

METODIKA IDENTIFIKACE ANOMÁLNÍCH LOKALIT KRIMINALITY POMOCÍ JÁDROVÝCH ODHADŮ

Igor IVAN¹, Jiří HORÁK²

^{1,2} Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava,
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava, Česká republika
igor.ivan@vsb.cz; jiri.horak@vsb.cz

Abstrakt

Metodika vznikla v rámci projektu „Geoinformatika jako nástroj pro podporu integrované činnosti bezpečnostních a záchranných složek státu“ a byla certifikována MV ČR v roce 2015. Cílem metodiky je doporučit standardizovaný postup využívání metody plošných jádrových odhadů pro identifikaci anomálních lokalit kriminality. Postup v jednotlivých krocích umožňuje správně připravit data, nastavit a provést potřebné analýzy a zajistit dosažení vhodného výsledku. Doporučuje použití jednotlivých variant metody, optimalizaci jednotlivých parametrů pro jednorázová i opakovaná řešení. Součástí jsou i doporučení řešení pro zpřesnění interpretace výsledků, které jsou touto metodou získány a to s využitím statistického testování. Metodika doporučuje také různé metody vizualizace výsledků. Je tak pokryt postup práce od převzetí bodově lokalizovaných událostí po zjištění statisticky významných anomálních oblastí, včetně vizualizace zjištěných výsledků. Metodika je použitelná pro data Policie ČR a také pro data městských a obecních policí. Podmínkou jsou jen kvalitně geokódovaná data a vhodné programové řešení jádrových odhadů. Metodika může rovněž sloužit jako návod pro standardizaci postupů tvorby jádrových odhadů pro jiné typy bodově lokalizovaných událostí.

Abstract

The methodology was developed in the frame of the project "Geoinformatics as a tool to support integrated activities of safety and emergency units" and certified by Ministry of Interior in 2015. Main aim of this methodology is to recommend standardized manual of kernel density estimation (KDE) utilisation for identification of anomalous crime localities. It contains step by step process from data preparation, method settings, data processing and visualisation of results. Methodology can be applied on data from the national and municipality Police departments. The only condition is existence of quality geocoded data and SW environment. The methodology can also serve as a help for standardization of KDE procedure using different point data.

Klíčová slova: jádrové odhady; kriminalita; trestný čin; metodika.

Keywords: kernel density estimation; crime; crime act; methodology.

ÚVOD

V odborné literatuře je představena široká škála analytických postupů, které je možné pro identifikaci lokalit se zvýšenou intenzitou kriminality použít. Nejzákladnější přístupy tvoří nástroje prostorové explorační analýzy dat (percentilová mapa, kvartilová mapa apod.) (Anselin et al., 2005). Tyto metody pracují s daty agregovanými do polygonů (pravidelných, nepravidelných). Nad těmito agregovanými daty je pak možné také posuzovat, nakolik se shlukují jednotlivé polygony s vysokými, resp. nízkými hodnotami. K tomuto slouží metody pro hodnocení globální a lokální prostorové autokorelace (LISA – Moranovo I, metody Gi a Gi* apod.) (Anselin, 1995; Getis, Ord, 1992).

Další metody identifikace anomálních lokalit pracující přímo s bodovými událostmi. Posuzují, zda bodová distribuce deliktů má tendenci se shlukovat či je naopak rozmístěna náhodně. Používají se např. metoda nejbližších sousedů (O'Sullivan, Unwin, 2014), K-funkce (Ripley, 1977) apod.

Hlavní metodou pro identifikaci anomálních lokalit, které bývají často nazývány jako hot spots, je metoda jádrových odhadů (kernel density estimation) či jádrového vyhlazení. Výsledky bývají autory označovány

také jako „heat maps“. Tato metoda je populární pro svou vizuální názornost hlavně v oblasti analýz kriminality.

Základním nedostatkem při uplatnění této metody však bývá subjektivita v interpretaci výsledků. Stejná podkladová data mohou být zobrazena značně rozdílně jen s využitím rozdílného nastavení metody a způsobu zobrazení. Tuto subjektivitu je vhodné potlačit a poskytnout objektivní výstupy, které podpoří objektivní interpretaci. Z tohoto důvodu je potřeba zvýraznit statisticky významné výsledky. Rozhodnutí, zda je daná lokalita anomální ve smyslu významné odchylky od ostatních, je pak potvrzeno statistickým testováním.

V neposlední řadě metodika přináší také návrh finální vizualizace výsledků tak, aby přispívaly k standardní a objektivní interpretaci jejich čtenáři. Vybrané metody rovněž umožňují využít výsledky jádrových odhadů pro hodnocení časového vývoje či pro hodnocení různých tříd událostí v jedné mapě.

Cílem je doporučit standardizovaný postup využívání metody plošných jádrových odhadů pro identifikaci anomálních lokalit kriminality. Před použitím metody je třeba si ujasnit, co je cílem analýzy a pro jaký účel je tvořena. Metoda jádrového odhadu není vhodná pro zobrazení rozsáhlých území, ale je vhodnější pro mapy větších měřítek, které zobrazují obce či jejich části. Pro potřeby zobrazit vyšší územní celky či rozsáhlejší území, doporučujeme používat metodu kartogramu zobrazující index kriminality. Rozhodně nedoporučujeme používat metodu jádrového vyhlazení pro celou Českou republiku či pro jednotlivé kraje.

Neexistuje také žádná hranice pro minimální počet událostí v oblasti. Doporučujeme však brát v potaz počet bodů a plochu analyzované oblasti. Pokud je oblast menší, je možné pracovat i s menším počtem událostí. Problém může nastat při analýze např. vražd ve větším městě, který za rok může obsahovat několik záznamů. V takovém případě použití jádrového vyhlazení vůbec nedoporučujeme.

PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT

Základní podmínkou pro kvalitní a spolehlivé výsledky jádrového vyhlazení jsou kvalitní data. Do výpočtu pro vymezení anomálních lokalit se zvýšenou kriminalitou vstupují bodově lokalizované delikty. Procesy vhodné harmonizace dat popisuje detailně Horák (2015b). V případě deliktů je nutné se zaměřit na správnost a přesnost souřadnicového určení polohy, časové určení a tematické určení. Z hlediska určení polohy deliktů je třeba rozlišit případy, kdy již záznam deliktu obsahuje souřadnice, od těch, kde je poloha vyjádřena pouze adresou či jiným referencováním. Cílem je ověřit, jaká je úroveň chyb a jaká je případná potřeba provedení úprav. Při vyhodnocení výsledku se využívají informace o způsobu a přesnosti geokódování, které jednotlivé programy poskytují, ať již kvantitativně či formou textového vysvětlení.

Lokalizovaná data nesmějí zejména obsahovat systematické chyby, tedy např. chybějící lokalizace událostí v konkrétních ulicích či konkrétních objektech; špatně přiřazené názvy ulic či objektů ke své prostorové reprezentaci. Častým problémem je rovněž různá podrobnost adresních údajů k objektům. Událost může být lokalizována také názvem rozsáhlého objektu (nákupní centrum apod.), který je však reprezentován jediným bodem (např. těžištěm). Dle přístupu k řešení těchto systematických chyb mohou vznikat rozdílné výsledky. Pokud jsou body lokalizovány na jedno místo, tak zde vznikají umělé shluky, které mylně identifikují lokalitu jako anomální. V těchto případech doporučujeme používat náhodné rozmístění událostí podél/uvnitř lokalizovaného objektu.

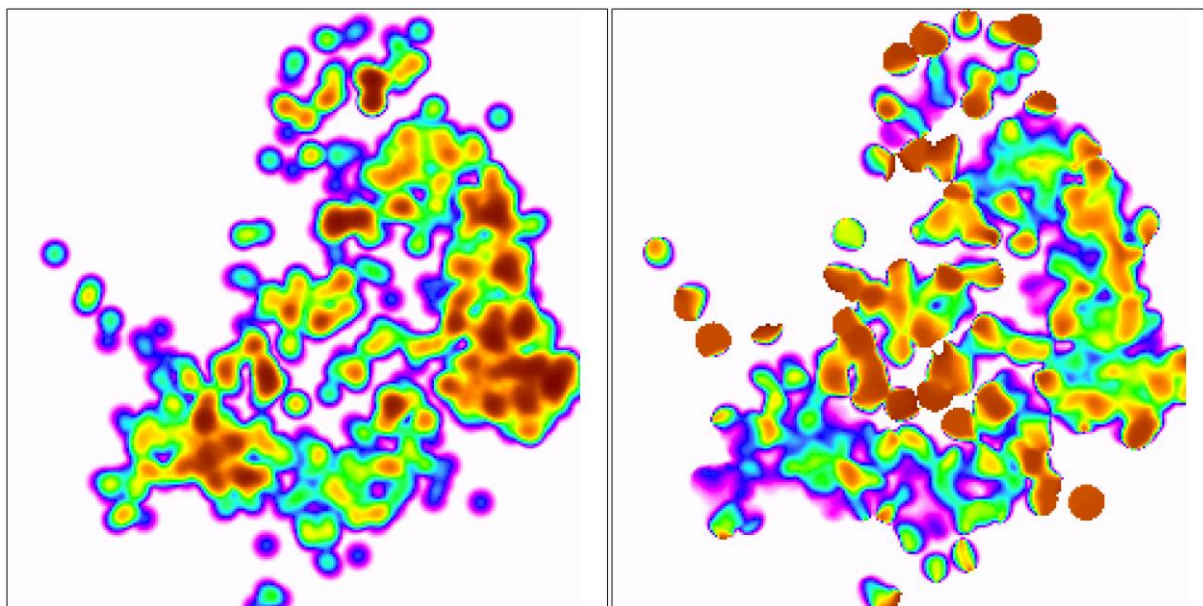
VOLBA METODY

V prvním kroku je nutno posoudit, zda se lokalizované události mohou vyskytovat v celé ploše území, či je jejich výskyt omezen pouze na jisté části území. I když je zřejmé, že řada deliktů je vázána pouze na určitý typ prostředí, v současnosti umíme rozlišit pouze jádrové odhady plošné (2D) a jednorozměrné (1D), modelující výskyt pouze na liniích (Ivan, Tesla, 2015; Bíl et al., 2013).

Teoretické principy jádrových odhadů jsou detailně popsány v odborné literatuře (O'Sullivan, Unwin, 2014; Chainey, Ratcliffe, 2005; Eck et al., 2005 apod.). Obecně metoda jádrových odhadů přiřazuje každému bodu v mapě odhad intenzity na základě vzdálenosti k ostatním událostem. Nemůžeme však tuto intenzitu počítat

pro každý bod, jelikož těch je nekonečně mnoho a tak je analyzované území proloženo čtvercovým gridem a intenzity jsou počítány pro centroidy jednotlivých buněk.

V prvním kroku je potřeba vybrat jednoduchý nebo duální jádrový odhad. Jednoduchý jádrový odhad se využívá v případě, kdy chceme pracovat s absolutními výskyty událostí. Tedy zajímá nás jejich absolutní intenzita v oblasti. Do výpočtu vstupují jen bodově lokalizované události. Duální jádrový odhad poskytuje odhad relativní intenzity výskytu deliktů vůči jinému jevu. Typicky jsou to situace, kdy výskyt deliktů je determinován výskytem určitých objektů, které podmiňují nebo silně přitahují konkrétní typy deliktů, tj. existují v území skryté vztahy, které chceme pomocí duálního odhadu demaskovat. Data pro tento postup je však problematické získat. Typ a zdroj referenčních dat závisí na typu deliktu, který je hodnocen. Obecně mezi hlavní typy referenčních dat řadíme data o počtu obyvatel a počtu bytů či objektů. Doporučujeme využívat výhradně jednoduché jádrové odhady.



Obr. 1. Jednoduché (vlevo) a duální jádrové odhady (vpravo) pro stejné území

Dále je nutné volit mezi jádrovým odhadem s fixním či adaptivním dosahem. Fixní používá stejnou velikost dosahu, zatímco adaptivní ji mění podle hustoty okolních bodů (čím větší hustota bodů, tím menší šířka pásma, aby více vynikly lokální variance). Důležitá je v tomto případě vlastní implementace této metody. Postup s využitím geometrického průměru fixních pilotních jádrových odhadů doporučuje Bailey, Gatrell (1995). Variantu s úpravou dosahu podle hustoty bodů implementovanou v CrimeStat však na základě zkušeností nedoporučujeme používat.

VOLBA NASTAVENÍ

Vyhlazovací funkce

Jedním z parametrů, který ovlivňuje výsledek jádrových odhadů, je typ použité vyhlazovací funkce. Ačkoliv významnější vliv má dosah (Levine, 2010), tak rovněž typ funkce je potřeba volit zodpovědně. V nabídce programů se uvádí šest různých vyhlazovacích funkcí (Horák, 2015a): normální, rovnoměrná, kvartická, kuželová, kvadratická a záporná exponenciální.

V literatuře tomuto aspektu nastavení není věnováno příliš prostoru a nejčastěji se využívá kvartická funkce, kterou také doporučujeme používat. Pokud není k dispozici, doporučujeme kvadratickou nebo kuželovou vyhlazovací funkci. Využití záporné exponenciální funkce s malými hodnotami dosahu doporučujeme pouze ve specifických výše uvedených situacích pro zdůraznění lokálního charakteru událostí.

Velikost buňky

Výsledek jádrového vyhlazování je grid a je tedy nezbytné správně zvolit jeho prostorové rozlišení. Velikost buňky tohoto gridu ovlivňuje získané výsledky z pohledu detailnosti a také velikosti souboru. Velikost buňky nehraje na přesnost výsledků tak důležitou roli, jako další dva parametry (Chainey, 2013). V literatuře se doporučuje pro stanovení velikosti buňky vyjít z hodnoty, která odpovídá délce kratší hrany minimálního ohraničujícího obdélníku vydělené hodnotou 150 (např. Ratcliffe, 2004, Chainey, 2013).

Na základě praktických zkušeností ale doporučujeme použít menší velikost, která umožní sledovat výsledky s větším prostorovým detailem. Pro území měst a obcí doporučujeme používat podle plochy obce maximální velikost buňky 50 metrů. Při větší velikosti buňky se již pro vizuální posouzení skryjí lokální anomálie. Jako minimální velikost doporučujeme 10 metrů. Pokud by se však analyzovalo malé území, jako např. prostor nákupního centra, pak může být velikost buňky mnohem menší (i 1 metr).

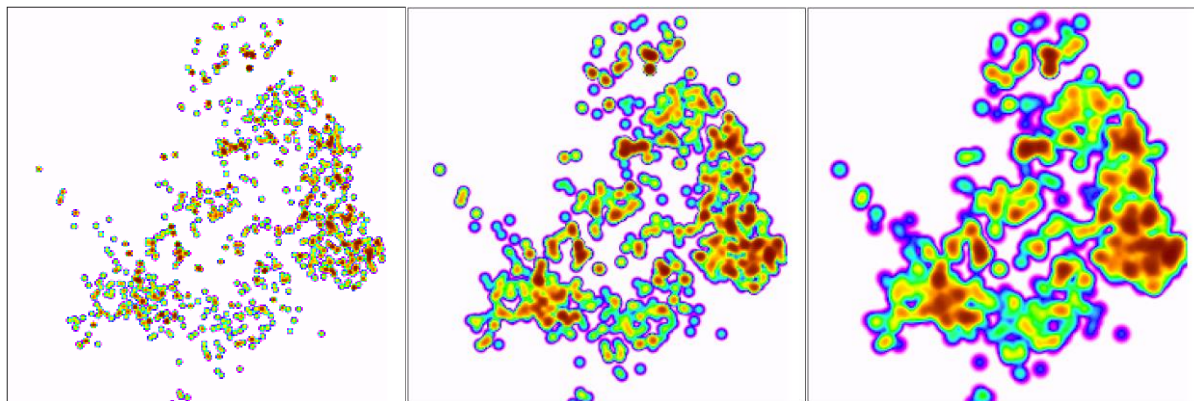
Dosah (šířka pásma)

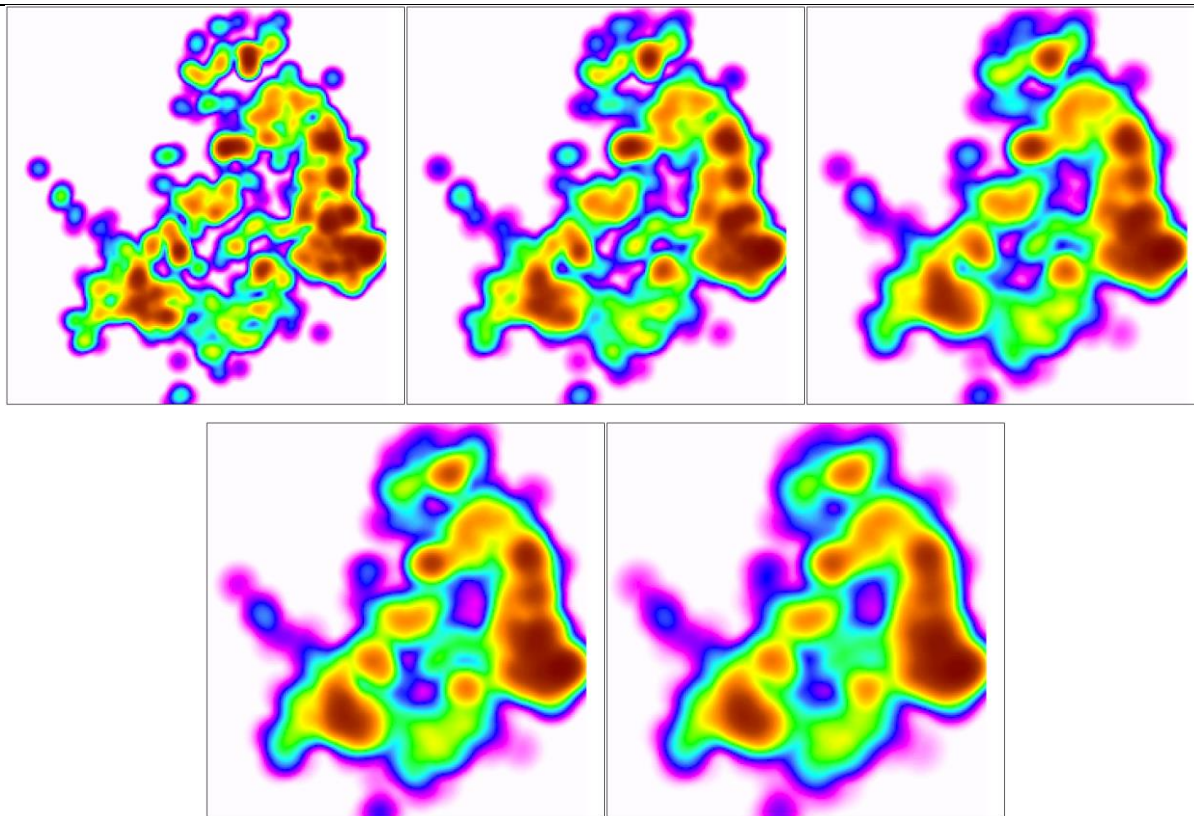
Pro výsledky jádrových odhadů je klíčová především volba dosahu vyhlazovací funkce. Neexistuje žádné obecné pravidlo, jak určit nejvhodnější hodnotu dosahu. Vždy záleží na prostorové distribuci bodů, typu události a měřítku. Je nutné zvážit také cíle a účel analýzy, zejména to, zda má být výsledkem zmapování vývoje území (explorativní analýza) nebo identifikace několika nejzávažnějších anomálií (hot spots analýza).

V prvním případě je důležitá plynulost vývoje v území a proto se volí větší hodnota dosahu. Ve druhém případě stačí identifikovat několik jader; doporučuje se zvolit kratší dosah a následně výsledek jádrového odhadu upravit vhodným způsobem vizualizace. Obecně se také doporučuje při návrhu vyhlazovací funkce a velikosti dosahu zvážit podstatu kriminálního deliktu. Pro optimalizaci dosahu je vhodné využít postupů citlivostní analýzy (např. Inspektor, 2011). Chainey (2011) doporučuje pro nastavení dosahu použít pětinašobek velikosti buňky, který je však podle našich zkušeností příliš velký.

Zjištěná výchozí hodnota dosahu bude pravděpodobně vytvářet zvýšenou intenzitu kolem každé události a dále bude existovat malý počet shluků s vyšší intenzitou deliktů spáchaných na stejném místě. Následně se přistupuje k optimalizaci dosahu. Hodnoty postupně zvětšujeme po násobcích výchozího nastavení dosahu a vizuálně posuzovat výsledek (např. 50 metrů a pak testovat hodnoty 100, 150, 200, 250, 300, 350 a 400 metrů). Je nutné si stanovit určité maximum, za které již nemá smysl jít. Tato hodnota odpovídá polovině předpokládaného maximálního rozměru společně posuzované lokality. Výsledky těchto analýz je možné porovnat na obrázcích níže, kdy byly postupně testovány jednotlivé fixní dosahy při použití kvartické funkce a velikosti buňky 20 metrů (obr. 3).

Problématická může být situace, kdy je v území málo událostí, které jsou rozptýlené ve větším území a vytváří samostatné oblasti. V tomto případě doporučujeme používat dostatečně velký fixní dosah. Pokud je počet událostí velmi nízký, je vhodné použít jádrové vyhlazení jedině v případě, kdy je malá i analyzovaná oblast.





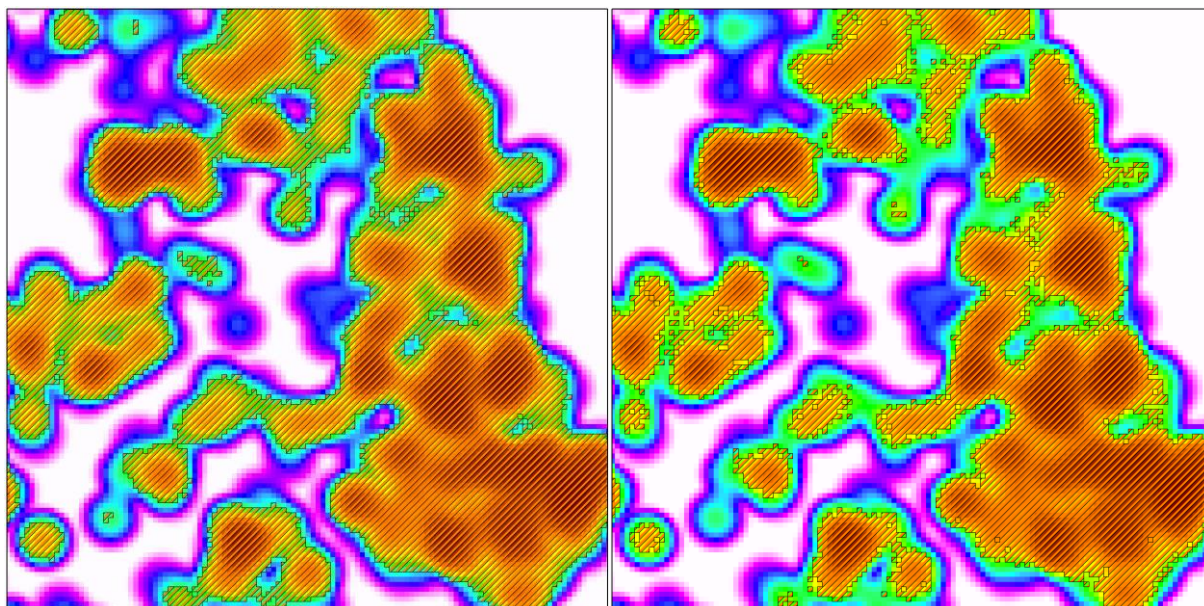
Obr. 3. Výsledek jádrového odhadu s rozdílnými hodnotami dosahu (zleva: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 m)

Hledání vhodné hodnoty dosahu se může výrazně zjednodušit, pokud předpokládáme možnost využití více výstupů, kdy se zobrazí celé území s vyšší hodnotou dosahu, která je vhodná pro sledování kontinuálního vývoje intenzity deliktů v území, a následně jednotlivé části (details) s kratším dosahem. Pro výběr konkrétního dosahu v prvním kroku vybereme dosah, při kterém je možné v mapě identifikovat několik lokalit se zvýšenou intenzitou výskytu událostí. V druhém kroku pak zacílíme přímo na dané lokality a použijeme menší dosahy, aby byly rozlišeny konkrétní rozdíly v daných lokalitách.

Kromě fixního dosahu je možné využít také adaptivní dosah. Ten upravuje velikost dosahu podle lokální situace. Platí, že pro většinu situací je vhodnější a plně dostačující použití fixního jádrového odhadu.

PROVĚŘENÍ STATISTICKÉ VÝZNAMNOSTI

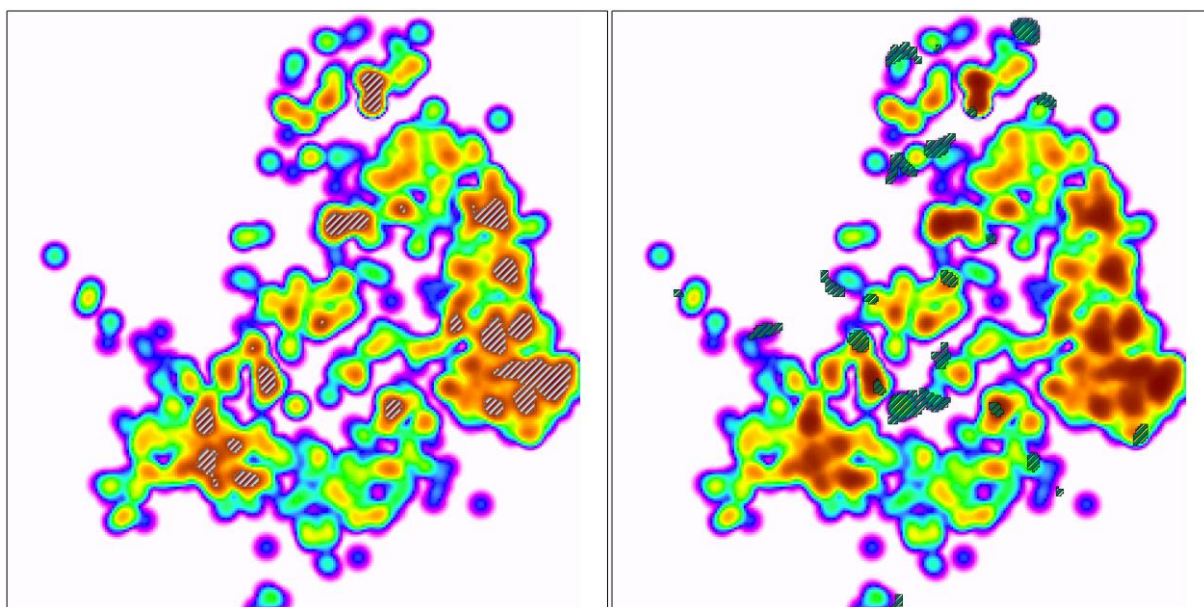
Výstupem jádrových odhadů je grid s intenzitami událostí. Tento výstup sám o sobě neposkytuje informaci o výskytu statisticky významných oblastí a jeho interpretace je velmi subjektivní. To patří k hlavní nevýhodě jádrových odhadů. Doporučujeme tento výstup dále analyzovat a určit statisticky významné anomální oblasti. Zřejmě nejpoužívanějším postupem pro hodnocení výsledků jádrových odhadů je G_i^* index (Chainey, Ratcliffe, 2005). Pro výpočet G_i^* doporučujeme použít topologické okolí definované pohybem královny prvního řádu (tedy 8 sousedních buněk). Doporučujeme zobrazit jen statisticky významné výsledky na hladině významnosti nejméně 95 %. Následně hranici těchto významných shluků zobrazit spolu s výsledky jádrového vyhlazení a vyznačit v tomto výstupu hranice těchto statisticky významných anomálních oblastí. Finální výsledky na obrázcích níže (obr. 4) zobrazují statistické výsledky na hladině významnosti 95 % (vlevo) a 99 % (vpravo).



Obr. 4. Jádové odhady s vyznačenými (šrafou) statisticky významnými anomálními oblastmi 95 % (vlevo) a 99 % (vpravo)

V obrázcích výše však není identifikováno jen několik oblastí pro zacílení aktivit, jak doporučujeme. Proto je vhodné testovat statistickou významnost jen na nejvyšších hodnotách. Doporučujeme kombinovaný postup, kdy z výsledku jádrového vyhlazení vybereme jen 20 % nejvyšších hodnot (může být také méně i více) a z těchto hodnot vybereme jen statisticky významné výsledky metodou G_i^* . Ve finální vizualizaci (obrázek 5 vlevo) pak zobrazíme celkový výsledek, ve kterém vyznačíme statisticky významné výsledky pro 20 % nejvyšších hodnot.

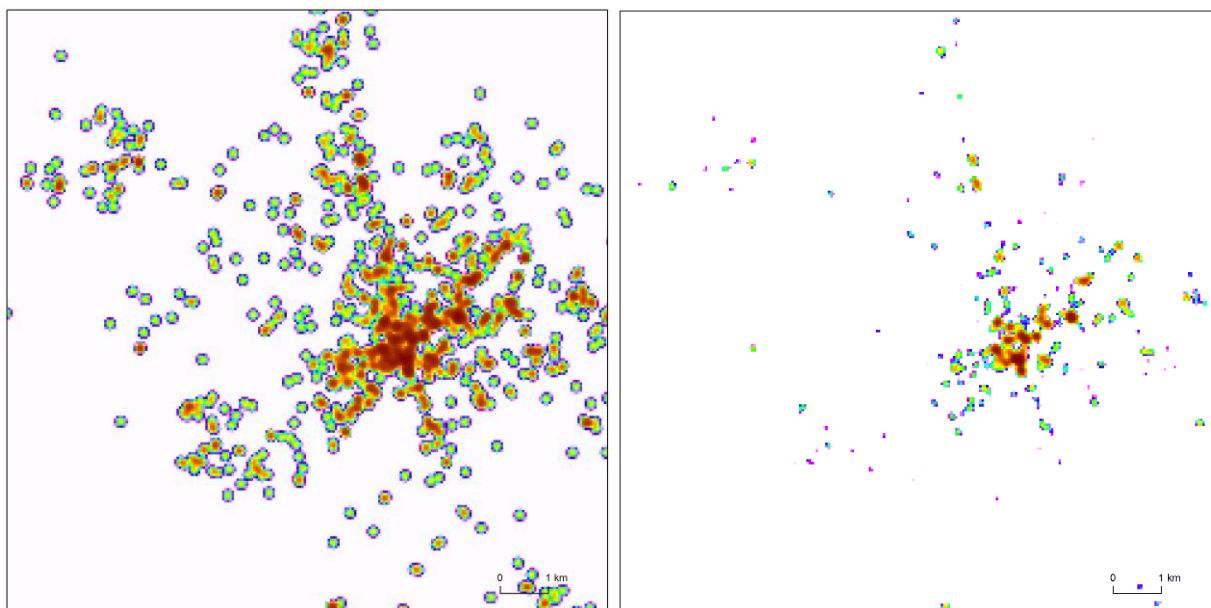
Doporučujeme také kombinovat výsledky jednoduchého a duálního vyhlazení. Na obrázku 5 (vpravo) je vidět výstup, kdy jsou vícebarevnou metodou zobrazeny výsledky jednoduchého vyhlazení a šrafovanou ohraničenou plochou pak statisticky významné výsledky pro duální jádrové vyhlazení.



Obr. 5. Jádové odhady s vyznačenými statisticky významnými anomálními oblastmi (20 % nejvyšších intenzit, vlevo) a kombinace se statisticky významnými výsledky duálního jádrového odhadu (vpravo)

POSTPROCESSING A VIZUALIZACE

V rámci postprocesingu můžeme dále ovlivnit výsledek zpracování dodatečnými výběry, jejich zpracováním a samozřejmě vhodnou formou vizualizace. V situaci, kdy potřebujeme identifikovat jen několik anomálií vysokých hodnot, doporučujeme využít následujícího postupu, kdy se provede zobrazení buněk pouze s nejvyššími intenzitami, čímž zdůrazníme jen opravdu významné anomální oblasti. Nejedná se o statistickou metodu, která by ověřovala statistickou významnost. Pro vizuální identifikaci je však dostatečná. Pro tento postup je nutné zvolit určité procento nejvyšších hodnot. Konkrétní procento však není možné stanovit univerzálně. Pro nejběžnější příklady doporučujeme zobrazit 10 % nejvyšších hodnot (viz obr. 6). V určitých mimořádných případech je potřeba toto procento zvýšit. Mezi tyto případy patří nejčastěji situace, kdy jsou události koncentrovány převážně do několika málo lokalit (např. obchodní centra), ale cílem je zobrazit i další ne tak významné anomální lokality.

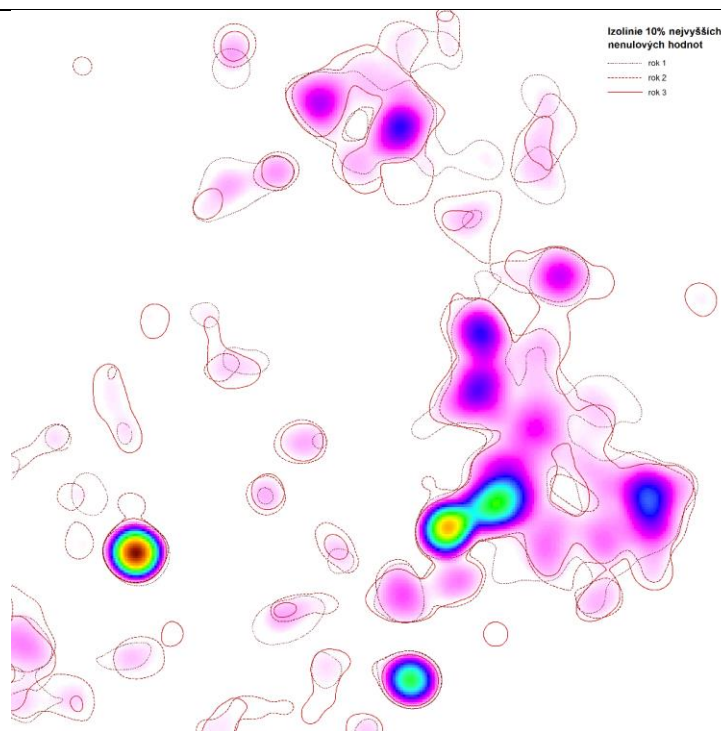


Obr. 6. Zobrazení úplných dat a 10 % nejvyšších hodnot

Z hlediska vizualizace doporučujeme tři různé metody zobrazení – vícebarevné, trojrozměrné a izoliniové. Pro běžné zobrazení anomálních lokalit doporučujeme použít vícebarevné zobrazení (podobně jako u map výše). Použitá paleta používá odstíny modré pro nejnižší hodnoty, přechází dále do odstínů žluté až do odstínů červené pro nejvyšší intenzity. Je možné použít také jednobarevnou škálu, která však nezdůrazňuje rozdíly intenzit tak dobře. Doporučujeme výsledek doplnit také vhodným topografickým podkladem, který ulehčí následnou interpretaci výsledků a hledání dalších souvislostí mezi existencí anomální lokality a daným místem. Podle měřítka mapy doporučujeme použít ortofoto mapu, topografickou mapu, základní mapu apod.

Trojrozměrná vizualizace je efektní možnost prezentace výsledků. Nicméně pro praktické použití je nevhodná z důvodu, kdy jednotlivé vrcholy zakrývají situaci za nimi. Rovněž přidání topografického podkladu je problematické. Tuto možnost vizualizace nedoporučujeme pro běžné použití, ale jen jako doplňující možnost vizualizace k předchozí metodě vícebarevné.

Izoliniová metoda je vhodná pro případ, kdy je v jedné mapě porovnáváno více jádrových odhadů na stejném území – časový vývoj (např. Steiner, Glasner, 2015) nebo různé kategorie trestné činnosti. Doporučujeme převedení spojitého povrchu na izoliny spojující shodné hodnoty intenzit. Pro vlastní vizualizaci doporučuje použít tu izoliny, která vymezuje 10 % nejvyšších hodnot.



Obr. 7. Ukázka izoliniové metody vizualizace

ZÁVĚR

Metodika je určena pro analytické pracovníky, kteří zpracovávají data o kriminalitě s cílem lokalizace anomálních lokalit pro další preventivní a operativní opatření a pro vytváření mapových výstupů s anomálními lokalitami. Metodika slouží především pro zajištění jednotného a objektivního postupu při zpracování dat o kriminalitě s korektním nastavením jádrového vyhlazení, následného vyhodnocení a vizualizací. Je připravená tak, aby ji mohl využít analytik i jen částečně seznámený s problematikou jádrových odhadů. Postup v jednotlivých krocích umožňuje správně připravit data, nastavit a provést potřebné analýzy a zajistit dosažení vhodného výsledku. Doporučuje použití jednotlivých variant metody, optimalizaci jednotlivých parametrů pro jednorázová i opakovaná řešení. Zaměřuje se na identifikaci a lokalizaci anomálních lokalit se zvýšenou intenzitou trestné činnosti či přestupků. Součástí jsou i doporučení řešení pro zpřesnění interpretace výsledků, které jsou touto metodou získány a to s využitím statistického testování. Metodika doporučuje také různé metody vizualizace výsledků. Je tak pokryt postup práce od převzetí bodově lokalizovaných událostí po zjištění statisticky významných anomálních oblastí, včetně vizualizace zjištěných výsledků.

Metodika je použitelná pro data Policie ČR a také pro data městských a obecních policí, tj. jak pro trestné činy, tak i přestupky. Předpokládá se využití u Policie ČR na krajské a celostátní úrovni a u jakékoliv obecní policie. Podmínkou jsou jen kvalitně geokódovaná data a vhodné programové řešení jádrových odhadů. Uvedené principy lze rovněž přiměřeně uplatnit při identifikaci anomálních lokalit jiných, zejména socioekonomických jevů. Využití je tak potenciálně mnohem širší.

PODĚKOVÁNÍ

Metodika byla vytvořena v rámci projektu VF20142015034 „Geoinformatika jako nástroj pro podporu integrované činnosti bezpečnostních a záchranných složek státu“. Metodika byla certifikována MV ČR.

LITERATURA

- Anselin, L. (1995): Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, Vol. 27, 93–115.
- Anselin, L., Syabri I., Kho Y. (2005). *GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis*. *Geographical Analysis* vol. 38, No. 1, 5-22.
- Bailey, T., Gatrell, A. (1995): *Interactive spatial data analysis*. Essex, Longman Scientific & Technical, 413 s.
- Bíl, M., Andrášik, R., Janoška, Z. (2013): Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 55, 265-273.
- Eck, J. E., Chainey, S. P., Cameron, J. G., Leitner, M., Wilson, R. E. (2005): *Mapping Crime: Understanding Hot Spots*. USA: National Institute of Justice.
- Getis, A., Ord, J. K. (1992): The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, Vol. 24, No. 3, 189–206.
- Horák J. (2015a): *Prostorová analýza dat*. Skripta VŠB-TU Ostrava.
- Horák J. (2015b): *Metodika harmonizace, agregace a anonymizace dat kriminality*. Certifikovaná metodika. VŠB-TU Ostrava, 2015.
- Chainey, S. P., Ratcliffe, J. H. (2005): *GIS and Crime Mapping*. London: Wiley.
- Chainey, S. (2011): Identifying hotspots: an assessment of common techniques. Presentation at the International Crime and Intelligence Analysis Conference November 2011, Manchester, England.
- Chainey, S. (2013): Examining the influence of cell size and bandwidth size on kernel density estimation crime hotspot maps for predicting spatial patterns of crime. *Bulletin of the Geographical Society of Liege*, 60, 7–19.
- Inspektor, T. (2011): *Metody agregace a adjustace geodat pro sledování prostorové segregace na příkladu Ostravy*. Disertační práce, VŠB-TU Ostrava, 2014. 132 stran.
- Ivan, I., Tesla, J. (2015): Road and intersection accidents: localization of black spots in Ostrava. *Geografický časopis*, Vol. 67, No. 4, 323–340.
- Levine, N. (2010). *CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations* (v 3.3). Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC. July.
- O'Sullivan, D., Unwin, D. (2014): *Geographic Information Analysis*. John Wiley & Sons, 432.
- Ratcliffe, J. (2004): *HotSpot Detective for MapInfo Helpfile Version 2.0*.
- Ripley, B. D. (1977): Modelling spatial patterns (with discussion). *J. Roy. Statist. Soc. B* 39, 172-212.
- Steiner, F., Glasner, P. (2015): *Zkušenosti v oblasti mapování, analýz a predikce kriminality u policie v Rakousku*. Sborník příspěvků – *Mapy budoucnosti*, Praha, 2015. http://www.prevencekriminality.cz/evt_file.php?file=838.