

Segmentácia mračien bodov z terestrického laserového skenera s využitím vyvíjajúcich sa kriviek

Branislav Beran

Motivácia

Táto práca je súčasťou projektu APVV-18-0247 s názvom Automatizácia kontroly elektronickej dokumentácie stavieb s využitím inovatívnych technológií zberu údajov a virtuálnych modelov. Cieľom tohoto projektu je vypracovať metodiku kontroly skutočného vyhotovenia stavieb.

Proces celého projektu je naskenovať budovy terestrickým laserovým skenerom, následne dáta vo forme mračna bodov spracovať v dvojkrokovej segmentácii pomocou algoritmov vyvinutých v programovacom prostredí MATLAB. Následne sa segmenty porovnávajú s objektami modelu.

V prvom kroku segmentácie sa hľadajú regresné roviny z naskenovaných dát. Takéto rovinné segmenty bodov predstavujú najmä steny, stropy a podlahy skenovanej scenerie.

Po prvom kroku segmentácie sa často stáva, že vysegmentované rovinné mračná obsahujú ďalšie objekty, ako napríklad zásuvky, vypínače, dvere a podobne. Primárnou úlohou je získať body ležiace priamo na stene, preto sa v druhom kroku segmentácie hľadajú body, ktoré prislúchajú iným objektom, aby sme ich vedeli oddeliť od bodov steny.

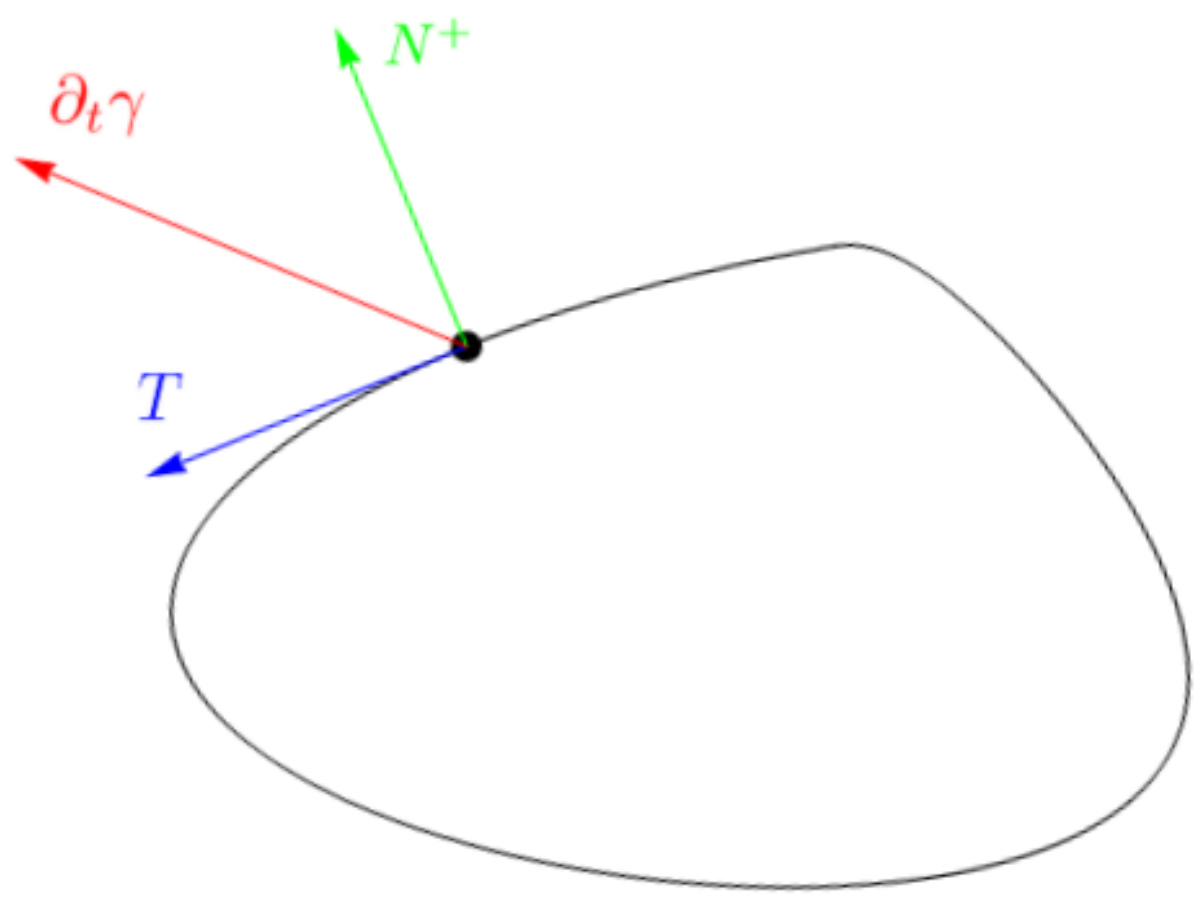
Táto diplomová práca sa zaoberá druhým krokom segmentácie a to segmentáciou objektov z rovinných mračen bodov pomocou vyvíjajúcich sa kriviek.

Matematický model

V diplomovej práci sa venujeme vývoju kriviek, preto náš matematický model vyzera nasledovne

$$\partial_t \gamma(u, t) = \alpha(u, t)T(u, t) + \beta(u, t)N^+(u, t).$$

Pravú stranu rovnice modelu delíme na tangenciálny člen $\alpha(u, t)T(u, t)$, pričom T je dotykový vektor a normálový člen $\beta(u, t)N^+(u, t)$, kde $N^+(u, t)$ je kladne orientovaný normálový vektor.



Funkciu $\alpha(u, t)$ nazývame funkciou tangenciálnej rýchlosti a počítame ju pomocou tangenciálnej redistribúcie vzhľadom

$$\partial_s \bar{\alpha} = \kappa^\pm \beta - \frac{1}{L(\gamma^t)} \int_{\text{Im} \gamma} \kappa^\pm \beta ds + \left(\frac{L(\gamma^t)}{\|\partial_u \gamma\|} - 1 \right) \omega.$$

Funkcia $\beta(u, t)$ je funkcia normálovej rýchlosti, ktorú počítame pomocou vzťahu

$$\beta(u, t) = \delta(u, t)\kappa^\pm + \beta_E(u, t),$$

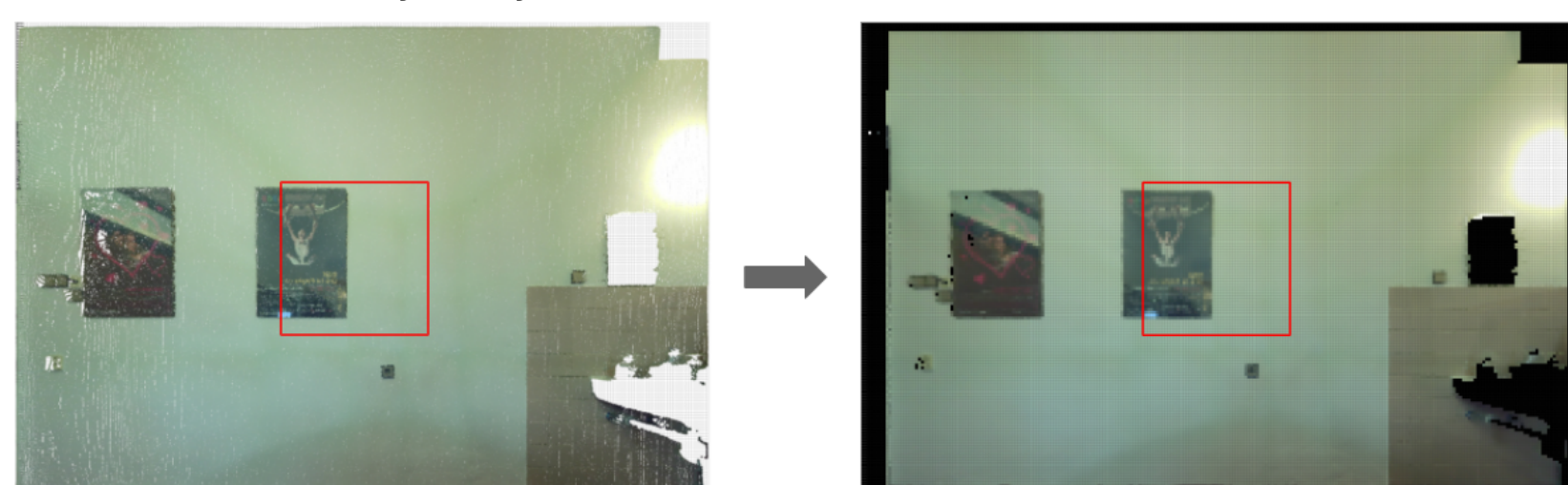
kde prvý člen $\delta(u, t)\kappa^\pm$ je krivosťná regularizácia a jeho účelom je zhladzovať krivku hlavne v oblastiach, kde je vysoká krivosť. Použitím tohoto člena zabraňujeme krivke nadobudnúť príliš ostré tvary, ktoré by mohli byť problematické pri numerickom riešení diferenciálnej rovnice nášho modelu pre evolúciu krivky. Druhý člen $\beta_E(u, t)$ je normálová rýchlosť riadená vlastnosťami rovinného mračna bodov naskenovaného terestrickým laserovým skenerom. Na výpočet normálovej rýchlosti použijeme nasledujúci vzťah

$$\beta_E(u, t) = (1 - \lambda(t))H(\gamma(u, t))g_1(\gamma(u, t)) + \lambda(t)((-\nabla g_1(\gamma(u, t))) \cdot N^+).$$

Funkcia $H(\gamma(u, t))$ sa nazýva funkcia homogenity a jej účelom je expandovať krivku v miestach, ktoré majú podobné hodnoty vlastností mračna ako na oblasti prejdenej krivkou od začiatku vývoja. Funkcia $g_1(\gamma(u, t))$ je hranový detektor, ktorý vystupuje v oboch častiach rovnice. V prvom člene rovnice táto funkcia pomáha k spomaleniu vývoja krivky na nájdených hranách a v ich okolí. Úlohou druhého člena normálovej rýchlosti: $(-\nabla g_1(\gamma(u, t))) \cdot N^+$, je pritiahnúť krivku bližšie k nájdenej hrane.

Pixelová reprezentácia mračna bodov

Keďže pohyb krivky je ovplyvnený vlastnosťami okolitých bodov mračna, by bolo časovo náročné počítat, ktoré body mračna sú v blízkosti bodov krivky, a aké sú v nich hodnoty. Preto si reprezentáciu mračna zjednodušíme, a to tak, že preložíme rovnomernú štvorcovú sieť cez mračno a budeme počítat priemernú hodnotu atribútov z bodov mračna, ktoré spadajú do jednotlivých štvorcov. Porovnanie týchto dvoch reprezentácií môžeme vidieť na nasledujúcej vizualizácii.



V oboch obrázkoch sú červené obdĺžniky, ktoré znázorňujú detailnejší výsek, ktorý vidíme na ďalšom obrázku



V tomto detailnejšom zábere môžeme lepšie vidieť body mračna v porovnaní s pixelovou reprezentáciou. Pre ešte lepšiu predstavu si ukážeme na obrázku na ďalšom obrázku ešte detailnejší výrez.

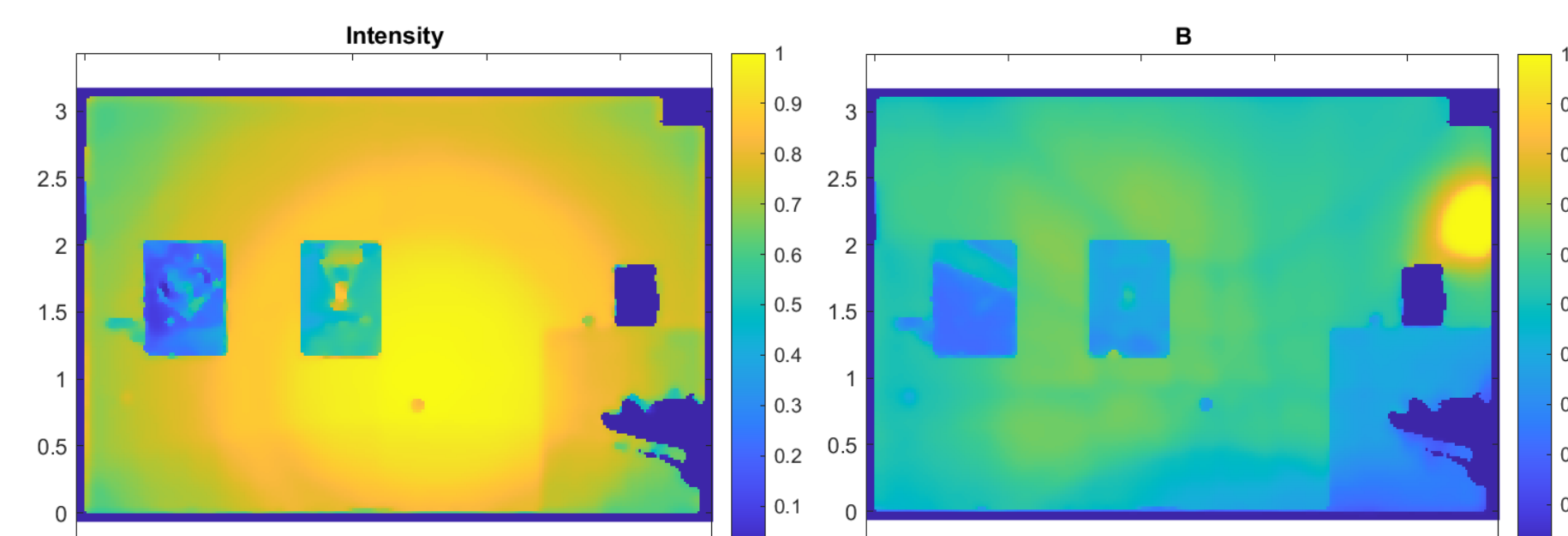


V tomto výreze je presne vidieť, ktoré body spadajú do jednotlivých štvorcov siete, a prímer ich hodnôt na štvorcoch môžeme vidieť na pravo vo vizualizácii pixelovej reprezentácie.

Numerický experiment - stena s plagátmi

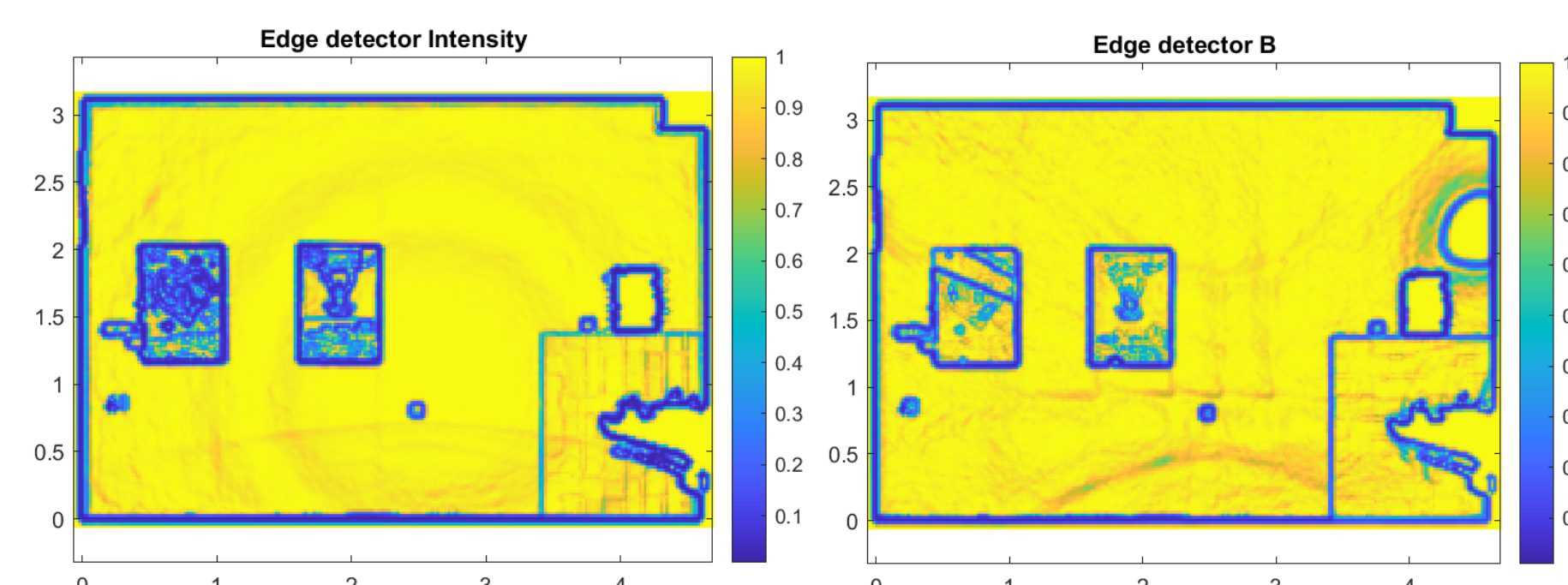
Numerickým experimentom, na ktorom predvedieme implementovaný algoritmus, bude stena, na ktorej sa nachádzajú dva plagáty a v pravom dolnom rohu je obloženie. Tiež sú tu elektrické zásuvky a v pravom hornom rohu je miesto, na ktoré počas skenu miestnosti svietila lampa. Vizualizáciu mračna pomocou R, G a B kanálov farby môžeme pozorovať na obrázkoch zo sekcie **Pixelová reprezentácia mračna bodov**.

K dispozícii máme celkovo 6 vlastností mračna bodov, ktorými sú: farebné kanály R, G a B, intenzita odrazených lúčov, lokálna odchýlka normálových vektorov a vzdialenosť bodov mračna od regresnej roviny z prvého kroku segmentácie. Pre priblíženie si ukážeme niektoré z týchto vlastností



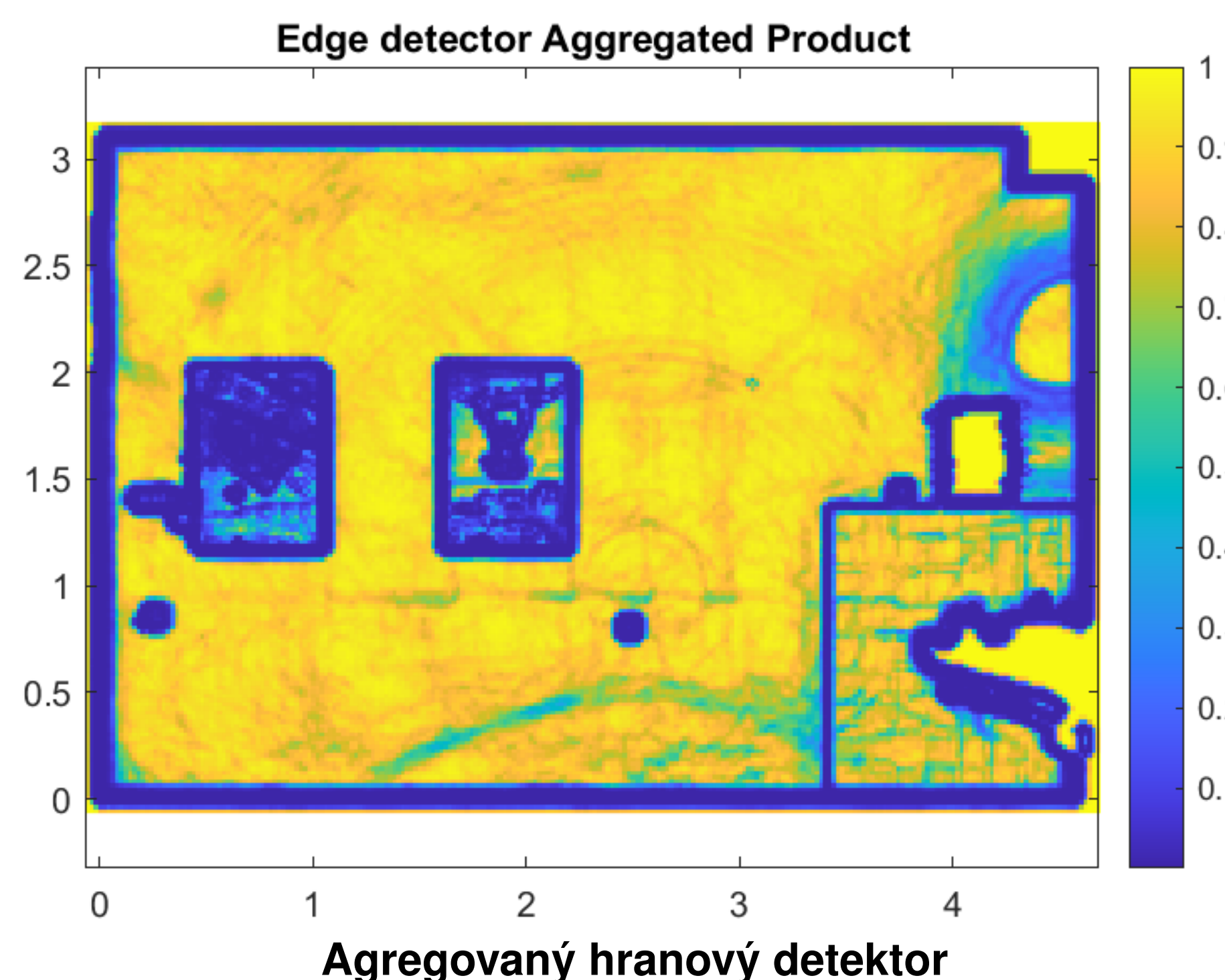
Vlastnosti mračna bodov

Vlastnosti mračna sú využívané na výpočet funkcie $\beta_E(u, t)$, vo výpočte funkcie homogenity a hranovom detektore. Pre dve ukázané vlastnosti môžeme vidieť hranové detektory na nasledujúcom obrázku.



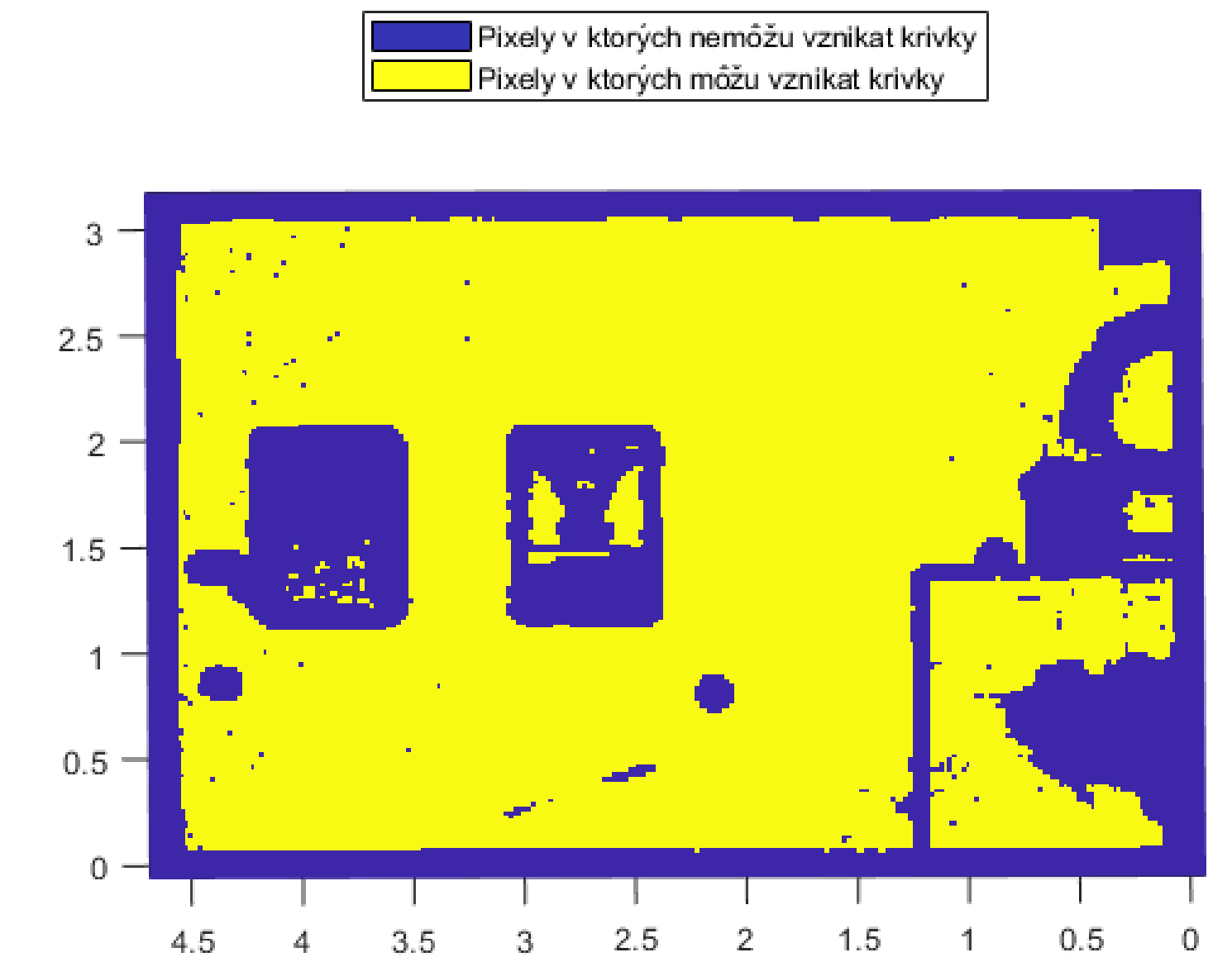
Hranové detektory vlastností mračna bodov

Hranové detektory spájame do jedného výsledného vynásobením v každom bode. Spojením všetkých hranových detektorov vyzera výsledný hranový detektor nasledovne.



Agregovaný hranový detektor

Ďalej počítame pixely, do ktorých môžeme vkladať počiatočné krivky. To, či je pixel vhodný na vloženie počiatočnej krivky, závisí od hustoty bodov mračna a hranového detektora. Počiatočné krivky nevkladáme na miesta, kde sa nachádza hrana alebo kde je nízka hustota bodov mračna. Vizualizáciu pixelov vhodných na vkladanie počiatočných kriviek môžeme vidieť na ďalšom obrázku.



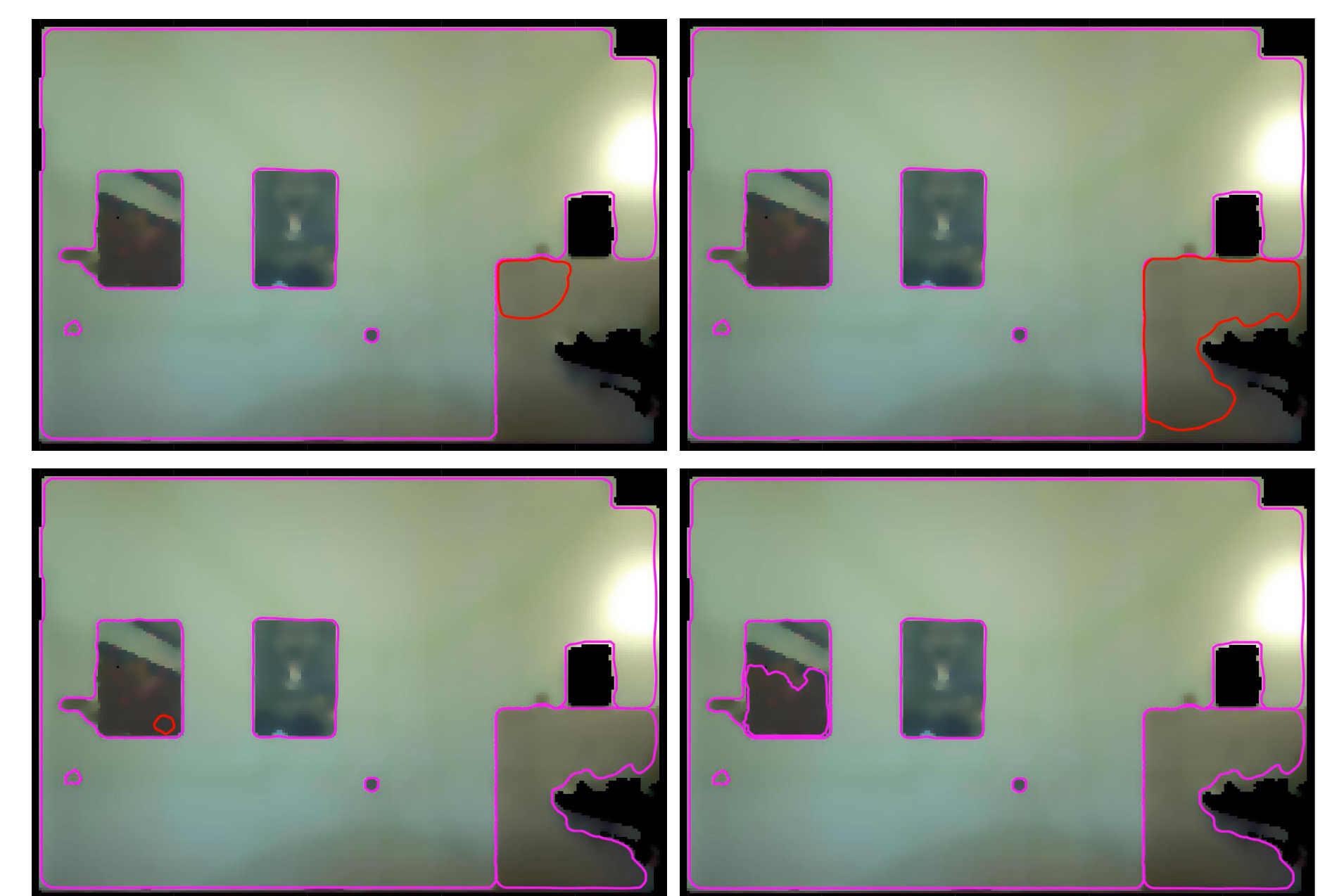
Pixely spĺňajúce kritériá na vloženie počiatočnej krivky.

Teraz už máme pripravené všetko na to, aby sme vložili počiatočné krivky a začali ich vyvíjať. Ich vývoj môžeme sledovať na nasledujúcich obrázkoch.



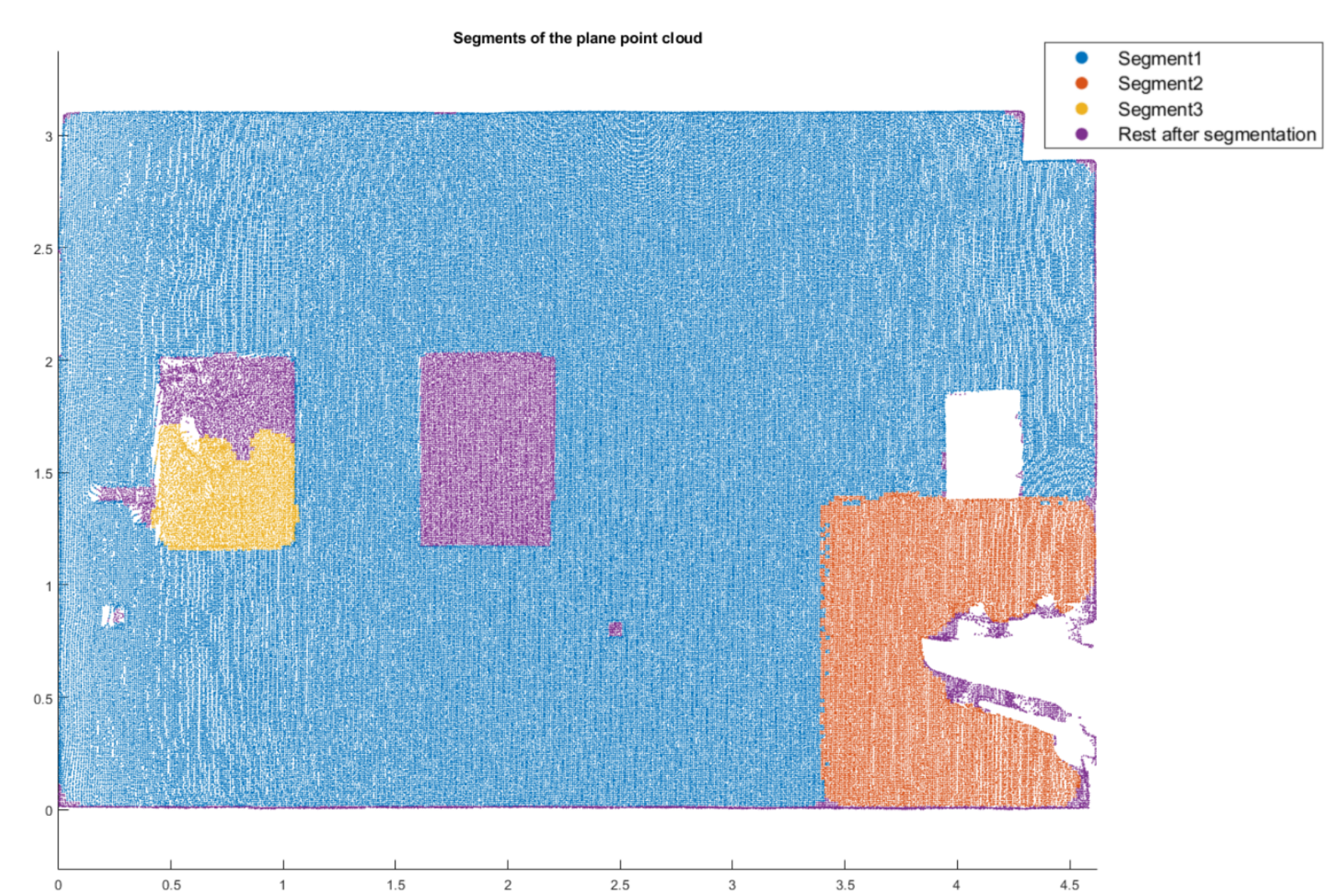
Vývoj kriviek.

Vidíme, že nám ešte ostali homogénne miesta, do ktorých následne vkladáme nové krivky. Vývoj nových kriviek môžeme vidieť na ďalších obrázkoch.



Mračno bodov rozdelené na segmenty.

Posledným krokom je vytvorenie segmentov, ktoré môžeme vidieť na ďalšej vizualizácii.



Mračno bodov rozdelené na segmenty