

Využitie L-systémov pre modelovanie tvaru rastlín

Autor: Alena Žákovičová

Školiteľ: RNDr. Róbert Bohdal, PhD.

Motivácia

- rozmach využitia vo filmovom a hernom priemysle
- širokospektrálne využitie
 - biológia, poľnohospodárstvo, záhradná architektúra...
- v bežnej praxi sa s nimi človek stretáva len pomerne zriedkavo

Typy L-systémov

- bezkontextové
- zátvorkové
- stochastické
- kontextové
- parametrické

Interpretácia L-systémov

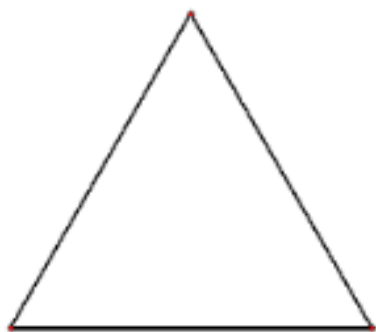
Korytnačia grafika v 2D

- pomyselné kresliace zariadenie reprezentované trojicou $(x; y; \alpha)$
- jednotlivé symboly reťazca - príkazy pre riadenie pohybu korytnačky
- základné symboly: F, +, - , [,]

Interpretácia L-systémov

Korytnačia grafika v 2D

Axióma:



$F++F++F$

Prepisovacie pravidlo:

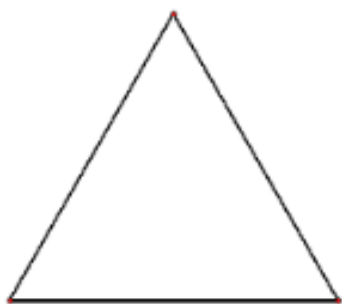


$F \rightarrow F+F--F+F$

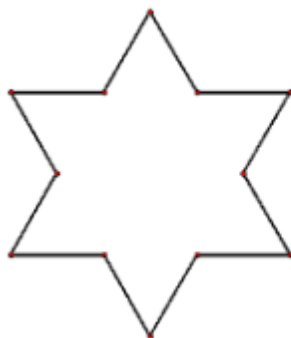
Interpretácia L-systémov

Korytnačia grafika v 2D

Axióma:



F++F++F



F+F--F+F++F+F--F+F++F+F--F+F

Prepis. pravidlo:

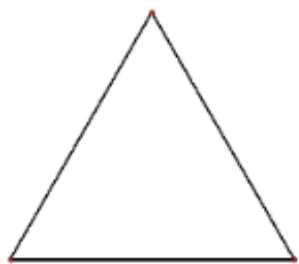


F → F+F--F+F

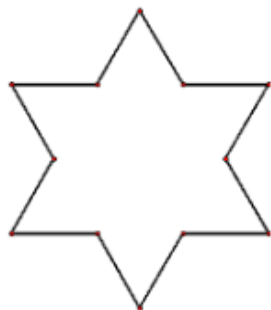
Interpretácia L-systémov

Korytnačia grafika v 2D

Axióma:



F++F++F

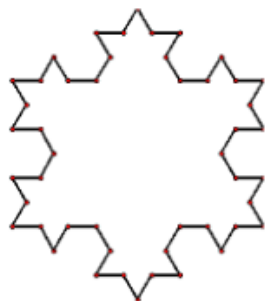


F+F--F+F++F+F--F+F++F+F--F+F

Prepis. pravidlo:



F → F+F--F+F



F+F--F+F + F+F--F+F -- F+F--F+F + F+F--F+F
 ++
 F+F--F+F + F+F--F+F -- F+F--F+F + F+F--F+F
 ++
 F+F--F+F + F+F--F+F -- F+F--F+F + F+F--F+F

Interpretácia L-systémov

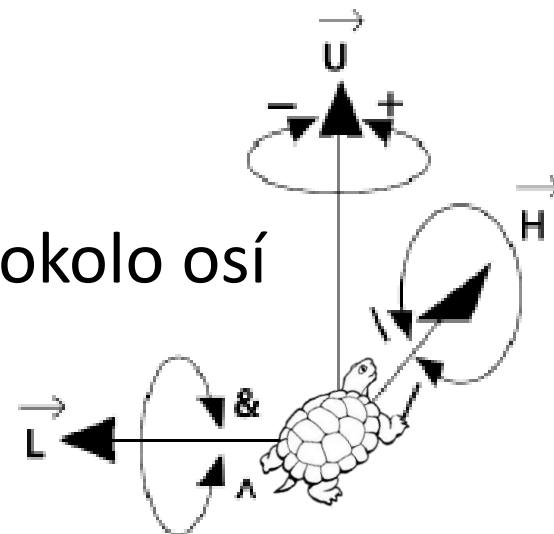
Korytnačia grafika v 3D

- otáčanie pomocou príkazov na rotáciu okolo osí

Kvaternión

- nekomutatívne rozšírenie oboru komplexných čísel
- usporiadaná štvorica reálnych čísel so špeciálne určenými operáciami sčítania a násobenia

$$q = \left[\cos \frac{\theta}{2}, \sin \frac{\theta}{2} \vec{n} \right] = \left[\cos \frac{\theta}{2}, \sin \frac{\theta}{2} n_x, \sin \frac{\theta}{2} n_y, \sin \frac{\theta}{2} n_z \right]$$



Aplikácia

- trojdimenzionálne vykresľovanie L-systémov
- otáčanie modelu rastliny
- deterministické, zátvorkové, kontextové, stochastické a parametrické systémy
- webová aplikácia
žiadna inštalácia, dostupnosť, aktuálnosť

Aplikácia



Preset:

Axióma:

Uhol odchýlky (0-360°):

Konštanty:

Krok

Iterácie:

Prepisovacie pravidlá:

Pravidlo 1:

Pravidlo 2:

Pravidlo 3:

Pravidlo 4:

Pravidlo 5:

Kresli len kostru

```
^^^^B^^^^^^^^^^B^^^^^^^^^^^^^^B^^^^^^^^^^^^^^  
^^^^^^B^^^^^^^^^^^^^^B[+^^^^^^^^^^^^^^B^^^^^^B  
[--C] [++C] [\C]  
[//C] [+^^^^^^^^^^B^^^^^^^^^^B[--C] [++C] [\C]  
[//C] [+^^^^^^B^^^^^^B[--C] [++C] [\C]  
[//C] [+^^^^^^B^^^^^^B[--C] [++C] [\C]  
[//C] [++BB[--C] [++C] [\C]  
[//C]A] &&&&&+BBB [--C] [++C] [\C]  
[//C]A] &&&&&+^^^^^BB^^^^^B [--C] [++C] [\C]  
[//C] [++BB [--C] [++C] [\C]
```

Počet iterácií: 5. Doba generovania: 3342 ms

Aplikácia

- Načítanie vstupných údajov potrebných pre spracovanie L-systému
- Vykonanie daného počtu iterácií
- Grafická interpretácia jednotlivých symbolov
- Renderovanie modelu

Aplikácia

- *Symbol*

- znak
- parametre
- funkcie

- *Rule*

- ľavá strana
- pravá strana
- parametre

Aplikácia pravidla:

- Symbol v ľavej strane pravidla sa musí zhodovať s prepisovaným symbolom.
- Kontext musí byť dodržaný.
- Podmienka musí byť splnená.

Aplikácia

Stav korytnačky – kvaternión (súčasť knižnice Three.js)

- pohyb korytnačky sa ukladá ako zoznam jej stavov, vetvenie pomocou dvojrozmerného poľa
- renderovanie modelu – Tube geometry (Three.js)

Aplikácia

- V závere práce prakticky odprezentované princípy pre vytvorenie modelu základných typov vetvenia – modopodiálneho a sympodiálneho.

Počet iterácií: 13

Axióma: EEEA

Uhol: 4°

Konštanty:

Prepisovacie pravidlá:

A = [+++++++EC]B^/+B
[-----ED]B+BA

C = [-----EE][+++++++EE]B\+C

D = [-----EE][+++++++EE]B\ -D



Aplikácia

- V závere práce prakticky odprezentované princípy pre vytvorenie modelu základných typov vetvenia – modopodiálneho a sympodiálneho.

Počet iterácií: 6 Axióma: BBBBBBBA

Uhol: 18° Konštanty:

Prepisovacie pravidlá:

A = [++BB[-C][++C][\C][//C]A]&&&&&
+BBB[-C][++C][\C][//C]A

B = ^^^^B

B = B



Záver

- Jednoduchá aplikácia na generovanie modelov rastlín pomocou L-systémov na základe formálnej gramatiky.
- Vykresľovanie deterministických, zátvorkových, kontextových a stochastických L-systémov. Do určitej miery tiež parametrické L-systémy.
- Používateľ si môže vyskúšať vytvoriť vlastné modely na základe teoretických poznatkov.
- Do budúcnosti by bola užitočná možnosť ukladať/načítavať pravidlá a tiež vykresľovanie napr. kvetov či listov.

Ďakujem za pozornosť!

Diskusia

Parametrické L-systémy

- využitie pri simulácii rastu alebo toku živín

Axióma: $A(0)$

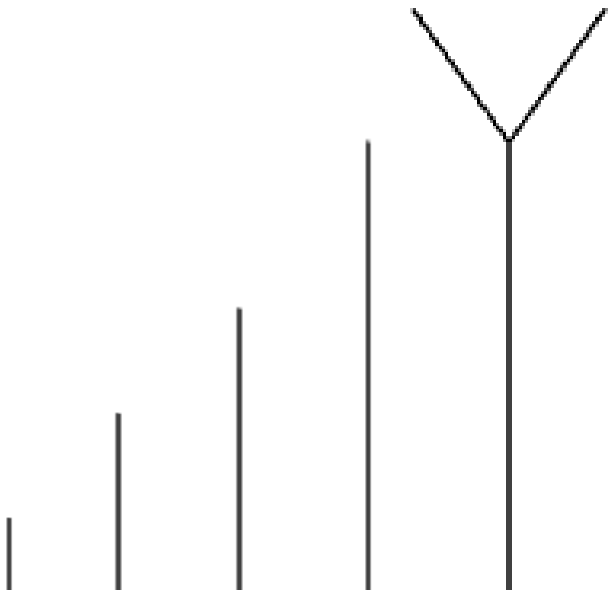
Uhol: 18°

Prepisovacie pravidlá:

$A(x) = AA(x+1)$

$A(x): x == 3 = [++A(0)][--A(0)]$

1. $AA(1)$
2. $AAA(2)$
3. $AAAA(3)$
4. $AAA[++A(0)][--A(0)]$



Diskusia

Uved'te prosím príklad, ako je možné pomocou kvaterniónov otočiť bod so súradnicami (1, 1, 1) okolo priamky ležiacej na osi x.

$$r = 1i + 1j + 1k$$

$$\operatorname{Re}(q) = \cos \alpha/2$$

$$\operatorname{Im}(q) = i$$

$$q = \cos \frac{\alpha}{2} + i \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$q^{-1} = \cos \frac{\alpha}{2} - i \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\mathbf{r}' = \mathbf{q} \mathbf{r} \mathbf{q}^{-1}$$

Diskusia

Uved'te prosím príklad, ako je možné pomocou kvaterniónov otočiť bod zo súradnicami (1, 1, 1) okolo priamky ležiacej na osi x.

$$r' = qrq^{-1} = (\cos \alpha/2 + i \sin \alpha/2)(i + j + k)(\cos \alpha/2 - i \sin \alpha/2)$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}i\right)(i + j + k)\left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}i\right) &= \left(-\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2i} + \sqrt{2}k\right)\left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}i\right) = \\ &= (0 + 1i - 1j + 1k) \end{aligned}$$

Otočený bod bude mať súradnice (1, -1, 1).

Diskusia

Všetky obrázky, pri ktorých je uvedená gramatika, ktorou boli vygenerované, boli vytvorené mnou v naprogramovanej aplikácii.

Renderovanie pomocou TubeGeometry – neumožňuje meniť polomer vykresľovaného valca.