

Joy plots v kartografii

Josef Můnzberger, České vysoké učení technické v Praze

Pravděpodobně jeden z nejkoničtějších obalů hudebních desek vznikl v roce 1979 k albu *Unknown Pleasures* britské kapely Joy Division. Autor návrhu Peter Saville při jeho tvorbě vycházel ze záznamu rádiových vln prvního objeveného pulsaru¹ (CP1919), který byl zachycen observatoří Arecibo na Portoriku. Původní obraz zaznamenaného signálu z vesmíru poprvé zveřejnil roku 1970 ve své disertační práci [1] Harold D. Craft, odkud byl následně převzat do díla *The Cambridge encyclopaedia of astronomy* [2]. Zmíněný grafik pak převedl originál do inverzních barev, čímž dal vzniknout motivu, který připomíná záhadnou, neprobádanou zemi, ale i např. zvukové vlnění. [3]

¹Pulsary jsou rotující neutronové hvězdy vysílající radiové vlny v pravidelných intervalech.

Tento způsob vizualizace dat nazýváme *Joy Plot*, případně *Ridgeline Plot*, odkazující na podobnost s hřebenovou linií. V podstatě se jedná o sérii spojnicových grafů interpretující zpravidla statistická data. Zasazení do rámce kartézské soustavy navíc přímo vybízí k tvorbě map, při které osy X a Y odpovídají zeměpisné délce, resp. šířce. „Výškou“ každé linie pak lze vyjádřit celou řadu prostorových jevů; nejčastěji se v kartografickém kontextu jedná o elevaci či hustotu zalidnění. [4] [5]

Joy Plots mě od první chvíle fascinovaly. Ať už svou historií a otiskem v popkultuře, tak svým mysteriózním minimalismem, který přes svou jednoduchost (skupina zakřivených,

částečně se překrývajících čar) dovede předávat mnoho informací. Proto jsem začal s rešerší a testováním různých metod, kterými je možné dosáhnout podobného výsledku. Optimální řešení nakonec vykristalizovalo po ose ArcGIS Pro – RStudio – Adobe Illustrator. Jakkoliv složité se může postup zprvu zdát, není nutné se obávat přílišné složitosti. V rámci GIS softwaru se jedná o použití několika nástrojů pro práci s rastrovými daty, ve statistickém programu RStudio o stažení správných knihoven a zápis několika řádků kódu, třetí krok v grafickém editoru je pak volitelný. Následující text se podrobněji věnuje nastíněným fázím tvorby *Joy Plots* ve smyslu vizualizace prostorových dat.

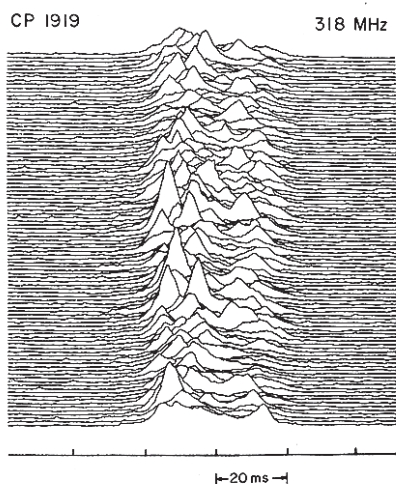
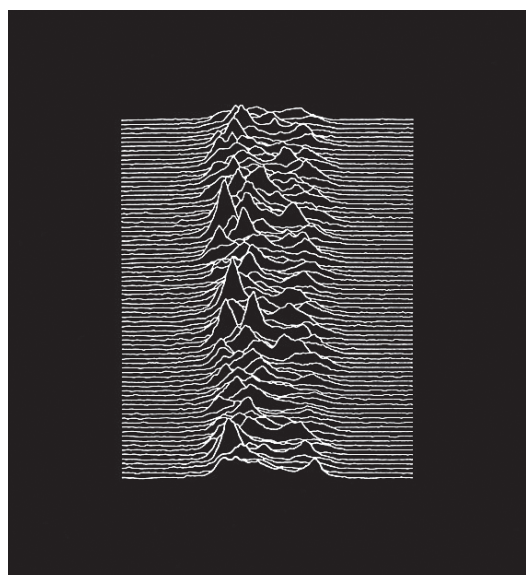


Fig. 2. – 100 consecutive pulses from the pulsar CP 1919. Time increases from bottom to top. Pulsar period is 1.34 seconds.

Obr. 1. První publikovaný záznam pulsaru.



Obr. 2. Cover alba *Unknown Pleasures* kapely Joy Division (1979).



Obr. 3. Základní vizualizace datasetu hustoty obyvatel ČR (2018) v R.

PŘÍPRAVA DAT V GIS

Iniciační část celého zpracování probíhá v ArcGIS Pro, avšak alternativně lze využít libovolný GIS software. Pro účely článku byla vybrána vzorová rastrová data k hustotě populace (2018) a výškové rastry ČR (DMR5G) a oblasti Antil (vykreslení reliéfu ostrovů pomocí *Joy Plots* je v jistém slova smyslu autentické, jelikož části nezvlněných linií korespondující s hladinou moře ji zároveň připomínají). Pracovní postup je orientován zejména na použité nástroje geoprocessingu a jejich vstupní parametry, tudíž nejsou popisovány základní operace, které jsou čtenáři ArcRevue důvěrně známy. Předpokladem je tedy např. založení nového projektu v ArcGIS, import (popřípadě ořez) vhodného rastru a definice kartografického zobrazení.

První krok zahrnuje tvorbu liniové vrstvy překrývající zájmové území na zvoleném rastru. K tomu lze použít např. nástroj *Create Fishnet*, který vykreslí liniovou mřížku dle zadaného počtu sloupců a řádků. S respektem k originálu, jenž čítá 80 linií, doporučuji nastavit 79 řádků a 1 sloupec. Zároveň je ideální specifikovat *Template Extent* dle vstupního rastru, pokud výrazněji nepřesahuje zájmové území. Tímto způsobem vznikne 80 horizontálních linií a dvě vertikální, které vzápětí pomocí *Editoru* odstraníme. Volitelně je možné liniovou vrstvu ořezat např. podle státních hranic ČR, pokud je záměrem prostorový jev vizualizovat pouze pro konkrétní území (v případě hustoty populace ČR jsem tak učinil, na rozdíl od práce s DMR karibských ostrovů).

Dále je potřeba vytvořit body po délce vzniklých linií pomocí nástroje *Create Points Along Lines*. Povinným parametrem je interval mezi body, který je vhodné volit s ohledem na velikost analyzovaného území; přílišné množství

bodů může zpomalit navazující výpočty (pro ČR volím interval 1 km, čímž vznikne cca 21 000 bodů na 80 liniích). V návaznosti je nutné extrahovat informace z rastru do atributové tabulky připravené bodové vrstvy. K tomu se nabízí funkce *Extract Values to Points* (zde je volen pouze zdrojový rastr a bodová třída prvků), čímž se docílí přiřazení hodnot pixelů k polohově korespondujícím bodům. Na závěr první fáze je nezbytné doplnit atributovou tabulku bodů s výškami o souřadnice X a Y vytvořením nových sloupců a následného užití integrovaného kalkulátoru (*Calculate Geometry*). Nyní již zbývá exportovat body jako tabulku ve formátu CSV, přičemž proces stačí omezit pouze na tři sloupce se souřadnicemi.

VIZUALIZACE DAT V JAZYCE R

Rstudio je open source vývojové prostředí umožňující pokročilou práci v programovacím jazyce R. Tvorba *Joy Plots* se neobejde bez instalace balíčků *ggplot2*, *ggridges*, *maps* a *mapproj*. Po úspěšné instalaci a založení nového skriptu přichází na řadu zápis samotného kódu. Náplní této kapitoly jsou sekce kódu opatřené komentářem, který na rozdíl od předchozí části nepředpokládá u čtenáře ani základní orientaci v problematice.

```
1 library(ggplot2)
2 library(ggridges)
3 library(maps)
4 library(mapproj)
5 JoyDataCzechia <- read.csv(file="ArcJoyCZ.csv",
header=TRUE, sep=";")
```

První čtyři řádky zavolají potřebné knihovny. Na 5. řádku proběhne načtení předpřipraveného CSV souboru do nové

proměnné. Příkaz *read.csv* vyžaduje specifikaci názvu souboru, logickou hodnotu existence záhlaví tabulky či druh separátoru (nastavení parametrů v ukázce umožňuje import CSV souborů exportovaných z ArcGIS Pro dle předchozího postupu).

```
6 head(JoyDataCzechia)
7 names(JoyDataCzechia)[1] <- "Pop"
8 names(JoyDataCzechia)[2] <- "X"
9 names(JoyDataCzechia)[3] <- "Y"
```

Následná čtveřice řádků se zaměřuje na výpis a úpravu proměnné (v tomto případě je v proměnné uložena celá tabulka), resp. postupný update záhlaví tabulky. Šestý řádek lze poté kontrolně zopakovat, zda vypíše tabulku s aktualizovanou hlavičkou.

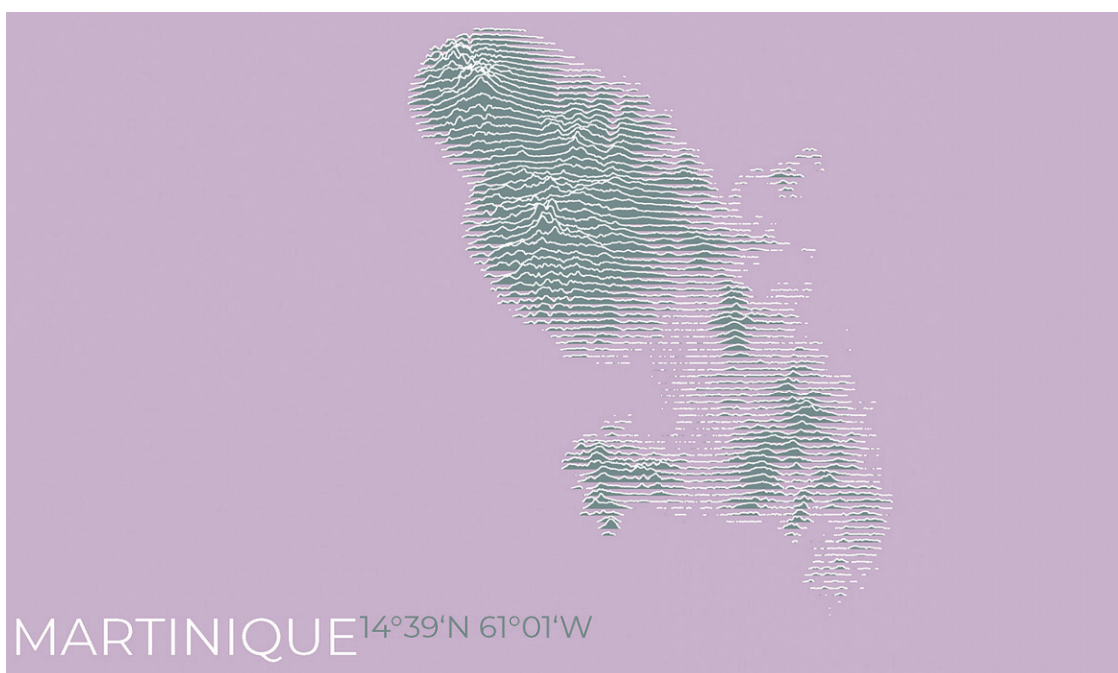
```
10 CzechPop <- ggplot(JoyDataCzechia,
11   aes(x = X, y = Y, group = Y, height = Pop)) +
12   geom_density_ridges(stat = "identity")
13 CzechPop
```

V dalším kroku je zavedena nová proměnná, do níž je uložen graf pomocí kombinace funkcí. Základem je užití *ggplot*, které se předává dataset, pro nějž připraví souřadnicové osy s potřebným rozsahem hodnot. Transformaci zdrojových dat do vizuálních stylů zajišťuje funkce *aes*, jíž lze užít přímo v konstruktoru *ggplot* jako vnořenou funkci. Samotné vykreslení grafu provádí *geom_density_ridges*. V ukázce byly vyplněny pouze povinné parametry všech funkcí s účelem demonstrovat defaultní zobrazení.

Nelze se však omezit pouze na základní nastavení funkce *geom_density_ridges*, jelikož výsledek (obr. 3) ještě nesplňuje stanovené zadání. Zásadní část dalšího kódu je proto věno-

```
14 CzechJoy <- ggplot(JoyDataCzechia,
15   aes(x = X, y = Y, group = Y, height = Pop)) +
16   geom_density_ridges(stat = "identity", scale = 5,
17   fill="black", color="white") +
18   ylim(2025000, 2350000) +
19   theme(panel.grid.major = element_blank(),
20   panel.grid.minor = element_blank(),
21   panel.background = element_rect(fill = "black"),
22   plot.background = element_rect(fill = "black"),
23   axis.line = element_blank(),
24   axis.text.x=element_blank(),
25   axis.text.y=element_blank(),
26   axis.ticks.x=element_blank(),
27   axis.ticks.y=element_blank(),
28   axis.title.x=element_blank(),
29   axis.title.y=element_blank()) +
30   coord_equal()
31 Czechia_Joy
```

vána pokročilejší vizualizaci zavedením nepovinných parametrů a voláním dodatečných funkcí. Potenciál pro experimenty skýtá parametr *scale*, pomocí kterého lze škálovat „výškovou“ složku zdrojových dat. Kromě editace barev linií a pozadí grafu (parametry uvnitř *geom_density_ridges*) či odstranění popisu os a stupnic (v rámci *theme*) lze příkazem *ylim* omezit mapové okno na obor hodnot (interval stanoven dle předešlého grafu). Funkce *coord_map* z balíčku *mapproj* umožňuje definovat zobrazení, pokud zdrojový dataset obsahuje zeměpisné souřadnice bodů. Pro menší území (např. jednotlivé ostrovy, malé státy)



Obr. 4. Joy Plot vizualizace reliéfu ostrovního státu Martinik.

ELEV POPULATION IN CZECHIA



Obr. 5. Nadmořská výška a hustota populace ČR.

lze ponechat argument prázdný, avšak u větších lokalit jej doporučuji PCS definovat. Do datasetu hustoty obyvatel ČR byly vygenerovány přímo rovinné souřadnice, proto zde stačí zavést `coord_equal`, aby obě osy zůstaly ve stejném měřítku. Teprve nastíněná implementace nových funkcí a parametrů přináší kýžený efekt (černé linie na obrázku 5).

POST-PROCESSING V GRAFICKÉM EDITORU

Závěrečná fáze úprav je fakultativní, neboť již samotné RStudio produkuje zajímavé výstupy. Pro účely článku byl použit Adobe Illustrator 2022, který umožňuje např. prolnutí více vrstev (spojení elevace a hustoty populace do jediné mapy), tvorbu anotací či pokročilé nastavení barev a gradientu. Zejména poslední jmenovaný disponuje potenciálem k experimentování, neboť lze nastavit barevný či transparentní přechod (*gradient*) přímo tahu linií nebo výplně jimi vymezené oblasti (plochy pod nimi). Na začátku tohoto

procesu vstupuje do Illustratoru soubor PDF vygenerovaný z RStudio, který se skládá z několika vrstev. Po jejich dekompozici lze přes funkci přímý výběr označit libovolnou linii. Poté se přes nástroj pro výběr všech stejných prvků dle barvy tahu označí veškeré ostatní linie a po volbě *Okna - Přechod* je umožněna editace gradientu (tahu či výplně).

Mapové výstupy na obrázcích 4 a 5 dokládají estetiku a vizualizační možnosti metody *Joy Plots*, která stojí na pomezí kartografické a designové tvorby. Na první pohled má snad blíže právě k designu, avšak demonstrace pracovního postupu podtrhává její ortodoxní založení na geodatech a rovněž schopnost předávat informace o prostorových jevech. Nakonec *Joy Plots* najdeme i v nové knize renomovaného kartografa Kennetha Fielda *Thematic Mapping: 101 Inspiring Ways to Visualise Empirical Data* jako jednu z metod, kterými lze interpretovat výsledky posledních prezidentských voleb v USA. ◀◀

Článek byl podpořen grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS22/048/OHK1/1T/11. Ing. Josef Múnzberger, České vysoké učení technické v Praze. Kontakt: josef.munzberger@fsv.cvut.cz

Reference

- [1] CRAFT, Harold. Radio Observations of the Pulse Profiles and Dispersion Measures of Twelve Pulsars. Ithaca, NY, 1970. Disertace. Cornell University.
- [2] MITTON, Simon. The Cambridge encyclopaedia of astronomy. New York: Crown Publishers, 1977. ISBN 9780517528068.
- [3] CHRISTIANSEN, Jen. Pop Culture Pulsar: Origin Story of Joy Division's Unknown Pleasures Album Cover [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://blogs.scientificamerican.com/sa-visual/pop-culture-pulsar-origin-story-of-joy-division-s-unknown-pleasures-album-cover-video/>
- [4] WHITE, Travis M. Cartographic Pleasures: Maps Inspired by Joy Division's Unknown Pleasures Album Art. *Cartographic Perspectives*. 2019, (92), 65–78. Dostupné z: doi:10.14714/CP92.1536
- [5] WILKE, Claus O. Wilke. Introduction to ggribges [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggribges/vignettes/introduction.html>