

Možnosti formátu TopoJSON a knižnice D3 pri vizualizácii geodát v prostredí Internetu

Vladimír BAČÍK

Abstract: *In recent years, the TopoJSON format in cooperation with the d3.js (D3) library has found an increasingly extensive application in the field of visualization of geographic data on the Internet. The possibilities of application are very broad and in practice new applications developed on the basis of this library are created on a daily basis. The purpose of the submitted paper is to explain the D3 library and the TopoJSON format to the geographic community for whom their use means a strong tool for the displaying of spatial data on the Internet. We will highlight the basic options for the application of the D3 library, as well as the main issues in the development of map layers in the TopoJSON format. Emphasis is placed on the cartographic interpretation of data which we will present to the readers on the basis of a functioning website showing selected statistical data from the 2011 Population and Housing Census. On this example we will also explain certain specific procedures that can be experienced in creating similar applications based on the TopoJSON format and D3 library.*

Keywords: *TopoJSON, D3, thematic maps, visualization, geodata*

Úvod

Neustály vývoj nových formátov, rozličných API (Application Programming Interface)¹ a digitálnych knižníc zameraných na vizualizáciu dát v prostredí Internetu je jedným z hlavných znakov jeho súčasného vývoja. Množstvo odborných príspevkov je venovaných práve využívaniu rozličných formátov a techník pri tvorbe interaktívnych internetových aplikácií. Jedným z formátov využívaných aj pri práci s knižnicou d3.js (ďalej D3) je vektorový formát SVG. Jeho hlavné výhody a základné princípy opísali vo svojej knihe Ueberschär, N., Winter, A. (2006). Táto práca predstavuje ucelené dielo poskytujúce základný prehľad najdôležitejších syntaktických pravidiel potrebných pre využitie formátu SVG. Množstvo príspevkov je zameraných na využitie tohto formátu v oblasti tematického mapovania (Berger, 2002, Held, Neumann, Ueberschär, 2003). Ďalším zaujímavým formátom, používaným nielen v oblasti tvorby tematických máp, je formát KML od spoločnosti Google. Základné pravidlá tvorby dokumentov pomocou KML opisuje vo svojom diele Wernecke, J., (2008). V istom zmysle za priekopnícku prácu v oblasti využitia formátu KML za účelom tematického mapovania možno označiť príspevok Sandvika, B., (2008), v ktorom autor detailne opisuje tvorbu vlastného TME (Thematic Mapping Engine), ktorého základom je skriptovací jazyk JavaScript. Podobný príspevok predstavuje práca Bačík, V., (2012), ktorý hodnotí nástroj na tvorbu tematických máp s využitím skriptovacieho jazyka PHP a databázového systému MySQL. Za cenný informačný zdroj možno považovať aj API rozličných spoločností, ktoré sú dostupné na stránkach ich tvorcov (Google Maps API, Yahoo! Maps API, Microsoft Virtual Earth API, AOL MapQuest API, ArcGIS API atď.). Z hľadiska využitia knižnice D3 možno za kľúčový príspevok považovať prácu D3: Data Driven Documents (Bostock, Ogievestky, Heer, 2011), v ktorej samotní autori tejto knižnice predstavujú jej základné charakteristiky. Zaujímavý je aj príspevok od Paula Hunta (2013), ktorý poukazuje na využitie knižnice D3 v oblasti distribúcie výsledkov cenzu obyvateľov USA na príklade USA. Porovnanie knižnice D3 s viacerými ďalšími nástrojmi využívanými v oblasti internetového mapovania je zaujímavovo spracované v príspevku Roth, Donohue, Sack, (2014). Z hľadiska

¹ Samotné API chápeme v zmysle štandardnej terminológie v oblasti IT ako aplikačné programové rozhranie, ktoré počítačová aplikácia alebo systém môže použiť na prístup k súboru funkcií alebo programov tretej strany.

širokého uplatnenia knižnice D3 možno upozorniť na príspevok Sander, Abel, Bauer, Schmidt (2014), v ktorom detailne opisujú konštrukciu kruhových diagramov za účelom vizualizácie migračných tokov medzi vybranými regiónmi. Táto funkcionlita bola autormi do knižnice D3 integrovaná na základe inšpirácie veľmi úspešným projektom Circos od Martina Krziwiskeho.

Hlavným cieľom predloženého príspevku je priblíženie problematiky využitia formátu TopoJSON v spolupráci s knižnicou D3 čitateľom, ktorý majú záujem o využívanie tohto formátu v oblasti vizualizácie vlastných geodát v prostredí Internetu. Vzhľadom na súčasný štandard v oblasti vývoja vizualizačných techník na Internete, považujeme takéto priblíženie tohto formátu geografickej komunite za dôležité a z viacerých uhlov pohľadu zaujímavé a inšpiratívne.

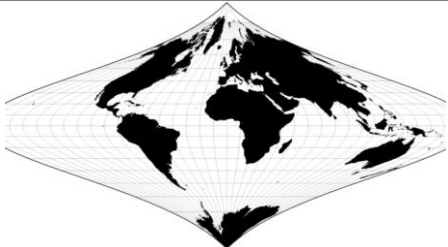
Formát TopoJSON vyvinutý Mikeom Bostockom, možno považovať za akési rozšírenie formátu GeoJSON. Diskrétna reprezentácia geometrie je vo formáte TopoJSON nahradená zapísaním topológie medzi jednotlivými objektami (<https://github.com/mbostock/topojson/wiki>). Výsledkom takéhoto zápisu je okrem iného aj výrazná redukcia veľkosti výsledného TopoJSON súboru v porovnaní s formátom GeoJSON, čo je značnou výhodou pri načítavaní súborov na strane klienta. Práve univerzálny charakter knižnice D3 v kombinácii s prezentáciou priestorových dát vo formáte TopoJSON, možno v súčasnosti považovať za veľmi efektívny a užívateľsky príťažlivý spôsob kartografickej vizualizácie dát.


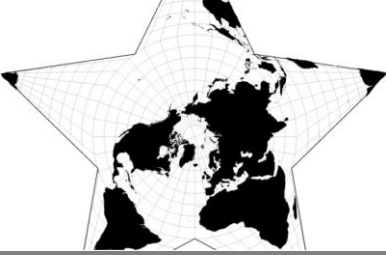
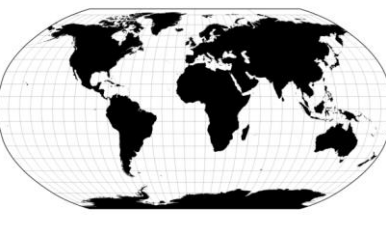
Vizualizácia objektov pomocou d3.js

Názov knižnice D3 je odvodený z anglického termínu „Data-Driven Documents“. Použitie tejto knižnice predstavuje nový prístup k vizualizácii geografických údajov (aj negeografických, resp. nepriestorových dát) publikovaných cez webové rozhranie. D3 umožňuje priamu kontrolu nad dátami, pričom využíva štandardný model objektu tzv. DOM (Document Object Model). Pomocou D3 môžu vývojári spájať vstupné dáta do ľubovoľných prvkov dokumentu, aplikovať dynamickú transformáciu a modifikovať ich obsah (Bostock, M., Ogievetsky, V., Heer, J., 2011). Podobne ako pri iných projektoch, aj v tomto prípade je možné nájsť na internete podrobnú dokumentáciu API (<https://github.com/mbostock/d3/wiki/API-Reference>). Na internete možno nájsť taktiež množstvo podrobných návodov o tvorbe aplikácií využívajúcich túto knižnicu (<http://driven-by-data.net/>, <http://www.jasondavies.com/>, <http://christopheviau.com/d3list/>). Podrobné informácie o tejto knižnici prinášajú aj práce Maclean, M., (2013) a Zhu, N. Q. (2013), v ktorých možno nájsť podrobný výklad syntaktických pravidiel, ako aj postrehy autorov, ktorí majú bohaté skúsenosti s programovaním v jazyku JavaScript. V prípade záujmu o využitie tejto knižnice pri tvorbe vlastných aplikácií predstavuje hodnotný informačný zdroj vlastná domovská stránka projektu (d3js.org), ktorá obsahuje množstvo konkrétnych príkladov vizualizácie dát rôzneho charakteru.

Z pohľadu kartografickej interpretácie je zaujímavá skutočnosť, že samotná D3 knižnica zahŕňa definovanie viacerých štandardných kartografických zobrazení, pričom menej často používané projekcie je možné zobrazit' pomocou prídavnej knižnice ([d3.geo.projections.js](https://github.com/mbostock/d3/wiki/Geo-Projections)) (<https://github.com/mbostock/d3/wiki/Geo-Projections>). Mapové vrstvy vo formáte TopoJSON (viď ďalšiu časť príspevku) je teda možné zobrazit' prakticky v ľubovoľnej projekcii, s minimálnou modifikáciou zdrojového kódu (Tab. 1).

Tab. 1. Ukážka niektorých kartografických zobrazení dostupných v D3

Foucault	
	<pre>var projection = d3.geo.foucault() .translate([width / 2, height / 2]) .scale(165) .precision(.1);</pre>

<p>Bonne</p> 	<pre>var projection = d3.geo.bonne() .translate([width / 2, height / 2]) .center([0, 27]) .scale(210) .precision(.1);</pre>
<p>Berghaus</p> 	<pre>var projection = d3.geo.berghaus() .translate([width / 2, height * .55]) .rotate([20, -90]) .clipAngle(180 - 1e-3) .scale(155) .precision(.1);</pre>
<p>Robinson</p> 	<pre>var projection = d3.geo.robinson() .translate([width / 2, height / 2]) .scale(150) .precision(.1);</pre>

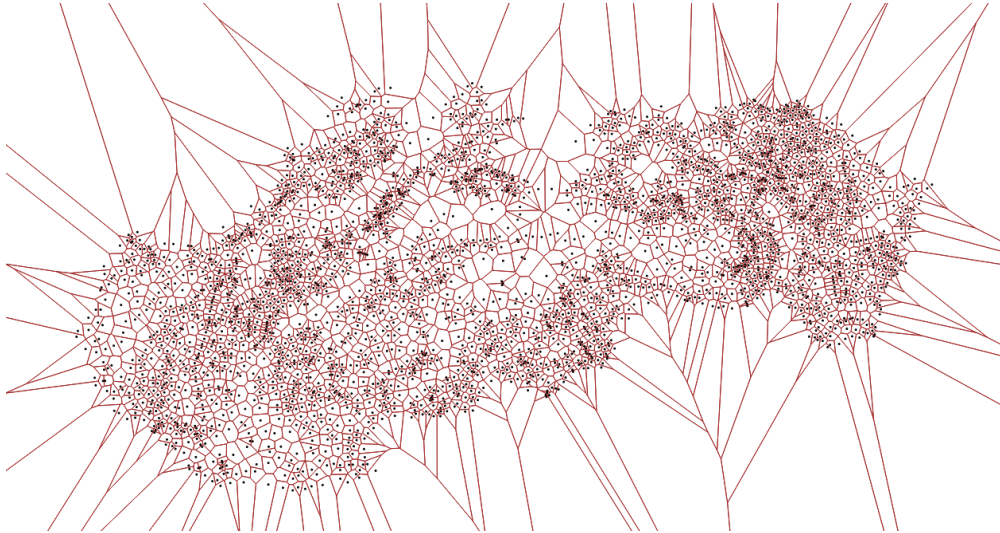
Zdroj: *vlastné spracovanie autorom podľa <https://github.com/d3/d3-geo-projection/>*

V prípade práce s bodovo lokalizovanými priestorovými údajmi, je možné ich zobrazenie nielen vo formáte TopoJSON, ale aj v niektorom so štandardných textových formátov, vrátane bežne používaného súboru typu csv. Okrem samotných atribútov musí takýto súbor samozrejme obsahovať dvojicu geografických súradníc, ktoré je možné získať štandardným spôsobom v akomkoľvek dostupnom GIS riešení, alebo pomocou vhodne zvolenej geokódovacej služby v online prostredí. Samotné zobrazenie môžeme potom doplniť o niektorú z ponúkaných funkcií, v našom prípade bola použitá funkcia pre zobrazenie voronoi polygónov (obr. 1)². Takúto mapu možno následne pomocou využitia príslušného API zobraziť napr. pomocou leafletu³, čím dosiahneme interaktívnu podobu mapy s možnosťou prepomenia na iné stránky, prípadne atribúty daného objektu.

Univerzálnosť knižnice d3.js je dobre viditeľná na množstve vizualizácií zobrazených na rôznych internetových stránkach. Jedinečným informačným zdrojom sú samotné stránky www.d3js.org, ktorú vytvorili jej tvorcovia za účelom priblíženia rozsiahlych možností jej využitia v rozličných oblastiach vizualizácie (mapy, animácie, diagramy, grafy, videá atď.).

² Online podobu ukážky a príslušný zdrojový kód potrebný pre zobrazenie danej mapy je na stránke: <http://www.sodbtn.sk/json/voronoi/>

³ http://www.sodbtn.sk/obce/obce_voronoi.php



```

d3.csv("obce_body.csv", function(obce) {
  var positions = [];

  obce.forEach(function(obec) {
    positions.push(projection([+obec.lon, +obec.lat]));
  });

  // zobrazenie Voronoi polygónov pre jednotlivé body. Podrobná dokumentácia je dostupná v popise API na
  stránke: https://github.com/mbostock/d3/wiki/API-Reference

  var polygons = d3.geom.voronoi(positions);

  var g = cells.selectAll("g")
    .data(obce)
    .enter().append("svg:g");

  g.append("svg:path")
    .attr("class", "cell")
    .attr("d", function(d, i) { return "M" + polygons[i].join("L") +
    "Z"; });

  g.append("svg:circle")
    .attr("cx", function(d, i) { return positions[i][0]; })
    .attr("cy", function(d, i) { return positions[i][1]; })
    .attr("r", 1.5);
});

```

Obr. 1. Zobrazenie voronoi diagramov pre obce Slovenskej republiky s ukážkou zdrojového kódu

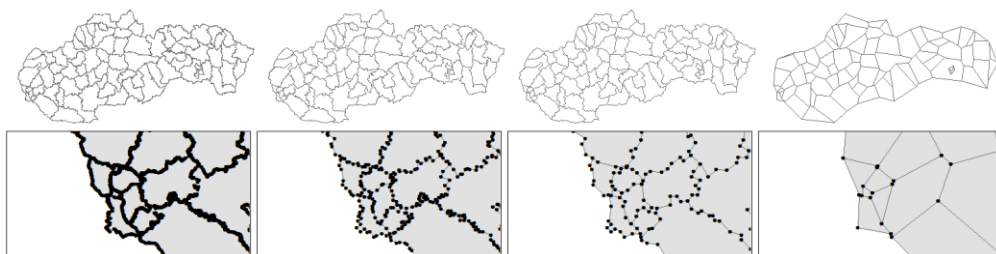
Zdroj: vlastné spracovanie autorom na základe stránky
<https://mbostock.github.io/d3/talk/20111116/airports-all.html>

Formát TopoJSON

Knižnica d3.js predstavuje súbor funkcií, ktoré sú určené pre manipuláciu s priestorovými aj nepriestorovými údajmi. Z hľadiska vizualizácie geodát je dôležitá implementácia funkcií pre prácu s geodátami uloženými vo formáte TopoJSON. V tejto časti príspevku poukážeme na niektoré základné charakteristiky a možnosti tvorby mapových vrstiev v tomto formáte. Formát TopoJSON predstavuje

akési rozšírenie formátu GeoJSON, v ktorom je reprezentovaná topológia. Primárnou výhodou tohoto formátu v porovnaní s formátom GeoJSON je jeho výsledná veľkosť. Pri konverzii dát tak môžeme získať až 80% redukciu veľkosti výsledného súboru (v porovnaní s formátom GeoJSON, viď obr. 3).

Na tomto mieste je dôležité upozorniť na skutočnosť, že korektnú prácu s geodátami vo formáte TopoJSON dosiahneme len pri použití topologicky čistej primárnej mapovej vrstvy. V opačnom prípade dôjde k nekorektnej interpretácii územia zobrazeného na mape. Pred samotnou konverziou formátov⁴ je dôležité rozhodnúť sa, či tvorca aplikácie využívajúcej uvedený formát uprednostní prezentáciu objektov v originálnej geometrii, alebo zvolí generalizáciu pôvodnej geometrie za účelom skrátenia času načítania jednotlivých objektov na strane klienta (Obr. 2). V prípade nami zvoleného ďalšieho využitia dát za účelom distribúcie tematických máp je vhodné použiť niektorý zo štandardných algoritmov na generalizáciu geometrie objektov, dostupný v programe ArcGIS („Point Remove“ alebo „Bend Simplify“). V prípade absencie potrebného programového vybavenia je možné aj využiť niektorú z dostupných internetových služieb (napr. Mapshaper).



Obr. 2. Porovnanie okresov SR s rôznym stupňom generalizácie geometrie. Počet uzlov vo vrstve okresov zľava doprava: (72115, 38614, 3306, 503)

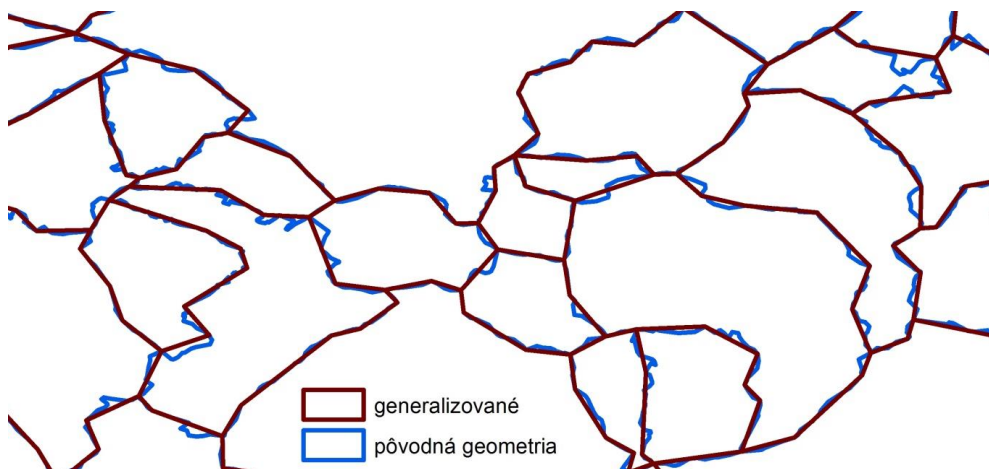
Zdroj: vlastné spracovanie autorom

Pre tvorbu samotného TopoJSON súboru sú dostupné viaceré možnosti konverzie primárneho *.shp súboru danej mapovej vrstvy. V našej aplikácii, ktorej sa budeme venovať v ďalšej časti príspevku sme použili generalizovanú geometriu vstupných vrstiev práve z dôvodu urýchlenia času načítania výslednej mapy klientom. Porovnanie veľkosti výsledného súboru je znázornené na obr. 3.

V prípade exportu atribútovej časti je dôležité uvažovať o kódovaní znakovkej sady konvertovaných súborov. Kódová stránka shp súborov je ISO-8859-1. Táto spôsobí deformáciu znakov s diakritikou. Preto je vhodné vstupné shp súbory previesť niektorej zo znakových sád podporujúcich aj znaky obsahujúce diakritiku (napr. znaková sada UTF-8). Za týmto účelom je možné použiť napr. program QuantumGIS, kde je možné špecifikovať znakovú sadu mapovej vrstvy (podporovaná je aj sada UTF-8), v prípade programu ArcGIS je možné nastaviť v registroch túto znakovú sadu ako predvolenú pre všetky mapové vrstvy⁵.

⁴ Existuje väčšie množstvo špecifických postupov na konverziu dát do formátu TopoJSON, GeoJSON. Priamy export do formátu TopoJSON nie je zatiaľ v štandardných GIS programoch dostupný, je však možné konvertovať vstupné dáta do formátu GeoJSON (napr. program QGIS) a tento následne konvertovať do formátu TopoJSON pomocou online služieb (napr. <http://jeffpaine.github.io/geojson-topojson/>)

⁵ Návod na konverziu znakovkej sady v programe ArcGIS možno nájsť na tejto adrese: <http://support.esri.com/cn/knowledgebase/techarticles/detail/21106>

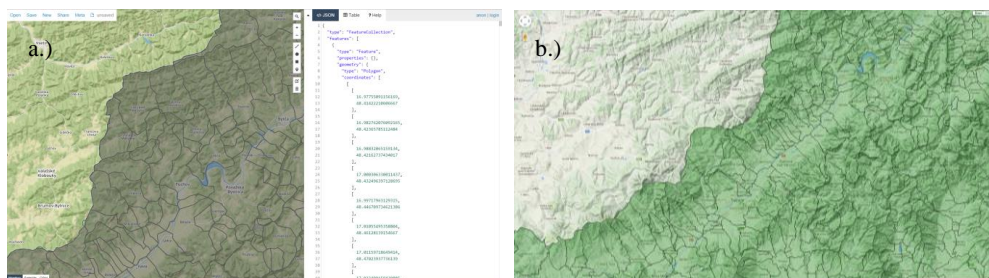


vrstva	SHP súbor (počet uzlov)	GeoJSON (veľkosť – bajty)	TopoJSON (veľkosť – bajty)
okresy originálna geometria	72 115	2 802 607	371 703
okresy generalizovaná geometria	7 577	297 056	45 966
obce originálna geometria	369 028	14 436 775	2 007 359
obce generalizovaná geometria	52 307	2 296 847	560 734

Obr. 3. Porovnanie veľkosti súborov TopoJSON a GeoJSON pri rozličnom stupni generalizácie geometrie objektov

Zdroj: vlastné spracovanie autorom

Verifikáciu vytvorenej mapovej vrstvy vo formáte TopoJSON možno vykonať jej načítaním v niektorej z dostupných mapových služieb. Pri korektnom procese konverzie sa daná vrstva zobrazí v požadovanej časti mapy, zobrazujúcej dané územie (Obr. 4).



Obr. 4. Zobrazenie mapovej vrstvy v TopoJSON formáte pomocou vybraných stránok
a.) na stránke <http://geojson.io/#map=2/20.0/0.0> (načítanie súboru pomocou grafického rozhrania)
b.) pomocou Google Maps (vyžaduje si naštudovanie príslušnej dokumentácie API pre zobrazenie mapových vrstiev vo formáte TopoJSON)

Zdroj: vlastné spracovanie autorom

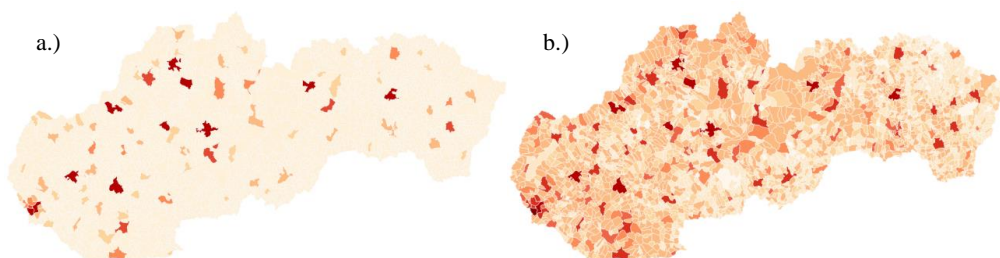
Mapové vrstvy vo formáte TopoJSON je možné získať aj na rozličných internetových stránkach. Jedná sa predovšetkým o mapové dáta na úrovni krajín sveta s pomerne vysokým stupňom generalizácie objektov. Slovenské vrstvy na úrovni štátnej, krajskej a okresnej hranice poskytuje aj stránka free-map.sk. Tieto dáta možno použiť v rozličných aplikáciách, je však dôležité upozorniť na skutočnosť, že obsahujú množstvo topologických chýb. Je preto vhodnejšie využiť vlastné pripravené mapové výstupy, pri tvorbe ktorých sa vieme podobným chybám vyvarovať použitím korektných metód primárneho spracovania.

Mapová aplikácia zobrazujúca vybrané ukazovatele z populačného cenzu v roku 2011

Teoretické poznatky o knižnici D3 a formáte TopoJSON predstavujú nevyhnutný vstupný bod, od ktorého sa odvíja ich ďalšie využitie. Konkrétne využitie sa pokúsime priblížiť na tvorbe vlastnej internetovej stránky zobrazujúcej vybrané ukazovatele zo sčítania obyvateľov, domov a bytov z roku 2011, na úrovni obcí Slovenskej republiky. Hlavným cieľom tohto internetového projektu bolo vytvoriť rozhranie (v podobe internetovej stránky), na ktorej by si mohol klient vytvárať vlastné tematické mapy na úrovni obcí, na základe vybraných dát zo sčítania obyvateľov, domov a bytov z roku 2011. Samotnú tvorbu aplikácie možno rozdeliť do viacerých fáz:

- 1.) Primárna tvorba súborov TopoJSON a csv (viď predchádzajúca časť príspevku), obsahujúcich príslušné atribúty ako aj potrebný zápis geometrie objektov (obcí Slovenskej republiky)
- 2.) Testovanie zobrazenia vybraných vrstiev v podobe jednoduchých tematických máp, zobrazujúcich konkrétny atribút
- 3.) Vytvorenie grafického rozhrania a potrebného formuláru pre tvorbu tematických máp
- 4.) Definovanie premenných potrebných pre modifikáciu výslednej mapy na základe podmienok definovaných klientom

Tvorbe TopoJSON súborov sme sa venovali v predchádzajúcej časti príspevku⁶. Tu je však vhodné poznamenať, že výber atribútov zobrazovaných v mapách bol viac menej náhodný, a môže byť kedykoľvek modifikovaný (doplnením, alebo generovaním nového TopoJSON, prípadne csv súboru) na základe požiadaviek obstarávateľa podobnej aplikácie. Samotná aplikácia je navrhnutá univerzálne pre akékoľvek územie (na úrovni obcí), a akékoľvek atribúty. V prípade rôznorodosti vstupných dát je potrebná len modifikácia premenných odosielaných pomocou formulára na vstupnej stránke aplikácie⁷. Samotné zobrazenie mapovej vrstvy na strane klienta je výsledkom použitia príslušných funkcií pre prácu s knižnicou D3. Ako vstupný test sme zvolili zobrazenie počtu obyvateľov na úrovni obcí SR pomocou metódy kartogramu (Obr. 5). V tomto konkrétnom príklade boli použité dve možnosti farebnej distribúcie ponúkané knižnicou D3. Z hľadiska užívateľského definovania sme vo výslednej aplikácii uprednostnili druhú možnosť (`d3.scale.threshold()`)



Obr. 5. Primárne zobrazenie topoJSON súboru a farebného znázornenia vybraného atribútu

a.) pomocou využitia farebného škálovania na základe funkcie `d3.scale.quantize()`

b.) pomocou využitia farebného škálovania na základe funkcie `d3.scale.threshold()`

Zdroj: vlastné spracovanie autorom

Po úspešnom otestovaní farebného definovania jednotlivých tried na úrovni obcí, sme v ďalšom kroku doplnili do mapy funkcie pre zobrazenie základných štatistických informácií pri zvrátnení konkrétneho objektu (obce), tzv. „rollover“ efekt, približovanie vrstvy ako aj zobrazenie legendy v stabilne definovanej pozícii na strane klienta. Pri riešení našej aplikácie sme využili možnosti biva-riáčného mapovania atribútov, kedy farebná výplň objektu bola nahradená farebnou výplňou znaku rozličnej veľkosti (na základe hodnoty sledovaného atribútu)⁸. V tab. 2 vidíme porovnanie dvoch možností znázornenia a kombinácie dvoch vybraných atribútov.

⁶ Konverzia do formátu csv je štandardnou funkciou tabuľkových editorov typu MS Excel

⁷ Samotná stránka opísaná v príspevku sa nachádza na adrese: www.sodbtn.sk/scitanie

⁸ Kombináciu farebnej výplne objektu (kartogram) a rozličnú veľkosť diagramu pre príslušnú obec možno zobraziť na stránke www.sodbtn.sk/scitanie2

Tab. 2. Porovnanie zobrazenia atribútu objektu dvomi metódami

Kombinácia veľkosti diagramu a jeho farebnej výplne	
	<pre>d3.json("obce_plochy_data.topojson", function(error, topology) { d3.csv("obce_vsetko.csv", function(error, data) { g.selectAll("circle") .data(data) .sort(function(a, b) { return b.p_o_2011- a.p_o_2011; }) .enter() .append("circle") .attr("cx", function(d) { return projection([d.lon, d.lat])[0]; }) .attr("cy", function(d) { return projection([d.lon, d.lat])[1]; }) .attr("r", function(e) { return ra- dius(e.p_o_2011); }) .attr("class", "bubble") .attr("fill", function(f) { return color(f.p_o_2011); }) });</pre>
Kombinácia veľkosti diagramu (bez výplne) a farebnej výplne objektu (obce)	
	<pre>d3.json("obce_plochy_data.topojson", function(error, topology) { d3.csv("obce_vsetko.csv", function(error, data) { g.selectAll("circle") .data(data) .sort(function(a, b) { return b.p_o_2011- a.p_o_2011; }) .enter() .append("circle") .attr("cx", function(d) { return projection([d.lon, d.lat])[0]; }) .attr("cy", function(d) { return projection([d.lon, d.lat])[1]; }) .attr("r", function(e) { return ra- dius(e.p_o_2011); }) .attr("class", "bubble") }); g.selectAll("path") .data(topojson.feature(topology, topology.objects.collection).features) .enter() .append("path") .attr("d", path) .style("fill", function(d) { re- turn color(d.properties.p_o_2011); }) });</pre>

Zdroj: vlastné spracovanie autorom

Farba obce, resp. diagramu je priradená na základe príslušnej hodnoty atribútu (počet obyvateľov). Elimináciu prekrytia diagramov s menším priemerom diagramami s väčším rádiusom získame využitím funkcie `sort` (viď zápis v tab. 2). Táto funkcia je veľmi dobre známa aj tvorcom tematických máp v prostredí ArcGIS, prípadne iných programoch používaných pri tvorbe tematických máp využívajúcich diagramové znázornenie ukazovateľa. V ďalšej fáze tvorby aplikácie sme pristúpili k tvorbe potrebného vstupného formuláru prenášajúceho dáta do príslušnej mapy. Jednotlivé atribúty sme predtým uchovali v príslušných topojson súboroch na úrovni obcí. Pri riešení podobnej úlohy je vhodné myslieť na potreby klienta využívajúceho danú službu a poskytnúť mu aspoň základné možnosti modifikácie výslednej mapy. V našom prípade sme klientovi umožnili vybrať ukazovateľ, na základe ktorého sa generuje veľkosť diagramu. Ďalej je to možnosť znázorniť príslušnú mapu pre vybrané územie (tu sme zvolili okrem celoslovenskej úrovne aj úroveň jednotlivých krajov SR). Pri farebnej schéme diagramu má klient možnosť okrem výberu samotného ukazovateľa (tento sa použije na vyfarbenie diagramu), definovať aj hranice jednotlivých intervalov (počet stanovený pevne na 6) a zobrazit' základnú farebnú schému (5 základných odtieňov generovaných na základe knižnice `colorbrewer.js`). Na presun, uchovanie a následné zobrazenie prenesených premenných z formulára, je využitý skriptovací jazyk PHP, pomocou ktorého sa potom tieto hodnoty zahrnú do finálnej mapy (Obr. 6).

```

// veľkosť diagramu
$ukaz1 = $_POST["mapa1"]; // p_o_2011
$uzemie2 = $_POST["uzemie2"]; // BB
$cislo = $_POST["cislo"]; // 100

// výplň diagramu
$ukaz2 = $_POST["mapa2"]; // p_ecav
$farba = $_POST["farba"]; // modra
$h1 = $_POST["h1"]; // 5
$h2 = $_POST["h2"]; // 10
$h3 = $_POST["h3"]; // 15
$h4 = $_POST["h4"]; // 20
$h5 = $_POST["h5"]; // 25

... // výpis parciálnych premenných

if (isset($farba) AND $farba ==
'modra') {
    $col1 = "#f1eef6";
    $col2 = "#d0d1e6";
    $col3 = "#a6bddb";
    $col4 = "#74a9cf";
    $col5 = "#2b8cbe";
    $col6 = "#045a8d";
}

```

Obr. 6. Prenos premenných pomocou formulára a výsledné zobrazenie mapy na strane klienta
Zdroj: vlastné spracovanie autorom

Na strane klienta sa zobrazí mapa, ktorá zodpovedá požiadavkám klienta odoslaným cez vstupný formulár. Vzhľadom na možnosti výberu farebnej škály, veľkosti symbolu ako aj hraničných hodnôt jednotlivých intervalov získavame takmer neobmedzený počet výsledných máp. Jednotlivé atribúty sú uložené priamo v súboroch s koncovkou `*.topojson`, v prípade potreby je možné ďalšie rozšírenie tejto aplikácie o uloženie atribútov v databázovom systéme MySQL a ich príslušné zapísanie do textového dokumentu na základe požiadavky klienta. Možnosti modifikácie výslednej aplikácie sú limitované len programátorskými zručnosťami tvorcu.

Záver

Existencia rozličných formátov a dostupných knižníc nám umožňuje veľmi rôznorodé spracovanie dát a ich následnú distribúciu v prostredí internetu. V našom príspevku sme sa zamerali na opísanie základných možností formátu TopoJSON v spolupráci s knižnicou D3, ktorá sa stala v ostatnom čase veľmi obľúbeným nástrojom všetkých vývojárov spracovávajúcich na svojich stránkach veľké množstvo dát. Práve variabilita a rozsiahle vizualizačné možnosti geodát sú zaujímavé aj pre geografickú komunitu. Počnúc jednoduchým zobrazením základných grafických prvkov až po rozsiahle dynamické interaktívne aplikácie zobrazujúce dáta pre rozličné časové rady a priestorové jednotky, je možné zachytenie a vizualizácia prakticky akéhokoľvek sledovaného javu.

Jednou z výhod používaného formátu je dostupnosť mapových vrstiev priamo v uvedenom formáte na internete, prípadne dostupnosť mapových vrstiev v inom formáte (napr. shp súbory), ktorých konverzia do TopoJSON formátu je možná na základe použitia viacerých postupov. Pre bežných užívateľov je asi najjednoduchší spôsob konverzie pomocou dostupných online služieb (napr. mapshaper, mapstater a pod.). Ďalšou výhodou je možnosť načítania mapovej vrstvy v prehliadači stránok bez akejkolvek softvérovej závislosti na strane klienta. Toto môže byť častokrát limitujúcim faktorom používania rôznych online riešení. Z hľadiska používania knižnice D3, podobne ako pri ďalších podobných riešeniach je veľmi dôležitá dostupnosť informačných zdrojov. Tu treba povedať, že tvorcovia tejto knižnice vytvorili naozaj obsahovo bohatú stránku projektu (d3js.org), z ktorej je možný prechod na blogy jednotlivých autorov knižnice obsahujúcich množstvo príkladov, na ktorých je možné naučiť sa pochopiť jednotlivé funkcie. Hodnotný informačný zdroj predstavujú taktiež ukážky interpretácie dát na stránkach svetových denníkov. Príkladom môžu byť napr. Washington Post či New York Times, ktoré svojim čitateľom umožňujú dynamický prístup k rozličným dátovým súborom a tým aj k efektívnejšiemu vnímaniu zobrazovaných skutočností.

V našom príspevku sme poukázali na základné možnosti D3 knižnice a formátu TopoJSON na aplikácii zobrazujúcej vybrané atribúty zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov z roku 2011. Ako priestorová úroveň bolo zvolené územie Slovenska na úrovni obcí. Takéto riešenie je využiteľné pre organizácie spravujúce veľké množstvo dát, ktoré by bolo možné znázorniť zaujímavou dynamickou formou (napr. Štatistický úrad SR, Ústav informácií a prognóz školstva a mnohé ďalšie). Jednotlivé dáta je možné uložiť v databáze, alebo jednoduchých csv súboroch, pričom grafická podoba mapových vrstiev využíva formát TopoJSON. Prezentované riešenie je len akýmsi naznačením veľkého potenciálu D3 a TopoJSON, funkcionality finálneho produktu je plne v rukách tvorca aplikácie.

Formát TopoJSON možno v súčasnosti považovať za štandard pri tvorbe geograficky orientovaných aplikácií v prostredí Internetu. Jednoduchosť jeho tvorby z primárnych mapových dát ako aj malá veľkosť výsledných súborov, predstavujú sami o sebe pridanú hodnotu. V kombinácii s využitím knižnice D3 možno svojim spôsobom hovoriť o novej generácii vizualizácie dát v prostredí Internetu vo všeobecnosti. Bude veľmi zaujímavé sledovať v budúcnosti ďalší vývoj aplikácií postavených na použití knižnice D3 a formátu TopoJSON

Literatúra

- BAČÍK, V., 2012: Creating Thematic maps online using PHP, KML and Google Earth, an example of visualizing selected indicators for the Slovak republic, *Service-Oriented Mapping SOMAP 2012*, Wien: Jobstmedia Management Verlag, 163-180.
- BERGER, A. 2002: *Scalable Vector Graphics Gestaltung einer interaktiven Karte*. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, 74 p.: <http://www.carto.net/papers/alex_berger/AlexBergerStudienarbeit.pdf>.
- BOSTOCK, M., OGIEVETSKY, V., HEER, J. 2011: D3 Data-Driven Documents. *Visualization and Computer Graphics*, 17(12): <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6064996&tag=1>.
- D3 API reference: <<https://github.com/mbostock/d3/wiki/API-Reference>>.
- HELD, G., NEUMANN, A., UEBERSCHÄR, N. 2003: SVG für die Webkartographie – Aktuelles und Zukünftiges, 15 p.: <http://www.carto.net/papers/svg/webmapping/HeldNeumannUeberschaerWinter_2003.pdf>.
- HUNT, P. 2013: Census Mapping Mashup, In: *Cartographic Perspectives*, 76, 67-76.
- MACLEAN, M. 2013: *D3 Tips and Tricks*, 255 p.: <<https://leanpub.com/D3-Tips-and-Tricks>>.

- ROTH, E., DONOHUE, R., SACK, C. M., 2014: Process for Keeping Pace with Evolving Web Mapping Technologies. *33 Cartographic Perspectives*, 78, 25-52.
- SANDER, N., ABEL, G. J., BAUER, R., SCHMIDT, J. 2014: Visualising migration flow data with circular plots, Vienna Institute of Demography. *Working Papers*, 36 p.: <<http://www.global-igration.info/VID%20WP%20Visualising%20Migration%20Flow%20Data%20with%20Circular%20Plots.pdf>>.
- SANDVIK, B., 2008: *Using KML for Thematic Mapping*, 20 p.: <http://thematicmapping.org/downloads/Using_KML_for_Thematic_Mapping.pdf>.
- UENERSCHAR, N., WINTER, A., 2006: *Visualisieren von Geodaten mit SVG im Internet, Band 1: Scalable Vector Graphics – Eiführung, clientseitige Interaktionen und Dynamik*. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 296 p.
- WERNECKE, J. 2009: *The KML Handbook, Geographic Visualization for the Web*. Minneapolis (Minnesota): Addison Wesley, 339 p.
- ZHU, N. Q. 2013: *Data Visualization with D3.js Cookbook*. Birmingham: Packt Publishing, 338 p.
<http://bost.ocks.org/mike/>
<http://driven-by-data.net/>
<http://christopheviau.com/d3list/>
<http://www.jasondavies.com/>
<https://github.com/mbostock/d3/wiki/Geo-Projections>

Príspevok vznikol vďaka projektu APVV-0018-12 „Humánogeografické a demografické interakcie, uzly a kontradikcie v časopriestorovej sieti“.

Osobné poďakovanie patrí Noahovi Veltmanovi za nezištnú ochotu odpovedať na všetky otázky týkajúce sa konverzie shp súborov do formátu TopoJSON.

Possibilities of TopoJSON format and D3 library by the visualization of geodata in the Internet

Vladimír BAČÍK

Summary: *Our contribution focuses on explaining the basic application principles of the TopoJSON format by Mike Bostock and of the D3.js library. A discrete representation of geometry is replaced in the TopoJSON format by entering the topology between particular objects (<https://github.com/mbostock/topojson/wiki>). The result of such entries is among other things also a marked reduction in the size of the final TopoJSON file in comparison with the GeoJSON format, which is a considerable benefit for the downloading of files on the part of the client. Today the universal nature of the D3 library in combination with the presentation of spatial data in the TopoJSON format can be considered as a very effective and user-friendly way of cartographic data visualization. In the geographic context, the benefit of the D3 library is direct integration of several geographically interesting functions for work with spatial objects, as well as defining many coordinate systems used in cartography. In the development of TopoJSON file it is suitable to use generalized geometry of objects, thereby achieving a smaller size of the final file, which in turn has an impact on the speed of file downloading on the part of the client. For the conversion purposes we can use some of available online services or we can use some of freely available map layers in this format. These layers, however, usually have significantly generalized geometry or contain topological errors. One of the advantages of the used format is the availability of map layers directly in TopoJSON format on the Internet or availability of map layers in a different format (eg. shp files), which are relative easy to convert to TopoJSON, using various online services (mapshaper, mapstarter, etc.). Another advantage is the ability to load map layer in the browser without any software dependence on the client side. This can be often a limiting factor in the use of various online applications. In terms of use of the library D3, as well as by other similar solutions is essential availability of information resources. Here it must be said that the authors of this library create really content-rich project page (d3js.org), from which you can switch on blogs of individual authors containing many useful examples. Valuable information source are also samples of data interpretation on the pages of world newspapers. For instance, the Washington Post*

or the New York Times can be the examples, which allow their readers to have a dynamic access to various data files, and thus also a more effective perception of presented facts.

We have presented the use of the TopoJSON format and the D3 library through the development of a website showing selected attributes from the 2011 Population and Housing Census on the level of municipalities. Its main purpose was to create an interface (in the form of a website) where the client could develop his/her own thematic maps on the level of Slovak communes. The development of the application as such can be divided into several stages. The first is the development of TopoJSON and csv files containing the relevant attributes such as the necessary entry of object geometry. In the next stage we tested the functionality of layers on the selected attribute. Subsequently, a website graphic interface and the necessary form were created for the development of thematic maps. In the last step we defined the variables required for the modification of the final map based on the conditions defined by the client (www.sodbtm.sk/scitanie). The presented solution showing the selected attributes from the 2011 Population Census can be used in a wide spectrum of user user-friendly applications. This solution is useful for organizations managing large amounts of data that could be represented by an interesting dynamic form (e.g. Statistical office of Slovak Republic). Individual data can be stored in the database, or simple CSV file, the graphic design of the map layers uses format TopoJSON. Presented solution is the only kind of indication of the great potential of D3 and TopoJSON, functionality of the final product is fully in the hands of the creator application (it depends on his programming skills).

The TopoJSON format can already be regarded as a standard in the development of geographically oriented applications in the Internet environment. Its simple development from primary map data, as well as a small size of final files presents an added value. In a combination with the use of D3 library we can in a way talk about the revolution in the field of Internet mapping, and also about a new form of data visualization on the Internet in general. It will be very interesting to monitor the next development of applications based on the D3 library and TopoJSON format in the future.

Tab. 1: Example of some cartographic projections available in D3

Tab. 2: Comparison of displaying attributes by two different methods

Fig. 1: Display of Voronoi diagrams for the communes of Slovak Republic with a sample of source code

Fig. 2: Comparison of districts in Slovakia with different level of geometry generalization

Fig. 3: Comparison of file-size between TopoJSON and GeoJSON, by using different level of geometry generalization

Fig. 4: Display of map layer in TopoJSON format by using various web-services

Fig. 5: Primary display of TopoJSON file and colour scheme of selected attributes

Fig. 6: Transferring of variables using input form and the resulting map on the client side

Adresa autora:

Mgr. Vladimír Bačík, PhD.

Katedra humánnej geografie a demografie,

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

bacik@fns.uniba.sk