

Programovacia úloha 4

Téma B-splajny

Termín Odovzdať do **5.5.2013** mailom na **gemeranova@sccg.sk** (archív so zdrojovými súborami a spustiteľným súborom /podľa pokynov nižšie/)

Cieľom štvrtej programovacej úlohy je naprogramovať aplikáciu na vykreslenie B-splajnovej krivky.

Všeobecné požiadavky

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

Ak nebude uvedené inak, výsledný program má umožniť klikaním do plochy pridávať a mazať riadiace vrcholy a ťahaním ich presúvať. 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 najmenšiu možnú zmysluplnú hodnotu. Ak sa bude ovládanie líšiť od vzorovej aplikácie, uveďte ho buď v aplikácii alebo v maile. V aplikáciách nepoužívajte špeciálnu klávesu 'Alt'.

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 uzlový vektor.

Parametre Používateľ klikaním zadá sadu bodov $\mathbf{p}_0, \dots, \mathbf{p}_n$ a určí stupeň krivky d . Pre daný počet bodov a stupeň sa vytvorí uzlový vektor t_0, \dots, t_m ($t_i \in \mathbb{R}$), 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 $t_i \geq t_{i-1}$, pričom násobnosť žiadneho uzla (počet uzlov s tou istou hodnotou) nesmie byť väčšia ako $d + 1$.

Používateľ môže nastavovať hodnoty uzlov, pričom po potvrdení program musí skontrolovať validitu uzlového vektora. Ak uzlový vektor nespĺňa niektorú z podmienok na neho kladených, nastavte ho na nejakú platnú postupnosť (napr. $t_i = i$). Ak je potrebné uzlový vektor len rozšíriť (pri pridaní vrcholu alebo zvýšení stupňa), pridajte nové uzly na koniec postupnosti tak, aby nový uzol mal 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 $[t_d, t_{m-d})$, pričom je potrebné ju vykresľovať po častiach (nemusí byť súvislá). Každý segment závisí len od časti uzlových bodov a riadiacich vrcholov a to nasledovne:

$$\mathbf{B}(t)|_{[t_{d+i}, t_{d+i+1})} = \mathbf{b}(t_{i+1}, \dots, t_{i+2d}, \mathbf{p}_i, \dots, \mathbf{p}_{i+d})(t)$$

Výsledný bod krivky sa na príslušnom segmente vypočíta de Boorovým algoritmom nasledovne (pozor na preznačenie parametrov):

$$\mathbf{b}(u_0, \dots, t_{2d-1}, \mathbf{b}_0, \dots, \mathbf{b}_d)(u) = \mathbf{b}_d^d$$

pričom platí:

$$\begin{aligned} \mathbf{b}_i^0 &= \mathbf{b}_i \\ \mathbf{b}_i^l &= \frac{u_{i+d-l} - u}{u_{i+d-l} - u_{i-1}} \mathbf{b}_{i-1}^{l-1} + \frac{u - u_{i-1}}{u_{i+d-l} - u_{i-1}} \mathbf{b}_i^{l-1} \quad l = 1, \dots, d; i = l, \dots, d \end{aligned}$$

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 ε .

Podobne ako pri Bézierovej krivke vykreslite pre 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.