

## Programovacia úloha 4

**Téma:** B-splajny

**Termín:** Odovzdať do **16.12.2015** mailom na **barbora.pokorna@fmph.uniba.sk** (zaheslovaný archív so zdrojovými súbormi a spustiteľným súborom /podľa pokynov nižšie/)

Cieľom štvrtej programovacej úlohy je vytvoriť aplikáciu na vykreslenie B-splajnovej krivky pomocou de Boorovho algoritmu.

### Všeobecné požiadavky

Program bude naprogramovaný v jazyku a prostredí, ktoré bolo vopred dohodnuté s cvičiacim a zdrojový kód bude dostatočne komentovaný. Podmienkou je, aby sa dala úloha jednoducho skontrolovať. Program musí byť spustiteľný na čistom stroji (knížnice štandardne nedodávané s operačným systémom je potrebné pribaliť), resp. sa musí dať skompilovať. V každom prípade je však potrebné poslať všetky zdrojové súbory.

Ak nebude uvedené inak, výsledný program má umožniť pridávanie a mazanie riadiacich vrcholov pomocou klikania do plochy a ich presúvanie pomocou ťahania. Vykresľovaná krivka má byť pri každej zmene prekresľovaná (presúvanie riadiacich vrcholov, zmena parametrov). Žiaden parameter nemá byť nezmyselne obmedzovaný v rozsahu, konkrétne má byť možné zadať jeho najmenšiu možnú zmysluplnú hodnotu. Ak sa bude ovládanie líšiť od vzorovej aplikácie, uveďte ho buď v aplikácii alebo v e-maili, resp. v priloženom textovom súbore obsahujúcom informácie pre používateľa.

### Zadanie

Úlohou je naprogramovať aplikáciu vykresľujúcu B-splajnovú krivku. Z pohľadu používateľského rozhrania sa krivka líši od Bézierovej len v nutnosti zadávať stupeň krivky a príslušný uzlový vektor.

**Parametre:** Používateľ zadá klikaním sadu bodov  $\mathbf{v}_0, \dots, \mathbf{v}_n$  a určí stupeň krivky  $d$ . Pre daný počet bodov a stupeň krivky sa vytvorí uzlový vektor  $u_0, \dots, u_m$  ( $u_i \in \mathbb{R}$ ), pričom platí vzťah  $m = n + d + 1$ . Pri zmene počtu vrcholov alebo stupňa krivky sa uzlový vektor upraví tak, aby platil uvedený vzorec. Navyše musí platiť  $u_i \geq u_{i-1}$ , pričom násobnosť žiadneho uzla (počet uzlov s tou istou hodnotou) nesmie byť väčšia ako  $d + 1$ .

Používateľ môže nastavovať hodnoty uzlov, pričom program musí po potvrdení skontrolovať validitu zmeneného uzlového vektora. Ak uzlový vektor nespĺňa niektorú z podmienok na neho kladených, nastavte ho na nejakú platnú postupnosť

(napr.  $u_i = i$ ). Ak je potrebné uzlový vektor len rozšíriť (pri pridaní vrcholu alebo zvýšení stupňa), pridávajte nové uzly na koniec postupnosti tak, aby mal nový uzol hodnotu najbližšieho vyššieho celého čísla. Pri skracovaní vektora uberajte uzly od konca.

Používateľ si môže zvoliť aj vzorkovaciu frekvenciu, resp. počet vzoriek na segment. Min. počet vzoriek na segment je 2.

**Výpočet a vykreslenie:** B-splajnová krivka pozostáva z niekoľkých segmentov tvorených polynomicou krivkou stupňa  $d$ . Krivka je definovaná na intervale  $[u_d, u_{m-d}]$ , pričom je potrebné ju vykresľovať po častiach (nemusí byť súvislá). Každý  $j$ -ty segment závisí len od niektorých uzlov a časti riadiacich vrcholov a to nasledovne:

$$\mathbf{B}(u)|_{[u_{d+j}, u_{d+j+1}]} = \mathbf{b}(u_{1+j}, \dots, u_{2d+j}, \mathbf{v}_{0+j}, \dots, \mathbf{v}_{d+j})(u), \quad j = 0, \dots, m - 2d - 1$$

Výsledný bod krivky  $\mathbf{b}_d^d(t)$  sa na príslušnom  $j$ -tom segmente vypočíta de Boorovým algoritmom nasledovne:

$$\mathbf{b}_d^d(u) = \mathbf{b}(u_{1+j}, \dots, u_{2d+j}, \mathbf{b}_{0+j}, \dots, \mathbf{b}_{d+j})(u)$$

pričom platí:

$$\begin{aligned} \mathbf{b}_i^0 &= \mathbf{v}_i, & i &= j, \dots, j + d \\ \mathbf{b}_i^k &= \frac{u_{i+d-(k-1)+j} - u}{u_{i+d-(k-1)+j} - u_{i+j}} \mathbf{b}_{i-1}^{k-1} + \frac{u - u_{i+j}}{u_{i+d-(k-1)+j} - u_{i+j}} \mathbf{b}_i^{k-1} & k &= 1, \dots, d; i = k, \dots, d \end{aligned}$$

Každý segment navzorkujte podľa príslušného používateľského parametra a vykreslite lomenou čiarou. Keďže intervaly, na ktorých sú segmenty definované, sú sprava otvorené, ako poslednú vzorku použite hranicu intervalu zníženú o nejaké malé fixné  $\varepsilon$ . Vykreslite riadiace vrcholy a polygón B-splajnovej krivky.

Podobne ako pri Bézierovej krivke aj tu vykreslite pre užívateľom zvolený parameter z definičného oboru krivky jej bod spolu s vektorom derivácie a normálovým vektorom. Oba vektory môžete vhodne naškálovať. Zároveň vykreslite aj postup výpočtu de Boorovho algoritmu, podobne ako pri Bézierovej krivke.