

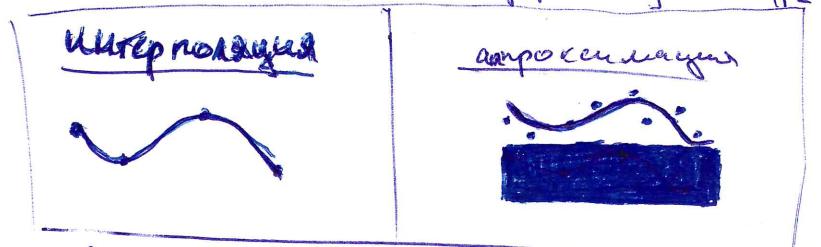
Кинематическое представление

Хар. линии КР и ст. Орбт

(движение (из отрезков) избран по оси, используется для изогр. плоскостной кривой, ②
проход. в/з набор заг. точек.

Кусочно-линейное полиномиальное ср-ие

→ линейная интерполяция на участке $t_i \leq t \leq t_{i+1}$



однородная

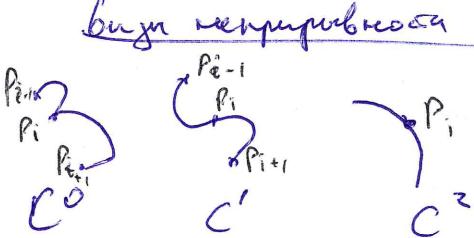
и/з одинаковы

пространственное
формы отрезков

[Полиграфический график
характеристика линейного отрезка] → линейное существо,
согласно изогр. точкам определяется кривот

Направлениеские условия непрерывности

$$P(t) = \begin{cases} X = X(t) \\ Y = Y(t) \\ Z = Z(t) \end{cases} \quad \begin{matrix} 0 & 1 \\ t_i \leq t \leq t_{i+1} \end{matrix}$$



1) непрерывность C^0 | кривые
изображаются непрерывно по параметру | берега озера

2) непрерывность 1-го порядка по крп C^1 | первое прошлое
равенство

3) непрерывность 2-го порядка по крп C^2 | 2-ое прошлое
равенство | изображение
берега
известно
две точки

Применение

$$\frac{dP(t)}{dt} = \left[\begin{array}{c} \frac{dx(t)}{dt} \\ \frac{dy(t)}{dt} \\ \frac{dz(t)}{dt} \end{array} \right] \quad \text{вектор скорости
обхода кривой}$$

(3)

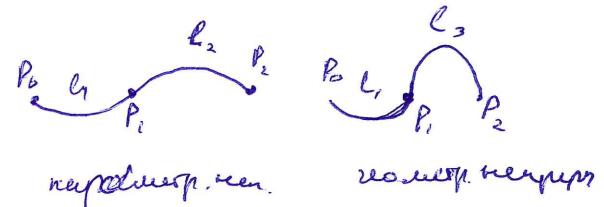
Численные методы решения краевых задач

G^0 2. М. 0-го порядка \rightarrow одномерные краевые задачи / вычисления
в гравитационном поле / краев. к. 0-го порядка

усл. непрерывн.
зачет
нестационарн.
нестационарн.

нестационарн.
кривые

G' 2. М. 1-го порядка \rightarrow первое производное
по координате, в т. ч. непрерывн.
 $\operatorname{sgn}(P'_0(u)) = \operatorname{sgn}(P'_1(u))$
при $P'_0(u) \neq P'_1(u)$ для $\Delta u \neq 0$



G^2 2. М. 2-го порядка $\operatorname{sgn}(P''_0(u)) = \operatorname{sgn}(P''_1(u))$
 $\operatorname{sgn}(P'_0(u)) = \operatorname{sgn}(P''_1(u))$

(3)

Построение биомиметических кривых

Построение кривой x/z из заданных точек.

-) кубические сплайны \rightarrow сплайн
-) нарциссовая интерполяция

Кривые без плавающейся формой кривоты.

-) кривые Безье
-) B-сплайны

Кривые определенного направления направленных.

Параметрическое представление кривых

$$\begin{cases} x = f(t) \\ y = g(t) \\ z = h(t) \end{cases}$$

абсцисса

затемнение по бокам опр. рефл.

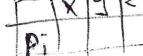
$$\begin{cases} f(x, y, z) = 0 \\ g(x, y, z) = 0 \end{cases}$$

известное
оно из перенесенного
небесного узла возвращается.

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

параметрическое

с параметром



точки

координат

Кубические сплайны

гладкое

$$M(x) = \frac{EI}{R(x)}$$

уравнение Формы

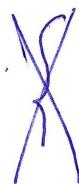
$M(x)$ - момент изгиба реин

E - модуль Юнга (аб-ба изгиба реин)

I - момент инерции, форма кривой

$R(x)$ - радиус кривизны.

$$F(x, y, y', y'', \dots, y^{(n)}) = 0$$



$$\frac{1}{R(x)} = \frac{y''}{(1+y'^2)^{\frac{3}{2}}} \approx y'' \quad x - \text{построение} \quad y - \text{формы} \quad (y' \leq 1) \quad \text{максимальное}$$

отклонение

$$y' = \frac{M(x)}{EI} \quad y'' = \frac{Ax+B}{EI}$$

$$y = A_1 x^3 + B_1 x^2 + C_1 x + D_1$$

изогнувшись при
перемещении якоря
уравнение формы
вногде.

$$P(t) = \sum_{i=1}^4 B_i t^{i-1}, \quad t_1 \leq t \leq t_2$$

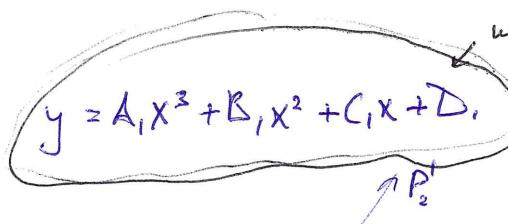
Би-сплайн из моделей кривых сегментов

$$P(t) = [x(t) \ y(t) \ z(t)]$$

$$P'_1, P''_1, P'''_1$$

$$\begin{aligned} x(t) &= \\ y(t) &= \sum_{i=1}^4 B_i t^{i-1} \\ z(t) &= \end{aligned}$$

$$P'_1, P''_1, P'''_1$$



(7)

Метод определения коэффициентов

1) метод граничных условий

2) метода Хардмана-Гурвица

3) метода Базисного op-ин (с базисовыми)

$$X(u) = a_x u^3 + b_x u^2 + c_x u + d_x$$

зап. условия:

$$X(0)'' \quad X(1)'' \rightarrow \text{координаты}$$

$$X'(0)'' \quad X'(1)'' \rightarrow \text{производные}$$

матрица

матрица - единиц

$$X(u) = [u^3 \quad u^2 \quad u \quad 1]$$

мат. способ
координат

$$\begin{bmatrix} a_x \\ b_x \\ c_x \\ d_x \end{bmatrix}$$

$$P(t) = \begin{cases} X(t) = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x \\ Y(t) = d_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + d_y \\ Z(t) = d_z t^3 + b_z t^2 + c_z t + d_z \end{cases}$$

Базисная
матрица

матрица
координат
зап. условия
базис

$C = M_{\text{ spline }} M_{\text{ geom }}$

$a_{xy} \rightarrow u = 250 \text{ дюйм}, \text{ значение}$
 координаты
 производные
 зап. условия
 $b \text{ квадр.}$

Баз. функции

$$X(u) = \sum_{k=0}^3 g_k \cdot B F_k(u) \rightarrow \text{коэффициенты}$$

коэффициенты

нормализации

зап. условия

~~$X(t) = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x$~~

~~$X(t) = [a_x \quad b_x \quad c_x \quad d_x] \begin{bmatrix} t^3 \\ t^2 \\ t \\ 1 \end{bmatrix} = C \cdot T = M_{\text{ spline }} \cdot M_{\text{ geom }} \cdot T$~~

$C = M_{\text{ spline }} \cdot M_{\text{ geom }}$

матрица рабочая 4×4
предварительное значение
запись в матрицу квадр.

координат
производные

(базисы -)
коэффициенты

Одна характеристическая полиномиальная параметрическая схема представлена

(4.1)

Параметрическое задаваемое кубическое уравнение

Она может получать виду при использовании
матричного векторного подхода.

$$P(u) = C_0 + C_1 u + C_2 u^2 + C_3 u^3 = \sum_{k=0}^3 C_k u^k = u^T C$$

$$C = \begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}, \quad u = \begin{bmatrix} 1 \\ u \\ u^2 \\ u^3 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} C_{0x} \\ C_{1x} \\ C_{2x} \\ C_{3x} \end{bmatrix}$$

Пример:

$$u_0 = \bar{u}_0 = 0,3 \text{ на конц} [0,1]$$

$$\begin{cases} u_0 = 0 \\ u_1 = \frac{1}{3} \\ u_2 = \frac{2}{3} \\ u_3 = 1 \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = P(0) = C_0 + 0 \cdot C_1 + 0^2 \cdot C_2 + 0^3 \cdot C_3 \\ P_1 = P\left(\frac{1}{3}\right) = C_0 + \frac{1}{3} C_1 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 C_2 + \left(\frac{1}{3}\right)^3 C_3 \\ P_2 = P\left(\frac{2}{3}\right) = C_0 + \frac{2}{3} C_1 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 C_2 + \left(\frac{2}{3}\right)^3 C_3 \\ P_3 = P(1) = C_0 + 1 C_1 + 1 C_2 + 1 C_3 \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} A &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & \frac{1}{3} & \frac{4}{9} & \frac{8}{27} \\ 0 & 0 & \frac{1}{9} & \frac{8}{27} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ B &= \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \\ A &= [u] \\ X &= [C] \end{aligned}$$

матричная формула $P = AC$

$$\text{т.е. } P = \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} & \left(\frac{1}{3}\right)^2 & \left(\frac{1}{3}\right)^3 \\ 0 & 0 & \frac{1}{9} & \left(\frac{2}{3}\right)^3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -5,5 & 9 & -4,5 & 1 \\ 9 & -22,5 & 18 & -4,5 \\ -4,5 & 13,5 & -13,5 & 4,5 \end{bmatrix}$$

решение

$$C = A^{-1} P$$

Кубический сплайн (Берсбергов)

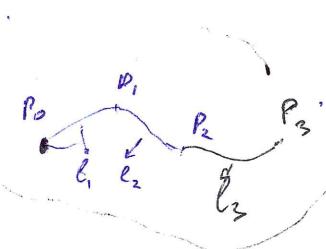
(5)

Применение: настройка кривых движений объекта
помогающая упростить пути объектов
или плавности форм объектов.

Индекс в сплайне

$$P_k(x_k, y_k, z_k) \quad k=0, n \Rightarrow$$

$$\begin{cases} x(u) = a_x u^3 + b_x u^2 + c_x u + d_x \\ y(u) = a_y u^3 + b_y u^2 + c_y u + d_y \\ z(u) = a_z u^3 + b_z u^2 + c_z u + d_z \end{cases}$$



Хеппи

ср. 596

ср. 601

ср 104 - 105
Рекоменд.

Безье / Роганова
ср 295 - 300

Кубич. сплайн непрерывн C^2

проблема: нельзя непрерывно соединять кривые
т.к. предыдущий кривой не будет непрерывно

Синтаксис кубичного сплайна

данный $4n+2$ уравнений, где $n+1$ > количество точек
extra point
 $n+1$ > количество точек
extra point

2 3 4 5 6 7
где первая
базовая точка
extra точка
0 ± 6/12

Примобаси кубичного сплайна

Марти Гермит (Charles Hermite)

первый предложил
искусственных сплайнов

$$P(0) = p_0$$

$$P(1) = p_{n+1}$$

$$P'(0) = Dp_0$$

$$P'(1) = Dp_{n+1}$$

$$M_H = \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$P_n = 0^3 + 0^2 + 0 + 1 \quad 3u^2 + 2u + 1 + 0$$

$$P_{n+1} = 1^3 + 1^2 + 1 + 1 \quad 3u^2 + 2u + 1 + 0$$

$$P(u) = [u^3 \ u^2 \ u \ 1] \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$\begin{bmatrix} p_0 \\ p_{n+1} \\ Dp_0 \\ Dp_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}$$

$$P'(u) = [3u^2 \ 2u \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} p_0 \\ p_{n+1} \\ Dp_0 \\ Dp_{n+1} \end{bmatrix} = M_H \begin{bmatrix} p_0 \\ p_{n+1} \\ Dp_0 \\ Dp_{n+1} \end{bmatrix}$$

$$[u] \cdot [M_H] \cdot \begin{bmatrix} p_0 \\ p_{n+1} \\ Dp_0 \\ Dp_{n+1} \end{bmatrix}$$

$$\text{значит } t \rightarrow x = (1-t)a + tb \quad \frac{1}{B-a} Dp_0 \quad \frac{1}{B-a} Dp_{n+1}$$

Численное кривые Бéзье (математика)

Первый Бéзье (Pierre Bézier) Решение для кривых

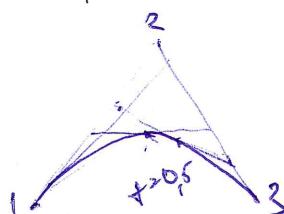
$$P(t) = \sum_{k=0}^n p_k BEZ_{k,n}(t) \quad 0 \leq t \leq 1$$

$$BEZ_{k,n}(t) = C(n, k) t^k (1-t)^{n-k}$$

~~$P = (1-t)P_1 + tP_2$~~

 ~~$P = (1+t)^2 P_1 + 2$~~

Прямоугольное
координатное



Приложение
Паскаль

| | |
|-------|---------|
| $n=0$ | 1 |
| $n=1$ | 1 1 |
| $n=2$ | 1 2 1 |
| $n=3$ | 1 3 3 1 |

$$P(t) = \sum_{k=0}^n p_k C_n^k t^k (1-t)^{n-k}, \quad 0 \leq t \leq 1$$

$n=1$

$$P(t) = p_0 \cdot t^0 (1-t)^1 + p_1 t$$

$n=2$

$$P(t) = p_0 (1-t)^2 + 2p_1 t(1-t) + p_2 t^2$$

$$n=3 \quad C_3^0 = 1 \quad C_3^1 = 3 \quad C_3^2 = 3 \quad C_3^3 = 1$$

$$P(t) = p_0 (1-t)^3 + 3p_1 t(1-t)^2 + 3p_2 t^2(1-t) + p_3 t^3$$

~~$M = \begin{bmatrix} P_0 & P_1 & P_2 & P_3 \\ t^3 & -1 & 3 & -3 & 1 \\ t^2 & 3 & -6 & 3 & 0 \\ t^1 & -3 & 3 & 0 & 0 \\ t^0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$~~

$$= [t^3 \ t^2 \ t \ 1] M \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}$$

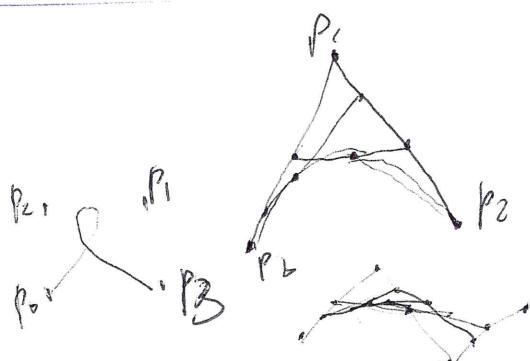
Кривая образует из-бом уменьшения Варнина

переходит в кривую A. Не знаю, где определение получено

Конечно Бернин оставил себе право манипуляции.

Числение одной Берниной вклады на всю кривую? например где есть 4 точки

сверху добавлены выше Бернинистик



④ Перемежива сп. 100

Безье Кривые из сп. 6
могут не изогнуты

Роджерса 601 сп

Хорошо 9,594 сп. 15

$$a+b=1 \quad (a+b)^n = \sum_{k=0}^n C_n^k a^k b^{n-k}$$

но неизогнута
6 сп. 15

$$P(t) = \sum_{k=0}^n p_k C_n^k t^k (1-t)^{n-k}, \quad 0 \leq t \leq 1$$

Безье Кривые

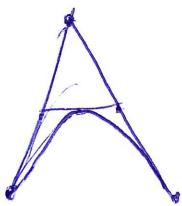
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| x | 1 | 2 | 4 | 3 |
| y | 1 | 3 | 3 | 1 |

Последовательность кубиков $n=3$

$$[t^3 + t^2 + 1] \cdot \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{cases} P_0 = 1 \\ P_1 = 2 \\ P_2 = 4 \\ P_3 = 3 \end{cases}$$

Пример

Графическое выражение опорных точек



$$\begin{aligned} P(t) &= P_0(1-t)^3 + 3P_1t(1-t)^2 + 3P_2t^2(1-t) + P_3t^3 \\ X(t) &= 1(1-t)^3 + 8t + (1-t)^2 + 12t^2(1-t) + 3t^3 \\ Y(t) &= (1-t)^3 + 9t + (1-t)^2 + 9t^2(1-t) + t^3 \end{aligned}$$

$$P'(0) = -3P_0 + 3P_1 = 3(P_1 - P_0) = h(P_1 - P_0)$$

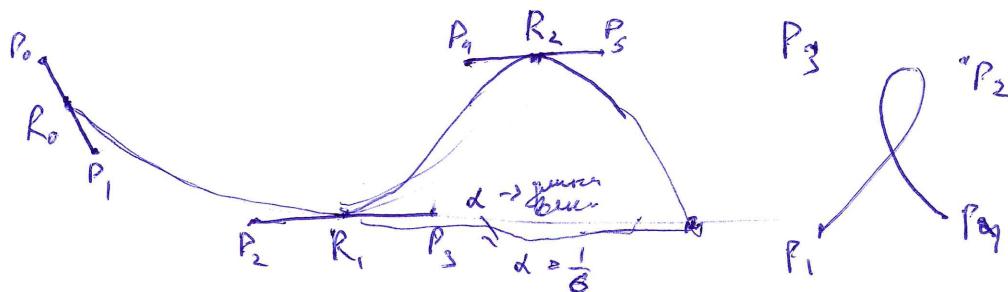
$$P'(1) = 3P_3 - 3P_2 = 3(P_3 - P_2) = h(P_3 - P_2)$$

$$P''(0) = h(h-1)(B_0 - 2B_1 + B_2)$$

$$P''(1) = h(h-1)(B_{n-1} - 2B_{n-2} + B_n)$$

Такое выражение называют

неткой



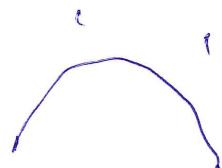
используется при построении кубиков.

Касательная - Рома
 $\alpha = \frac{1}{6}$

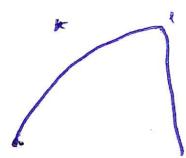
$$\frac{\sum (w_k P_k C_n^k t^k (1-t)^{n-k})}{(\sum w_k C_n^k t^k (1-t)^{n-k})} \quad \text{где } w_k \rightarrow \text{веса кубиков}$$

если $w_n \rightarrow$ бесконечное количество кубиков

тогда ставится



$$w = [1 \ 1 \ 1 \ 1]$$



$$w = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]$$

B-Creatinine

согласие с модератором Даже

Пусб $P(t)$ - Опред. кривых g -нос от непарн. +

$$P(t) = \sum_{i=0}^{n+1} p_i N_{i,k}(t), \quad t_{\min} \leq t \leq t_{\max}, \quad 1 \leq k \leq n+1$$

здесь β_i - первичное изображение

$N_{i,k}$ - коэффициент ^{переноса} Гаусса В-функция i -градиент k -степень

peny persistence
gp - not

$$N_{i,0}(t) = \begin{cases} 1, & \text{when } t_i \leq t \leq t_{i+1} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Konca - ge byra

$$N_{i,k}^{(+)} = \frac{(t - t_i) N_{i,k-1}(+)}{t_{i+k+1} - t_i} + \frac{(X_{i+k+1} - t) N_{i+1,k-1}(+)}{X_{i+k+1} - X_{i+1}}$$

x_i - элементы упорядоченного вектора $(x_i \leq x_{i+1})$ в порядке возрастания

$$\% = 0$$

B -индикатор определяет наличие ионов Ca^{2+} , связанных с гидроксидом:

i) $P(t)$ - monoton absteigend auf $[x_i, x_{i+1}]$

2) промежуточн. Р(+) температурные бары всеи крист.

$$N(X) = h+k+1 \leftarrow \{ f_0, f_1, \dots, f_{k-1}, X_k, X_0, X_{\text{pop}} \} \leftarrow \text{available turns}$$

Пример

$$\frac{N_{0,0}}{N_{1,0}} \quad N_{2,0} \quad N_{3,0} \quad \dots$$

$$\begin{matrix} & 1 & N_{0,1} & N_1 & N_{2,1} & \dots \\ k & \downarrow & & & & \\ & 2 & N_{0,2} & N_2 & N_{3,2} & \dots \end{matrix}$$

3 $\text{O}_{0.5}$

Кодир. по Китайск. языку. №_{1, K}

im. gen. yacuba major

Методика кривой Бéзе

- 1) гладкость кривой Бéзе ограничивается числом вершин
 - 2) один из них в промежутике приводит к плавному кривой
- Гладкость кривой

Базис: использует B-сплайн

$$P_i(t) = \sum_{i=0}^n p_i N_{i,k}(t), t \in [t_{\min}, t_{\max}], 1 \leq k \leq n$$

1) $N_{i,k}(t)$ - локальная базис, то

$$2) \text{сумма } \sum_{i=0}^n N_{i,k}(t) \equiv 1$$

3) $N_{i,k}(t) \geq 0$ при $t \in [t_{\min}, t_{\max}]$

4) чтобы применить к кривой Béze кратное квадратичное
недостаточно применить это к вершинам определяющим
максимальные

5) кривая имеет беспрерывную оболочку.



Узловые дырки

B-spline (noespereue, spureps)

p. 327

Dane

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| X | 1 | 2 | 4 | 3 |
| y | 1 | 3 | 3 | 1 |

General form
with knot vector X = [0, 0, 1, 2, 3, 3]

$\downarrow k=2$
 $n=5$
 $m=6$

y-axis
x-axis

Example:

$$N_{i,0} \Rightarrow \begin{cases} 0 & i=0 \\ 1 & i=1 \\ 1 & i=2 \\ 1 & i=3 \\ 0 & i=4 \end{cases}$$

$$k=2$$

$$h=3$$

$$m=5$$

$$N_{i,k}$$

$$\begin{array}{ccccccccc} & N_{0,0} & & N_{1,0} & & N_{2,0} & & N_{3,0} & & N_{4,0} \\ & 1 & & 1 & & 1 & & 1 & & 0 \\ & N_{0,1} & & N_{1,1} & & N_{2,1} & & N_{3,1} & & \\ & 1 & & 1 & & 1 & & 1 & & \\ & N_{0,2} & & N_{1,2} & & N_{2,2} & & N_{3,2} & & \end{array}$$

$$N_{i,k} = \frac{t - x_i}{x_{i+k} - x_i} N_{i,k-1}(+) + \frac{x_{i+k+1} - t}{x_{i+k+1} - x_{i+1}} N_{i+1,k-1}(+)$$

$$N_{0,1} = \frac{t - x_0}{x_1 - x_0} N_{0,0}(+) + \frac{x_2 - t}{x_2 - x_1} N_{1,0}(+) = \frac{t}{0} \cdot 0 + \frac{1-t}{1} 1 = \begin{cases} 0, & t \in [0, 0] \\ 1, & t \in [0, 1] \end{cases}$$

$$N_{1,1} = \frac{t - x_1}{x_2 - x_1} N_{1,0}(+) + \frac{x_3 - t}{x_3 - x_2} N_{2,0}(+) = \frac{t - 0}{1 - 0} 1 + \frac{2 - t}{2 - 1} 1 = \begin{cases} t, & t \in [0, 1] \\ 2t + 1, & t \in [1, 2] \end{cases}$$

$$P(+) = \beta_1 N_{1,2}(+) + \beta_2 N_{2,2}(+) + \beta_3 N_{3,2}(+) + \beta_4 N_{4,2}(+)$$

$$P(t) = (1-t)\beta_1 + t\beta_2 = \beta_1 + (\beta_2 - \beta_1)t, \quad 0 \leq t < 1$$

$$P(t) = (2-t)\beta_2 + (t-1)\beta_3 = \beta_2 + (\beta_3 - \beta_2)t, \quad 1 \leq t < 2$$

$$P(t) = (3-t)\beta_3 + (t-2)\beta_4 = \beta_3 + (\beta_4 - \beta_3)t, \quad 2 \leq t < 3$$

наглядно
Кривая Кале организована в цепь вершин.

2) ~~глобальная~~ ^{локальная} приводит к суперпозиции кривых

Burbo: Ross-Sphaler / ненадежный метод

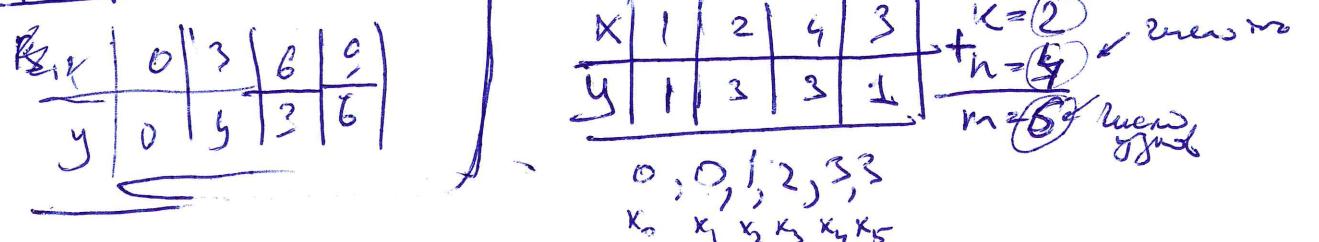
β_{ik} -доля i -го узла

$$P(t) = \sum_{i=1}^{n+1} \beta_i N_{i,k}(t), \quad t_{\min} < t < t_{\max}, \quad 2 \leq k \leq n+1,$$

Рис.

Очевидно

Пример



Начальное состояние

| i | k | $N_{0,0}$ | $N_{1,0}$ | $N_{2,0}$ | $N_{3,0}$ | $N_{4,0}$ | $N_{5,0}$ |
|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0 | 0 | $N_{0,0}$ | $N_{1,0}$ | $N_{2,0}$ | $N_{3,0}$ | $N_{4,0}$ | $N_{5,0}$ |
| 1 | 1 | $N_{0,1}$ | $N_{1,1}$ | $N_{2,1}$ | $N_{3,1}$ | $N_{4,1}$ | |
| 2 | | $N_{0,2}$ | $N_{1,2}$ | $N_{2,2}$ | $N_{3,2}$ | $N_{4,2}$ | |

← константа
← начальное значение
← начальное броуновское

$$N_{i,k}(t) = \begin{cases} 1, & x_i \leq t \leq x_{i+1}, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$N_{0,0} = 0 \quad N_{1,0} = 1 \quad N_{2,0} = 1, \quad \begin{matrix} t \in [0, 2] \\ t \in [2, 3] \end{matrix} \quad N_{3,0} = 1, \quad N_{4,0} = 0$$

$$k \neq 0 \quad N_{i,k}(t) = \frac{(t - x_i) N_{i,k-1}(t)}{x_{i+k} - x_i} + \frac{(x_{i+k+1} - t) N_{i+1,k-1}(t)}{x_{i+k+1} - x_{i+1}}$$

$$N_{0,1} = \frac{(t - x_0)}{x_1 - x_0} N_{0,0}(t) + \frac{x_2 - t}{x_2 - x_1} N_{1,0}(t) = \\ = 0 + \frac{1-t}{1-0} 1 = \begin{cases} 0, & t \in [0, 1] \\ 1, & t \in [1, 2] \end{cases}$$

$$N_{1,1} = \frac{t - x_1}{x_2 - x_1} N_{0,1}(t) + \frac{x_3 - t}{x_3 - x_2} N_{1,0}(t) = t \cdot 1 + \frac{2-t}{2-1} 0 = t$$