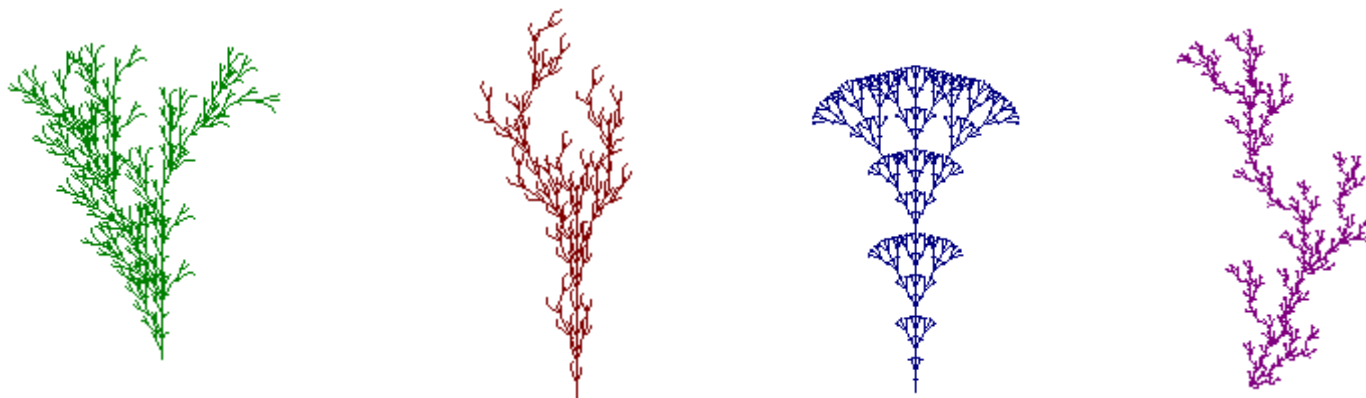


# Genetikus algoritmusok az L- rendszeren alapuló növénymodellezésben



---

# Motiváció:

## **Procedurális modellek a növénymodellezésben:**

- sok tervezési munka
- a felhasználónak ismerni kell az eljárás részleteit
- kevés ellenőrzés az eredmény felett

## **Megoldás lehet a biológiai evolúció szimulációja:**

- növények esetében kézenfekvő analógia
- komplex objektumok hozhatók létre és vizsgálhatók
- a felhasználónak nem kell ismerni az eljárás részleteit
- részleges ellenőrzés az eredmény felett

## **Első kísérletek:**

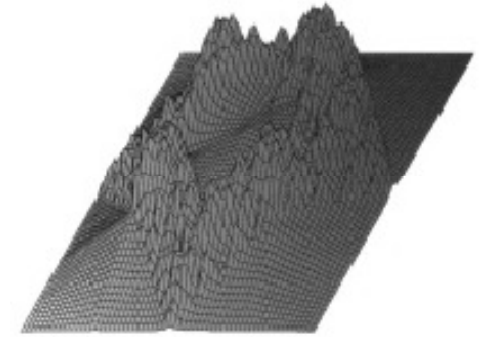
Karl J. Niklas botanikus: korai szárazföldi növények elágazási struktúráinak evolúciós szimulációja

---

# Lindenmayer-rendszerek

Aristid Lindenmayer biológus (1968)  
matematikai formalizmus a biológiai fejlődés leírására  
széleskörű alkalmazás a számítógépes grafikában:

- növények és egyéb elágazó struktúrák (folyók, véredényrendszer)
- fraktálgörbék modellezése
- terepmodellezés
- geometriai modellezés (pl. épületek)
- animációk
- ornamentikák (könyv- és weboldaldíszítések)



## Újraíró (helyettesítési) rendszerek (rewriting systems):

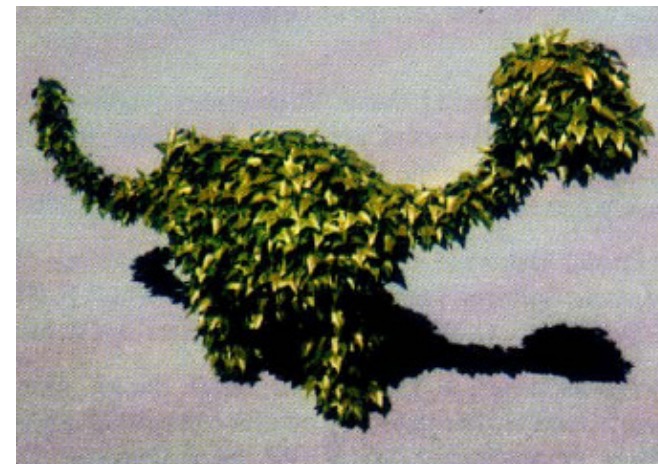
- Bonyolult objektumok leírása:
  - kiindulás egy egyszerű objektumból (axióma)
  - újraírási szabályok (produkciók) alapján az objektum egyes részeinek kicserélése (rekurzív)
- többnyire karakterláncokon dolgoznak

### Legismertebb példa:

- Chomsky-nyelvtanok

### L-rendszerek vs. Chomsky nyelvtenok:

- Chomsky-nyelvtanok: lépésenként szekvenciálisan egy jel kicserélése
- L-rendszerek: párhuzamosan minden karakter cseréje
  - ⇒ Biológiai folyamatok: pl. többsejtűek sejtjeinek egyidejű osztódása



## Példák az L-rendszerek típusaira:

- **Környezetfüggetlen:** produkciós szabályok mindig egy szimbólumra
- **Környezetfüggő:** produkciós szabályok alkalmazása csak akkor, ha a szimbólum megfelelő szomszédok között helyezkedik el
- **Determinisztikus:** minden szimbólumhoz pontosan egy helyettesítési szabály
- **Sztokhasztikus:** szimbólumként több produkció, választás valószínűség alapján

## D0L-rendszerek

Az L-rendszerek legegyszerűbb osztályai: determinisztikusak és környezetfüggetlenek

## Példa (Prusinkiewicz és Lindenmayer):

- ábécé:  $\Sigma = \{a, b\}$
- helyettesítési szabályok:  $a \rightarrow ab$  és  $b \rightarrow a$ .
- axióma:  $b$

Az első öt levezetés karakterláncai:

$b$   
|  
 $a$   
\_ |  
 $a b$   
\_ / |  
 $a b a$   
\_ / / | \_  
 $a b a a b$   
\_ | / \_ | / \_ \\_  
 $a b a a b a b a$

## Ochoa modellje:

- zárójelezett D0L-rendszerekkel ír le virtuális élőlényeket
- kromoszóma létrehozása egyetlen helyettesítési szabályból álló D0L-rendszerrel
  - axiómája az F szimbólum, pl.:  $F[-F]F[+F][F]$

## Genetikus műveletek

Gondos megfogalmazást igényelnek, mert:

a kromoszómák szintaxisa meghatározott (L-rendszerek formalizmusa),

az utódok érvényes szintaxisát biztosítani kell

### A modellben háromféle művelet:

**Keresztezés:** Koza genetikus programozásában LISP részfák, itt az L-rendszerbeli bezárójelezett rész-karakterláncokat cseréljük ki egymással.

Legyenek például a szülők a következők:

$F[-FF]+[FFF]-FF[-F-F]$  és  $F[+F]+[-F-F]-FF[+F][-F][F]$

# Eredmény:

Szülők:

Utódok:



$F[-FF]+[FFF]-FF[-F-F]$



$F[+F]+[-F-F]-FF[+F][-F][F]$



$F[-FF]+[FFF]-FF[+F]$



$F[+F]+[-F-F]-FF[-F-F][-F][F]$

---

**Mutáció:** véletlen változatok a populációban, a kromoszóma jól lehatárolt részein dolgoznak

- **Szimbólum mutáció:** a kromoszóma valamely véletlenszerűen kiválasztott, az  $\{F; +; -\}$  halmazból származó szimbólumát cseréljük ki egy véletlenszerű, de szintaktikailag helyes karakterláncra.
  - **Blokk mutáció:** a kromoszóma véletlenszerűen kiválasztott blokkját cseréljük ki egy véletlenszerű, de szintaktikailag helyes karakterláncra.
-



# Eredmény:

## Szimbólum mutáció



$F[+F][+F-F-F]-FF[-F-F]$

Szülő



$F[+F][+F-F-F]-F[-F][-F-F]$

Utód

## Blokk mutáció



$FF[+FF][-F+F][FFF]F$

Szülő



$FF[+FF][-F+F][-F]F$

Utód

# A rátermettségi függvény

- nehéz a szimulált objektum esztétikai / funkcionális sikerét automatizáltan mérni
- a génekre viszonylag könnyű megfogalmazni szelekciós képletet, de
- a természetes kiválasztódás nem közvetlenül a génekre, hanem a fenotípusra hat
- az emberi szem könnyen felismeri és kiválasztja az alkalmas fenotípusokat
- a fenotípus mintázatok közvetlenül kiválasztó program írása kihívás
- ⇒ a gyakorlatban legtöbbször az emberi érzékelésre hagyatkoznak, mint szelekciós tényezőre, ami a fejlődést a kívánt irányba viszi

## Rátermettségi függvény:

Alapja a fénygyűjtési képesség és a stabilitás, összetevői:

- ❑ fototropizmus
- ❑ kétoldali szimmetria
- ❑ fény begyűjtési képesség
- ❑ szerkezeti stabilitás
- ❑ elágazási pontok aránya

## Finombeállítás súlyozással:

- a végső rátermettségi függvényben súlyokat használnak:

$$W_a, W_b, W_c, W_d, W_e$$

- a rátermetség az alábbi képlet segítségével számítható:

$$aw_a + bw_b + cw_c + dw_d + ew_e$$

$$F(\text{fenotípus}) = \frac{aw_a + bw_b + cw_c + dw_d + ew_e}{W_a + W_b + W_c + W_d + W_e}$$

- a rátermettségi függvény közelebb visz a fenotipikus jellemzők automatikus szelekciójához, de az emberi közreműködést nem zárták ki teljesen:

⇒ a súlyok értékeit a felhasználó adja meg

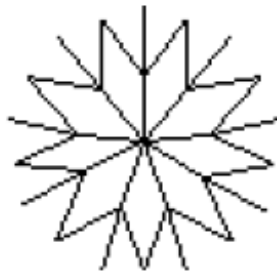
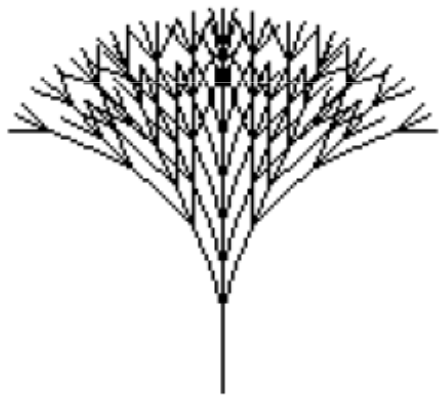
---

## Szimulációs eredmények:

- kiindulás egy véletlenszerűen generált populációból
  - a genetikus algoritmus paraméterei:
    - Populáció mérete = 50
    - Generációk száma = 100
    - Generációs rés (lecserélt egyedek aránya) = 20%
    - Kromoszómahossz intervallum = 7 és 30 között
  - A rátermettségi függvény súlyozásának változtatása igen különböző növényyszerű struktúrákat eredményez:
-

---

$$w_a = 50, w_b = 50, w_c = 50, w_d = 50, w_e = 50$$



---

$$w_a = 100, w_b = 90, w_c = 40, w_d = 20, w_e = 30$$

