

# Segmentácia oblastí svetelného znečistenia zo satelitných snímok

Slávka Martinčeková

## Motivácia

Cieľom bolo vysegmentovať oblasti zo satelitných snímok nočného osvetlenia prítomného na zemskom povrchu na základe ich svetelného žiarenia, ktoré predstavujú mestá a nájst ich hranice vo forme polygónov. Polygonálne modely miest slúžia ako vstup do nástroja SkyGlow simulator (ÚSTARCH SAV a FMFI UK), ktorého výstupom je model rozloženia jasnosti na nočnej oblohe voči pozícii pozorovateľa.

## Vstupné dáta

Satelitné snímky nočného osvetlenia na zemskom povrchu boli nasnímané družicou Suomi NPP senzorom DNB. Dáta sme vynásobili číslom  $10^{10}$  a z textový súbor sme previedli do formátu ASCII grid interpoláciou do pravidelnej mriežky metódou najbližšieho suseda pomocou softvéru Surfer.

Na vizualizáciu sme použili funkciu prenosu farby a dve farebné palety v rozsahu intenzít  $[0, 100]$ , pričom hodnoty mimo tohto intervalu sa pri vizualizácii orezali.

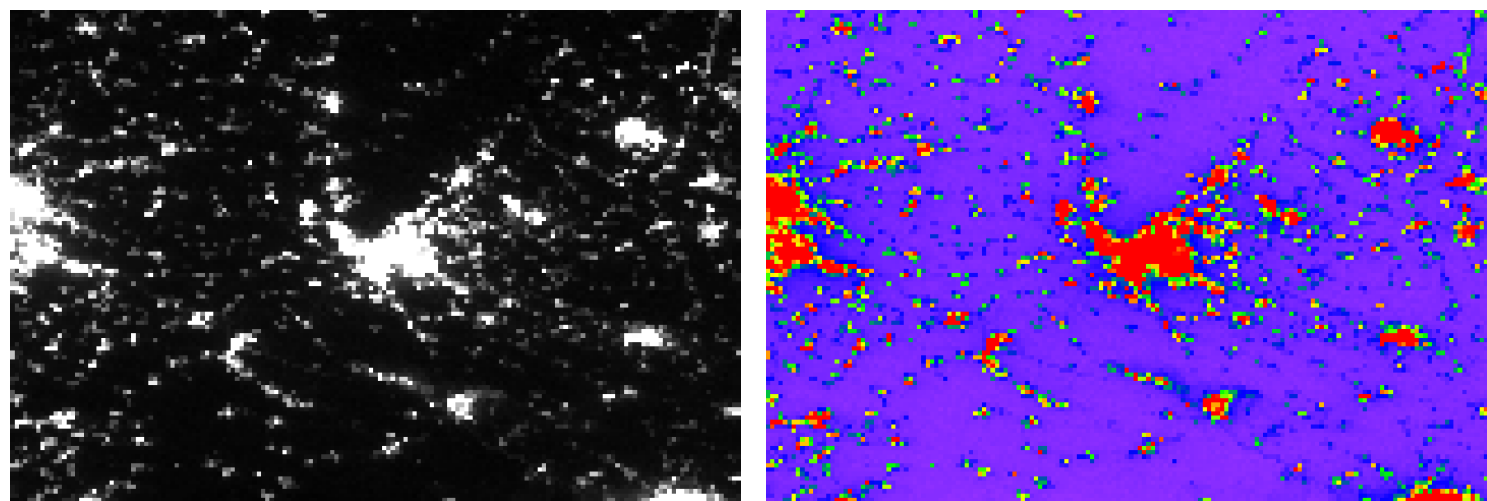
Tabuľka 1: Kanály v textovom súbore

Veličina	Jednotky
DNB žiarenie	$Wcm^{-2}sr^{-1}$
zemepisná šírka	stupne
zemepisná dĺžka	stupne



Obr. 1: Paleta Grayscale

Obr. 2: Paleta Rainbow



Obr. 3: Vizualizácia satelitnej snímky Bratislavy a okolia s farebnou paletou Grayscale (vľavo) a Rainbow (vpravo)

## Filtrácia

Okrajová úloha s počiatočnou podmienkou pre rovnicu vedenia tepla s nulovou Neumannovou okrajovou podmienkou má tvar

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \Delta u, \quad x \in \Omega, \quad t \in [0, \sigma], \quad (1)$$

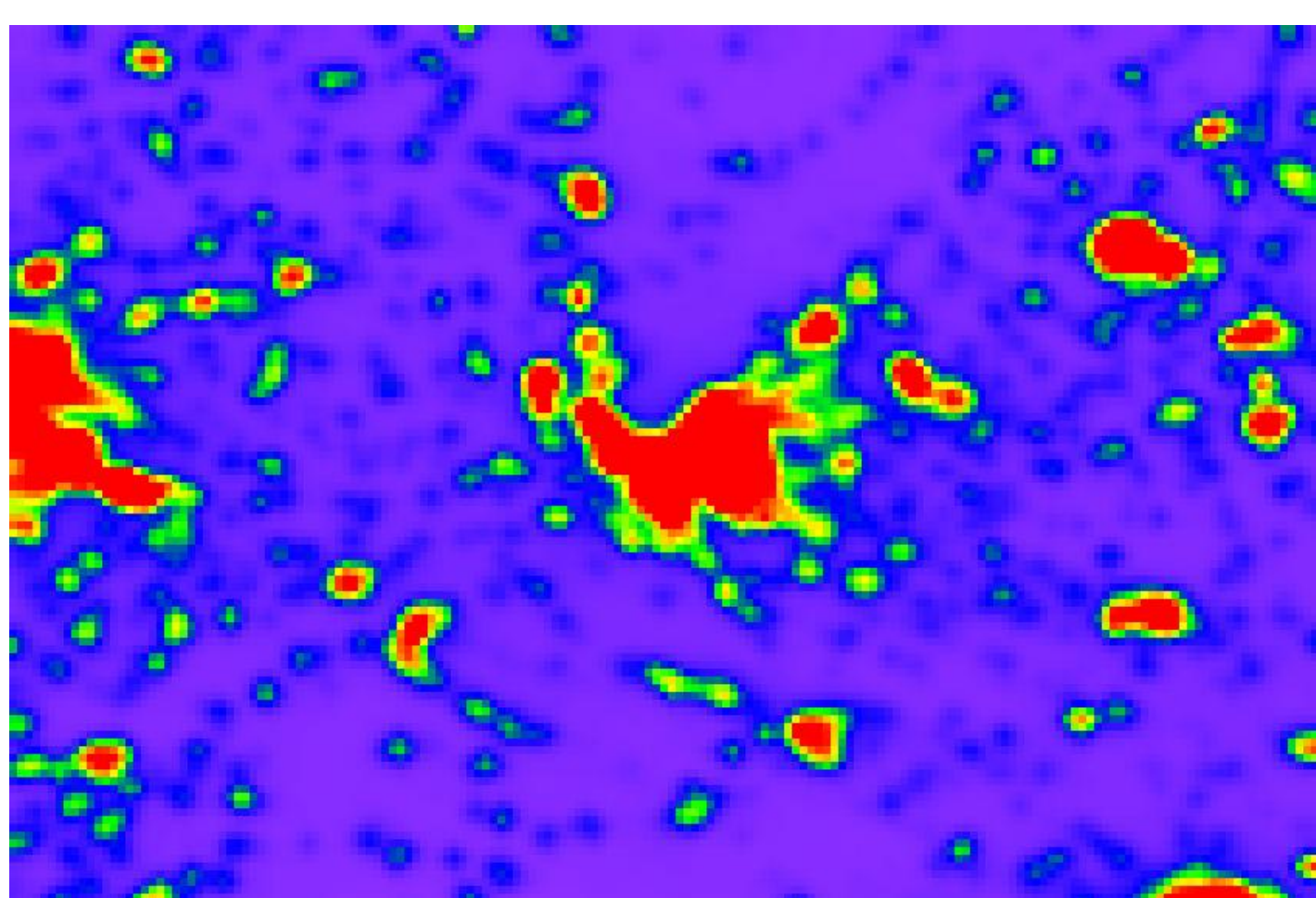
$$\frac{\partial u}{\partial \vec{n}} = 0, \quad x \in \partial\Omega, \quad t \in [0, \sigma], \quad (2)$$

$$u(x, 0) = u^0(x), \quad x \in \Omega, \quad (3)$$

kde  $u(x, t)$  je intenzita,  $\vec{n}$  je jednotková vonkajšia normála ku hranici  $\partial\Omega$  a  $u^0(x)$  je počiatočný obraz [1].

Explicitná schéma na riešenie rovnice vedenia tepla pre sieť pixelov má tvar

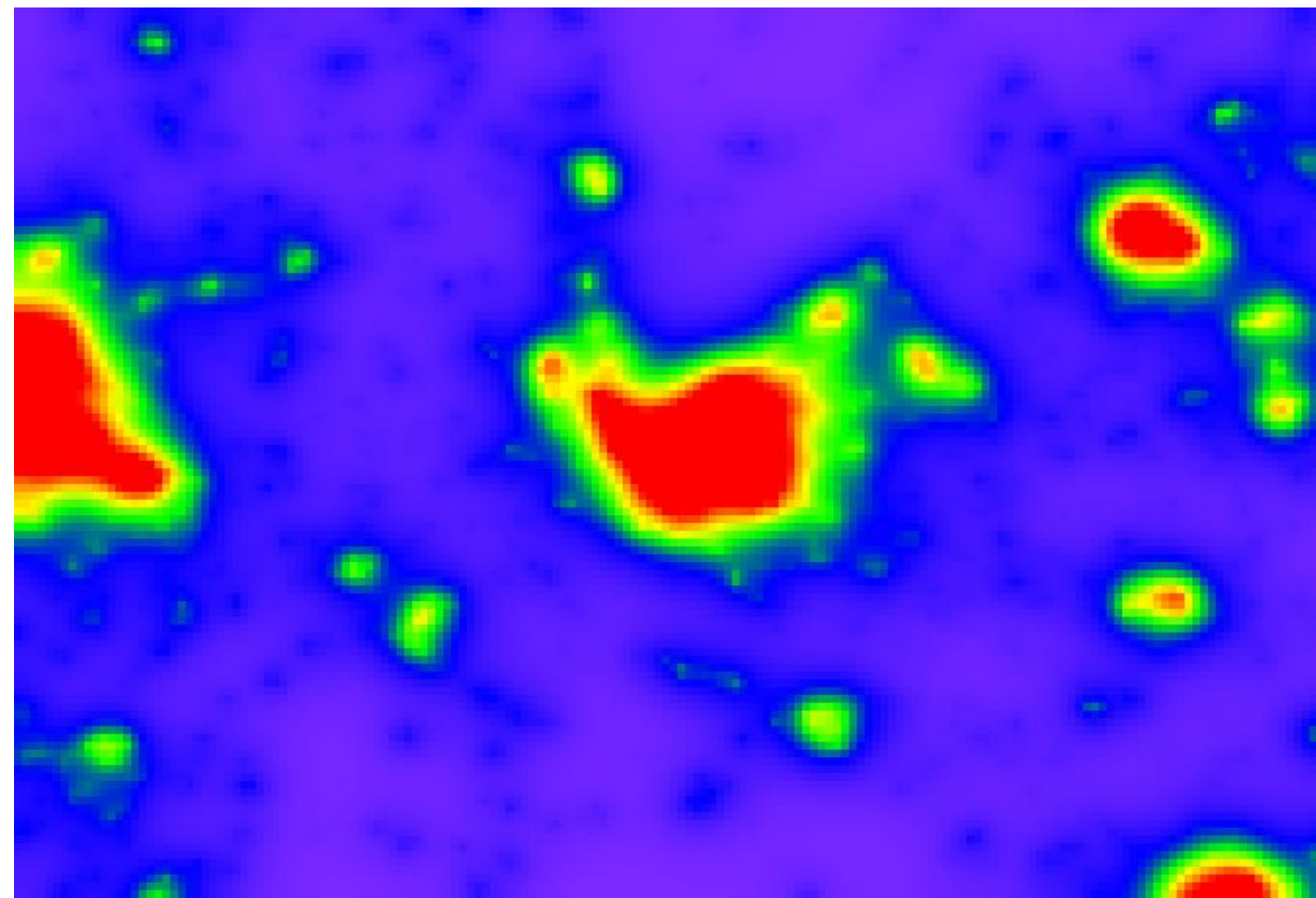
$$u_p^{n+1} = \left(1 - \tau \sum_{q \in N(p)} 1\right) u_p^n + \tau \sum_{q \in N(p)} u_q^n. \quad (4)$$



Obr. 4: Riešenie explicitnej schémy s parametrami  $\tau = 0.1$  a  $T = 6$

Implicitná schéma na riešenie rovnice vedenia tepla pre sieť pixelov má tvar

$$(1 + \tau \sum_{q \in N(p)} 1) u_p^n - \tau \sum_{q \in N(p)} u_q^n = u_p^{n-1}. \quad (5)$$



Obr. 5: Riešenie implicitnej schémy s parametrami  $\tau = 10$  a  $T = 1$

Okrajová úloha s počiatočnou podmienkou modelu Geodesic mean curvature flow (GMCF) má tvar

$$\frac{\partial u}{\partial t} = |\nabla u| \nabla \cdot \left( g \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right), \quad x \in \Omega, \quad t \in [0, \sigma], \quad (6)$$

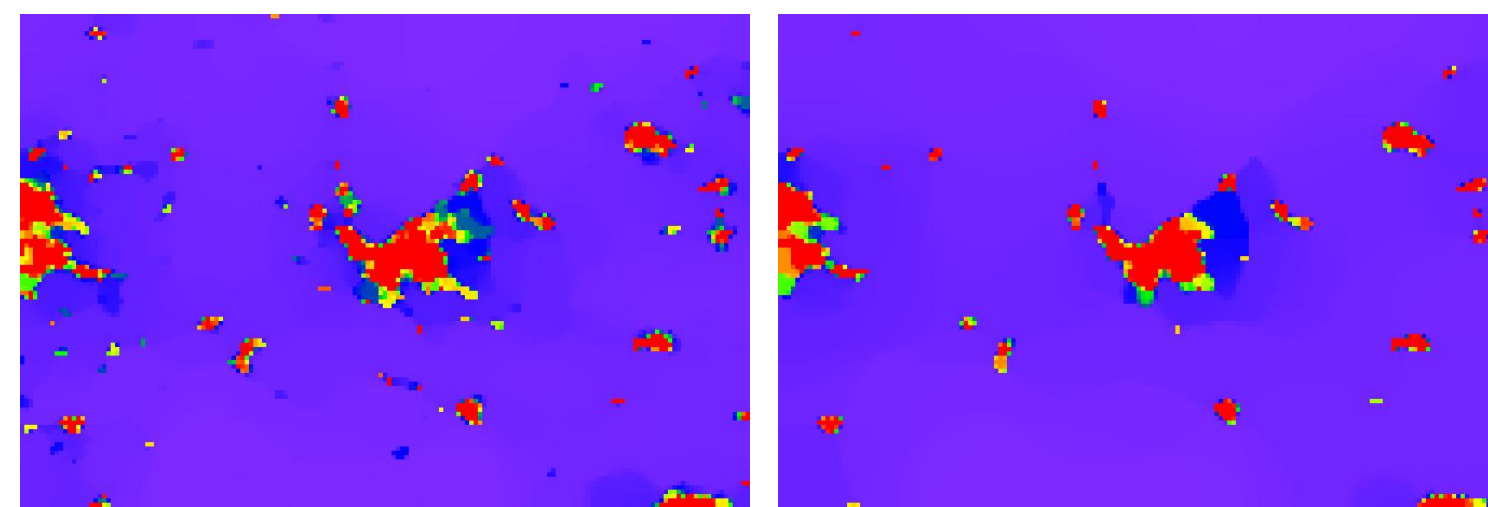
$$\frac{\partial u}{\partial \vec{n}} = 0, \quad x \in \partial\Omega, \quad t \in [0, \sigma], \quad (7)$$

$$u(x, 0) = u^0(x), \quad x \in \Omega, \quad (8)$$

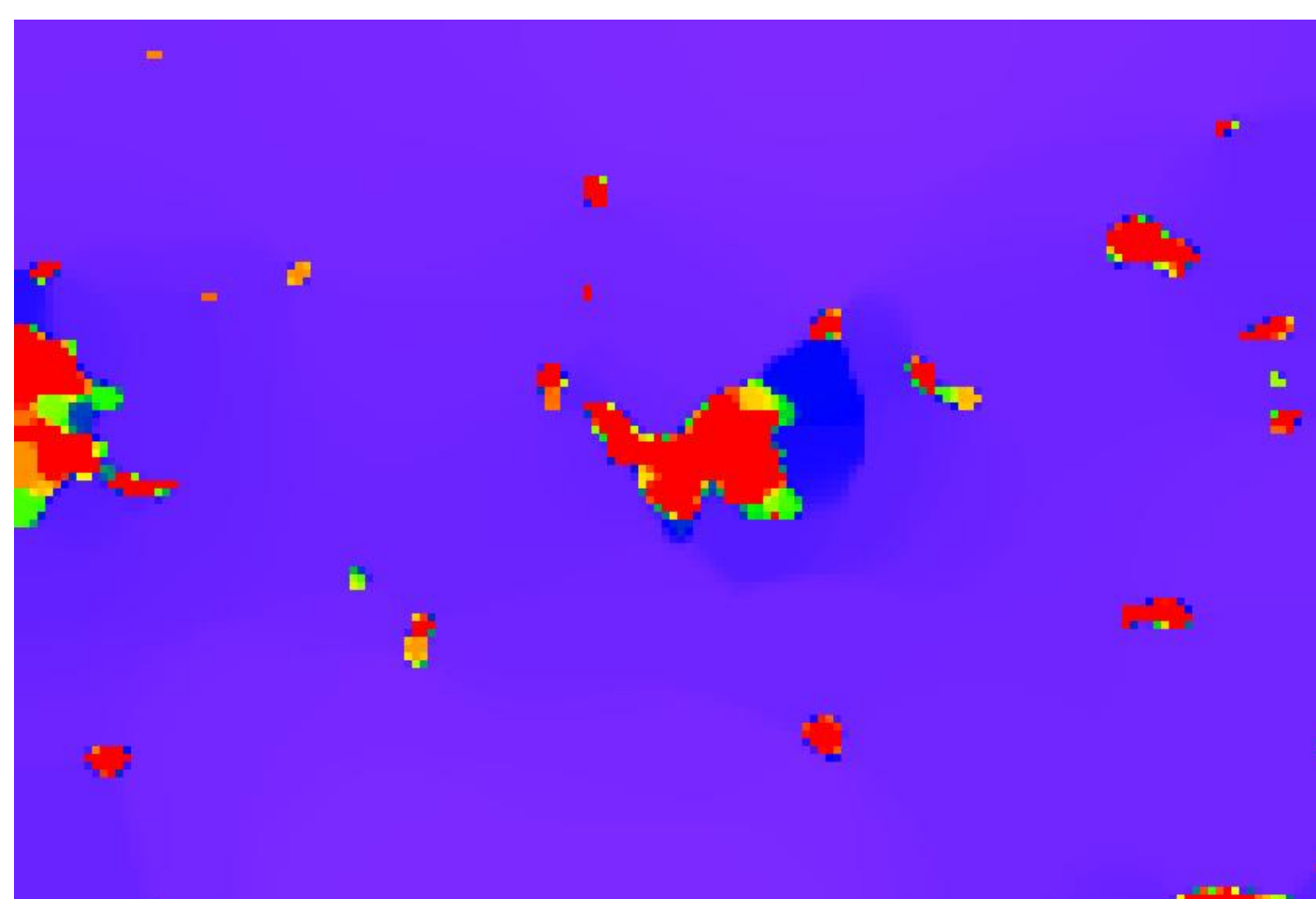
kde  $u(x, t)$  je intenzita,  $\vec{n}$  je jednotková vonkajšia normála ku hranici  $\partial\Omega$ , funkcia  $g$  je difúzný koeficient a  $u^0(x)$  je počiatočný obraz [1].

Semi-implicitná schéma modelu GMCF má tvar

$$\left(1 + \tau |\bar{\nabla} u^{n-1}|_p^\epsilon \sum_{q \in N(p)} \frac{g_{pq}^{n-1}}{|\nabla u^{n-1}|_{pq}^\epsilon}\right) u_p^n - \tau |\bar{\nabla} u^{n-1}|_p^\epsilon \sum_{q \in N(p)} \frac{g_{pq}^{n-1}}{|\nabla u^{n-1}|_{pq}^\epsilon} u_q^n = u_p^{n-1}. \quad (9)$$



Obr. 6: Riešenie schémy (9) s parametrami  $\tau = 10$  a  $K = 0.1$  pre počet časových krokov  $T = 5$  (vľavo) a  $T = 15$  (vpravo)



Obr. 7: Riešenie schémy (9) s parametrami  $\tau = 10$ ,  $K = 0.1$  a  $T = 20$

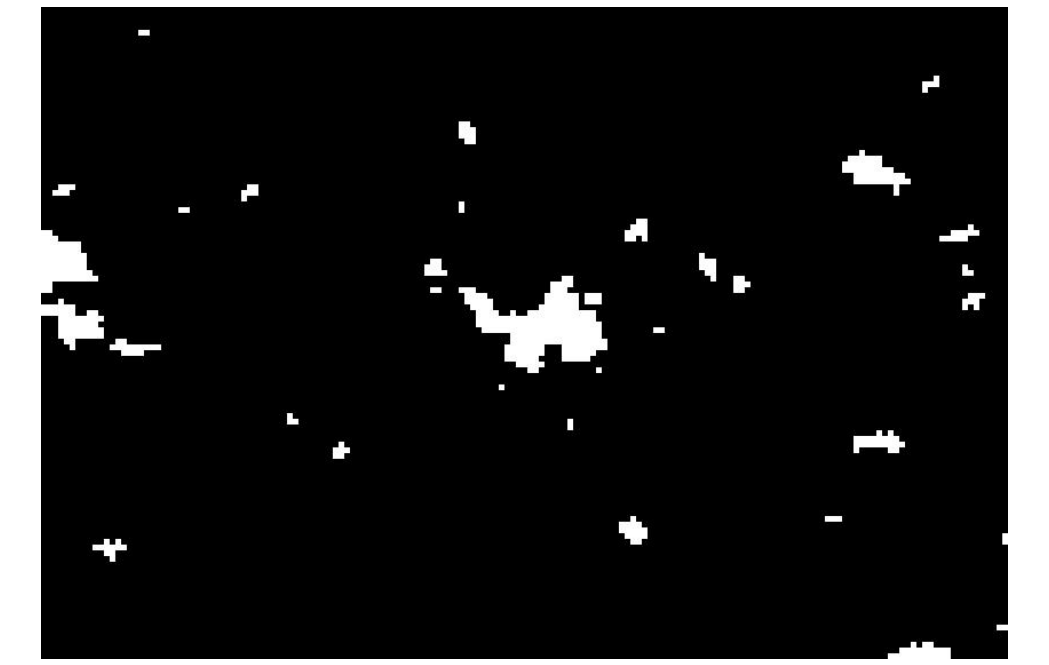
## Izočiary

Hranicu mesta sme našli ako orientovanú izočiaru pomocou upraveného Marching squares algoritmu [2].

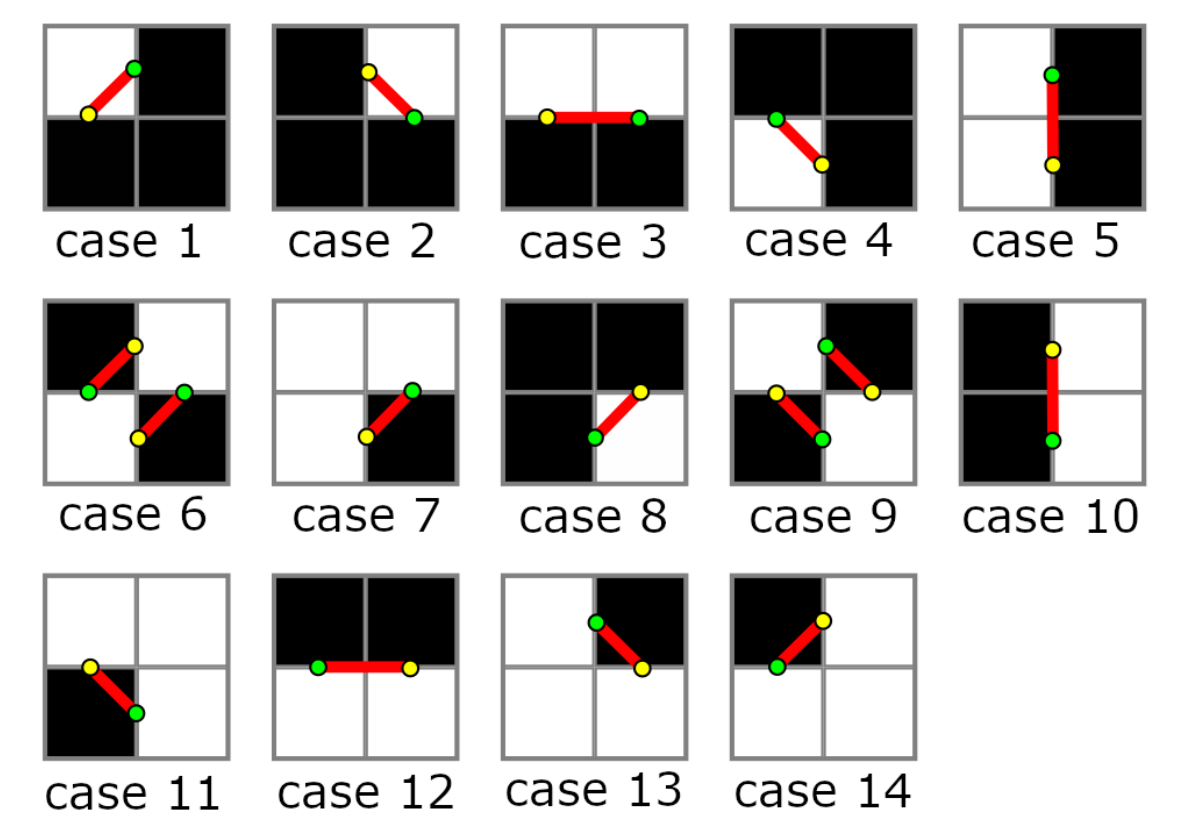
Vytvoríme binárny obrázok s hodnotami  $b(i, j)$  na základe prahovej hodnoty  $iso$ , pričom

$$b(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{ak } u(i, j) < iso \\ 1, & \text{ak } u(i, j) \geq iso. \end{cases} \quad (10)$$

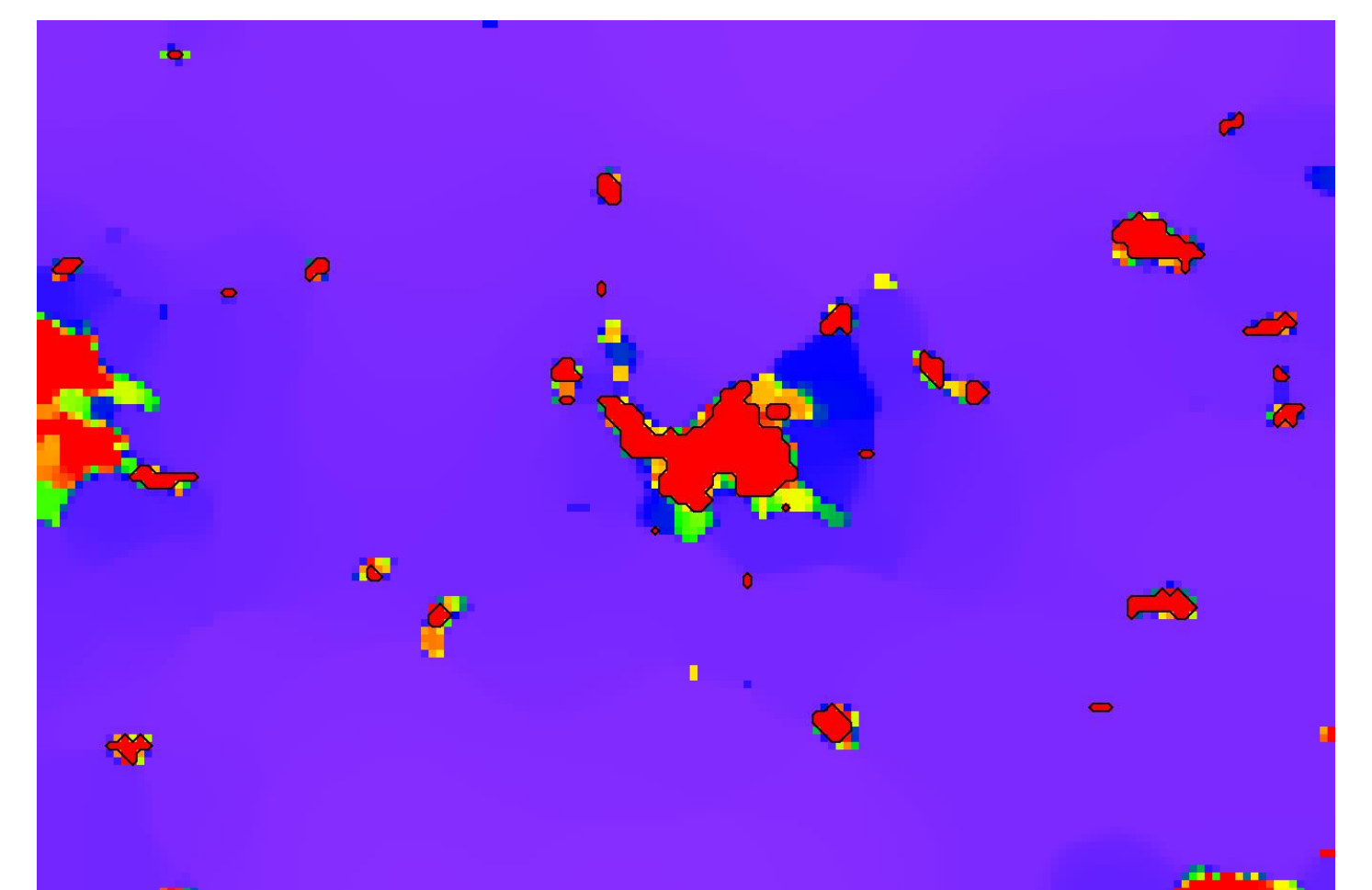
Následne prehľadávame obrázok a hľadáme referenčný pixel  $(i, j)$  taký, že  $b(i, j) = 0$  a  $b(i + 1, j + 1) = 1$ . Po jeho nájdení prehľadávame bloky pixelov  $2 \times 2$  a na základe 14 prípadov, ktoré môžu nastať, ukladáme súradnice izočiary.



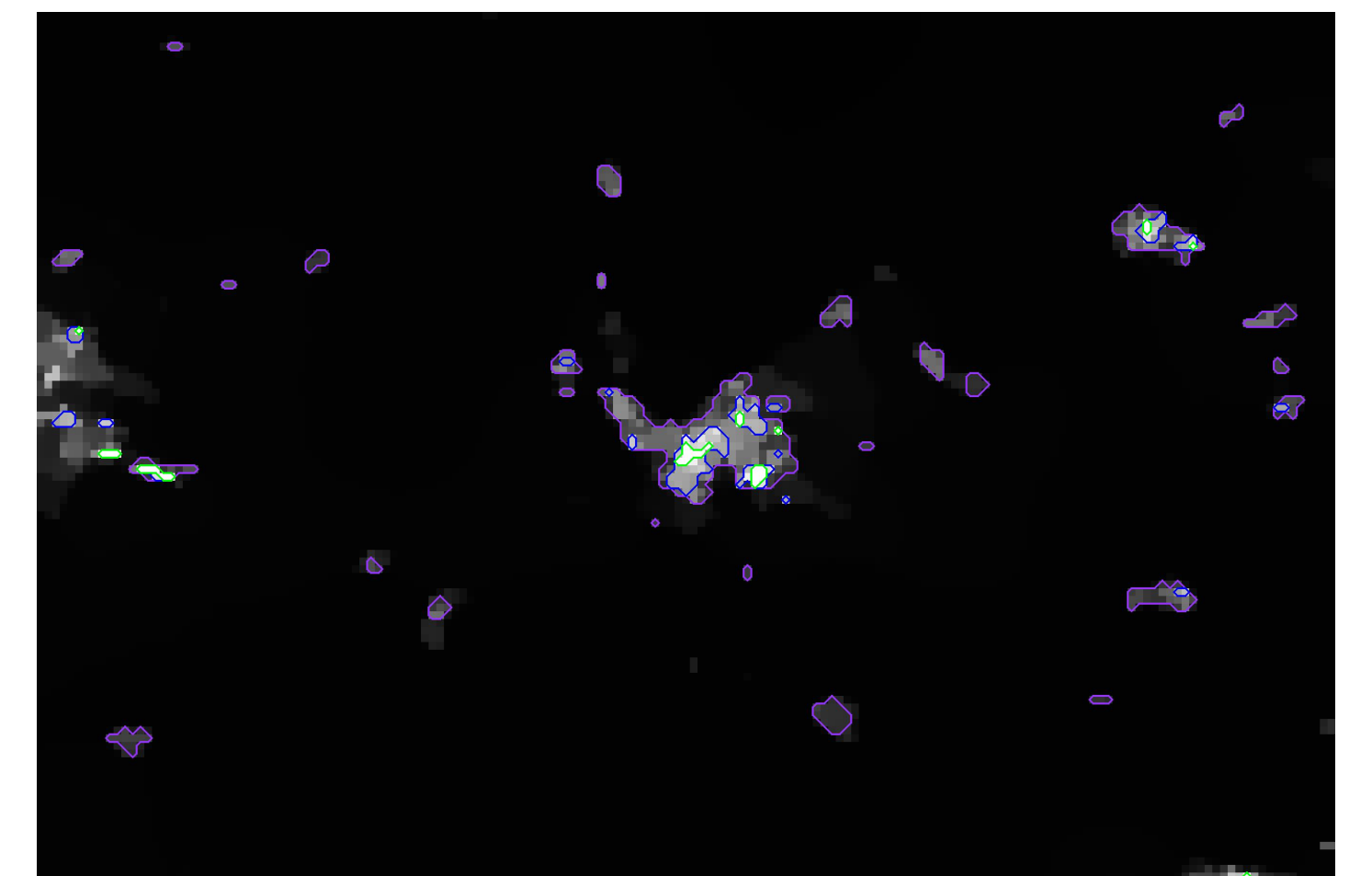
Obr. 8: Binárny obrázok s prahovou hodnotou  $iso = 100$



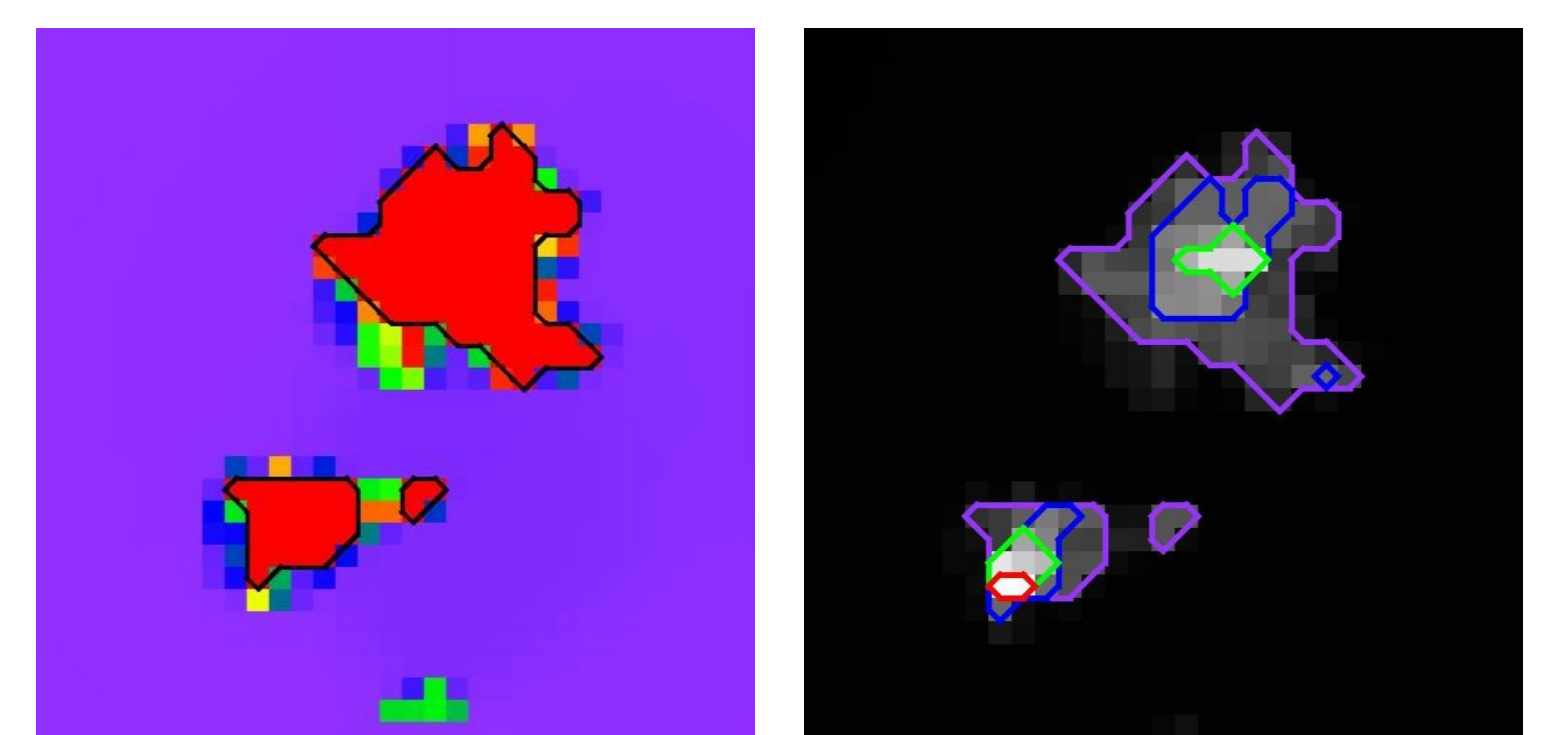
Obr. 9: Súradnice izočiary pre jednotlivé prípady



Obr. 10: Izočiary s hodnotou 100



Obr. 11: Fialové izočiary s hodnotu 100, modré 350 a zelené 600



Obr. 12: Mesto Košice a izočiara s hodnotou 100 (vľavo) a fialová 100, modrá 250, zelená 400 a červená 650 (vpravo)

## Referencie

- KRIVÁ, Z.; MIKULA, K.; STAŠOVÁ, O. *Spracovanie obrazu: Vybrané kapitoly z prednášok*. Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2016.
- KÁČER, K. *Detekcia orientovaných izočiary v segmentovanom obraze a ich úprava na základe štatistiky*. Bratislava, 2023. Bakalárska práca. Slovenská technická univerzita.