. Důvodem byla skutečnost, že použitý software pro automatickou klasifikaci FeatureObjex pracuje v reálném čase pouze s jednotřídovou klasifikací, tedy že je klasifikována pouze jedna třída v daný okamžik. V tomto případě není najednou klasifikován celý obraz, ale pouze jen jeho část. Z toho také vyplývá, že některé pixely byly při klasifikaci zatřídovány do více než jedné třídy.

Potvrdila se skutečnost, že u tříd krajinného pokryvu, které mají podobné spektrální, texturální i prostorové chování, docházelo k zatřídování stejných pixelů do více tříd. Typickým příkladem jsou silniční a železniční síť a přilehlé areály, průmyslové a obchodní areály a souvislá sídelní zástavba. Pak se stávalo, že tyto třídy vykazovaly větší rozlohu, než jakou mají ve skutečnosti. K nepřesné klasifikaci docházelo také u maloplošných tříd, to bylo způsobeno již nedostatečným rozlišením klasifikovaných rastrových vrstev. Očekávaná přesnost automatické klasifikace u třídy vodních toků se nepotvrdila. Na vině byla malá rozloha dané třídy a také posun jejího spektrálního chování. Naopak relativně přesně byly klasifikovány třídy jasně definovaného spektrálního a texturálního chování, které navíc zabíraly na leteckých snímcích a ortofotech velké plochy.

LITERATURA

CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Corine Land Cover 2006 (2007 – 2008). <http://www.cenia.cz/___C12572160037AA0F.nsf/showProject?OpenAgent&PID=CPRJ7T3H42O2&cat=goals>. 20.6.2011.

Dobrovolný, P. (1998) Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. Masarykova univerzita, Brno.

PCI Geomatics (2009) Manuál k software FeatureObjex. Elektronická verze.

The Mathworks, Inc. Product Documentation. Create sparse matrix. <<http://www.mathworks.com/help/techdoc/ref/sparse.html>>. 20.6.2011.