# Engine pro renderování a procedurální generování voxelových světů

## Modelování rostlin s využitím L-systému

TODO: dopsat obecný úvod proč se L-systémy využívají

<http://pcgbook.com/wp-content/uploads/chapter05.pdf>

### L-systém

L-systém nebo také Lindenmayerův systém je paralelní přepisovací systém vyvinutý maďarským teoretickým biologem a botanistou Aristidem Lindenmayerem v roce 1968. L-systém je typ formální gramatiky skládající se z abecedy, přepisovacích pravidel a počátečního axiomu. Pomocí postupného derivování počátečního axiomu je možné simulovat vývoj rostliny v čase.

### Interpretace řetězců pomocí želvy

Řetězce lze graficky reprezentovat pomocí želvy, konsumující symboly abecedy. Každý symbol určuje akci, kterou má želva vykonat. Želva se může pohybovat ve 2D nebo 3D prostoru. Ve 2D si můžeme interpretaci představit jako želvu, držící tužku, pohybující se po papíře.

[1.3 Turtle interpretation of strings http://algorithmicbotany.org/papers/abop/abop-ch1.pdf]

Želvu lze reprezentovat jako trojici (x, y, α), kde (x, y) představuje kartézské souřadnice reprezentující polohu v prostoru a α úhel kam želva směřuje. Zadáním délky kroku *d* a změny úhlu δ lze želvu ovládat pomocí následujících symbolů.

* F – Posun dopředu o délku *d*. Stav želvy se změní na (x’, y‘, α), kde x = x + d cos α and y = y + d sin α. Mezi body (x, y) a (x’, y‘) je nakreslena čára.
* + -- Rotace doleva o úhel δ. Nový stav želvy (x, y, α + δ).
* - -- Rotace doprava o úhel δ. Nový stav želvy (x, y, α - δ)

Nechť je definován následující L-systém. Buď ω počáteční axiom, *p* přepisovací pravidlo, δ = 90° a *d* zmenšené čtyřnásobně pro každý obrázek.

ω: F − F − F − F

p: F → F − F + F + F F − F − F + F

Obrázky jsou vygenerovány derivacemi o délce 0–3. Želva interpretující daný L-systém generuje kvadratické Kochovy ostrovy.

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

[https://www.researchgate.net/figure/Quadratic-Koch-Island-by-L-System-a-n0-b-n1-c-n2-d-n3-Example-1-Let-us\_fig2\_258652653]

### Implementace v enginu

Třída *Turtle* rozšiřuje pohyb želvy do 3D prostoru. Vnitřní stav želvy určují čtyři atributy

* Pozice v prostoru
* Velikost bloku vytvořeného želvou
* Yaw – rotace podle osy y
* Pitch – rotace podle osy x

Abeceda je rozšířena o následující symboly.

* U -