

Frankenstix

3D model umělého života

Martina Práznovská

Milan Skuhra

23. 03. 2006

Framesticks

- Autori: Maciej Komosinski a Szymon Ulatowski
- Technická univerzita Poznaň, Poľsko
- Univerzálny nástroj na modelovanie, simuláciu, optimalizáciu a vývoj troj-dimenzionálnych “bytosť” (tvorov)
- Vyvinutý s víziou slúžiť na výskum a vzdelávanie, ktoré by bolo lákavé pre užívateľov
- Pokúša sa prezentovať informácie jasným a užívateľsky priateľským spôsobom pre pochopenie niektorých životných javov

Využitie

- Simulácia 3D agentov má praktické využitie. Ak je simulácia dostatočne výstižná, tak na základe simulácie môžu byť zostrojení roboti
- Agenti môžu byť navrhovaní, testovaní a optimalizovaní vo virtuálnom prostredí
- Najlepší z nich môže byť zostrojený ako reálny robot spolu s riadiacim systémom
- Takýmto spôsobom môžu byť algoritmy umelej inteligencie začlenené do 3D mechanických štruktúr
- Prvé známejšie simulácie 3D života boli virtuálne bytosti Karla Simsa (1994)
- Framesticks je určený na experimenty evolúcie s “otvoreným koncom“

Framsticks aplikácie

Framsticks GUI – vizuálne prezentuje simulované bytosti, genotypy a virtuálne svety v interakcii s užívateľom

Framsticks GLI – používa rozhranie príkazového riadku

Framsticks Viewer – slúži na zobrazovanie stvorení a ich genotypov špecifikovaných užívateľom

Framsticks Theater – simulátor s jednoduchým menu a preddefinovanými ukážkami

Framsticks Editor (FRED) – jednoduchý grafický editor, umožňuje navrhovať bytosti aj bez znalostí genetického kódovania

Framsticks Server and Framsticks Client

Evolučný proces vo Framsticks

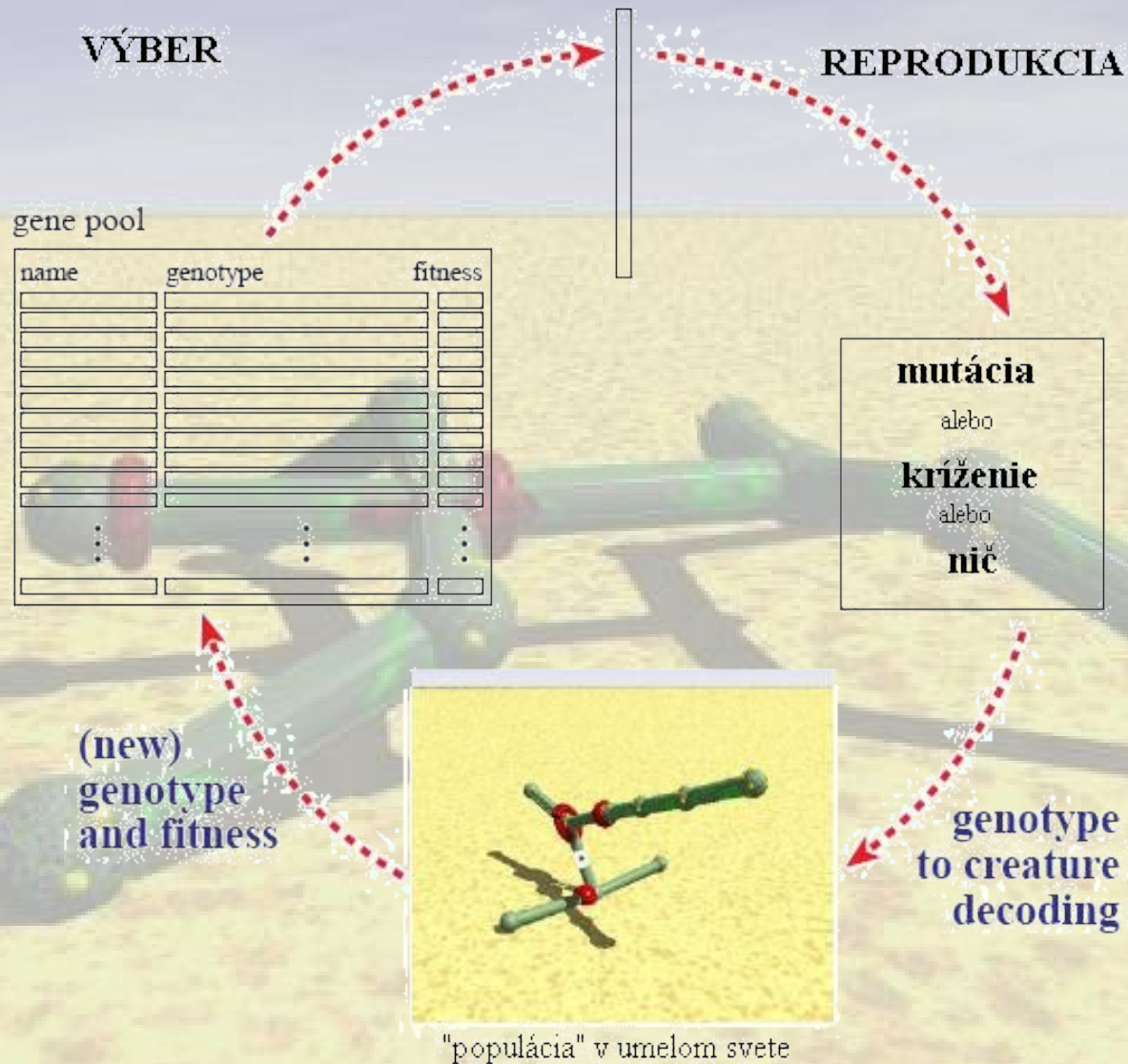
Gene pool = Genofond – veľký počet (100 a viac) genotypov spolu s ich fitness, každý genotyp má svoje meno

Výber – z genofondu sú vyberané genotypy za účelom ich spracovávania a testovania. Výber sa uskutočňuje náhodne, ruletou alebo turnajom

Genetický operátor – Framsticks aplikuje náhodne jeden genetický operátor na vybrané genotypy. Môže byť nastavená pravdepodobnosť koľko genotypov bude mutovať, krížiť sa alebo zostane nezmenených

Simulácia umelého sveta – výsledný genotyp je potom zakóduje do bytosti, ktorá je umiestnená do virtuálneho sveta – stáva sa súčasťou populácie. Počas života sa merajú parametre bytosti, ak v genofonde neexistuje genotyp novovytvorenej bytosti, genotyp sa do genofondu zapíše ako nový riadok

Implementácia evolučného procesu vo Framsticks



Úlohy pri každom opakovaní

- Pri simulácii evolučného procesu sú potrebné 2 parametre. N – maximálny počet genotypov, n – maximálny počet súčasne simulovaných bytostí
- $N > n$
- Ak je to nutné, vytvoriť nový organizmus vo virtuálnom svete. (závisí od hodnoty premennej n “Simulované bytosti”)
- Vypočítať nasledujúci krok v 3D simulovanom svete (svaly a neuróny: nové pozície, sily, výsledok, atď.)
- Vypočítať tok energie (príliv, odber)
- Ak sa niektoré jedince ocitnú bez energie, “zabi ich” a aktualizuj ich zdravie – stav v zozname genotypov

Framesticks - bytosti

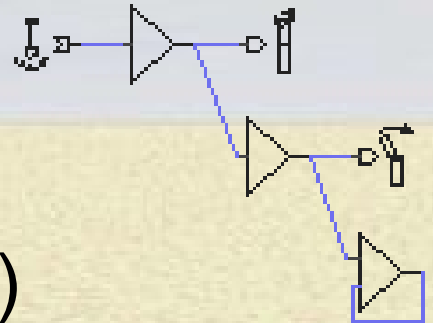
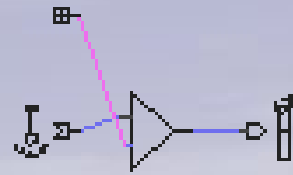
Umelé bytosti sa skladajú z tela a mozgu

Telo - zložené z častí – tyčiniek, ktoré sú pospájané ohybnými kĺbmi
vlastnosti častí tela – poloha, orientácia, váha, odpor, alebo iné voliteľné - ako schopnosť prijímať potravu, pevnosť kĺbov pri náraze, atď.

Mozok - skladá sa z neurónov a ich spojení (jednotky na spracovanie signálu, receptory a efektory)

Dva typy evolúcie: spontánna a riadená

Mozog



- Skladá sa z neurónov (neurónová sieť)
- Dôležitý aspekt neurónovej siete je jej interakcia s virtuálnym svetom
- Neuróny môžu riadiť svaly (efektory) a prijímať informácie z receptorov
- Sú tu tri druhy receptorov: orientácia v priestore, detekcia energie – jedla a detekcia fyzického kontaktu

Neurónová sieť

Neuróny vo Framsticks sú podobné neurónom široko používaným v strojovom učení

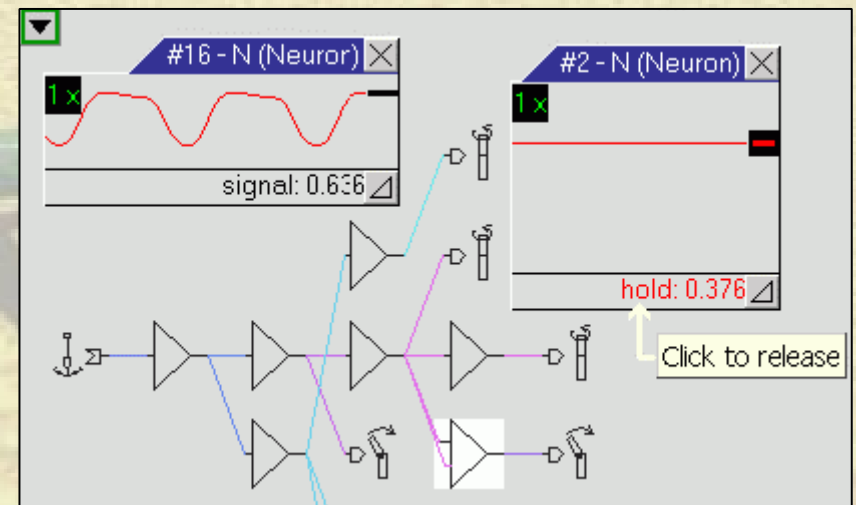
Je možné zostrojiť komplexné moduly (integrácia, diferenciácia, sčítavanie, odčítanie a generovanie s generátormi rôznych tvarov) z jednoduchých neurónov.

Vlastnosti neurónu môžu byť menené tromi špeciálnymi parametrami (všetky pod kontrolou evolúcie) – sila, zotrvačnosť a esovitost' (sigmoid)

Tieto parametre určujú spôsob spracovania neurónového signálu

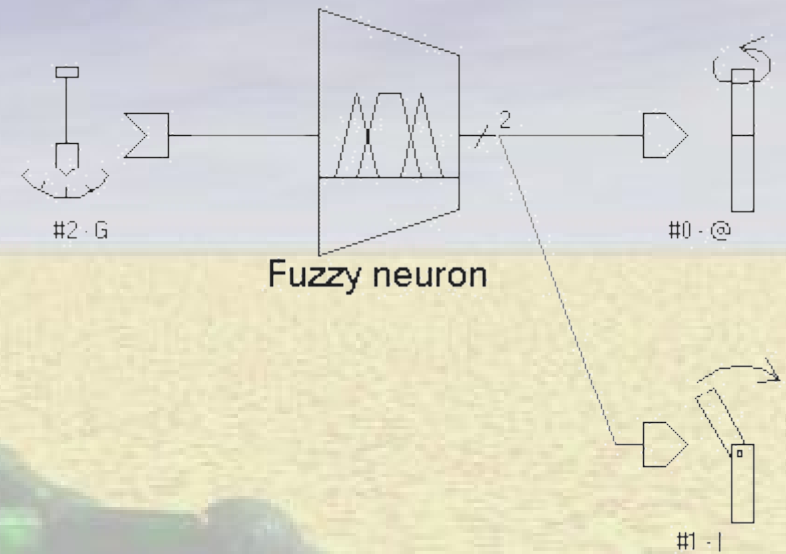
Neuróny

- Niektoré preddefinované neuróny:
- N – štandardný neurón
- Sin – sínusový generátor s frekvenciou riadenou na vstupe
- Rnd – random noise neuron
- Thr – thresholding neuron
- Delay – delaying neuron
- D – Differentiating neuron
- Trojuholníky reprezentujú štandardný neurón, na vstupe (vľavo) vidíme receptory, na výstupe (vpravo) radiče svalov




Evolučné správanie – fuzzy riadenie

- Ďalším typom neurónu vo Framsticks je fuzzy neurón
- Nie je to klasický neurón, ale zabezpečuje transformáciu vstupného signálu na výstupný
- Vo vnútri nie je klasická sínusová funkcia ale kompletný fuzzy systém s bázou pravidiel
- Fuzzy neurón môže byť spojený s ostatnými neurónmi, receptormi a svalmi
- Aplikácia riadenia fuzzy neurónmi vo Framsticks je úspešná, pretože fitness vyvinutého správania bolo porovnateľné s heterogénnymi radičmi neurónových sietí

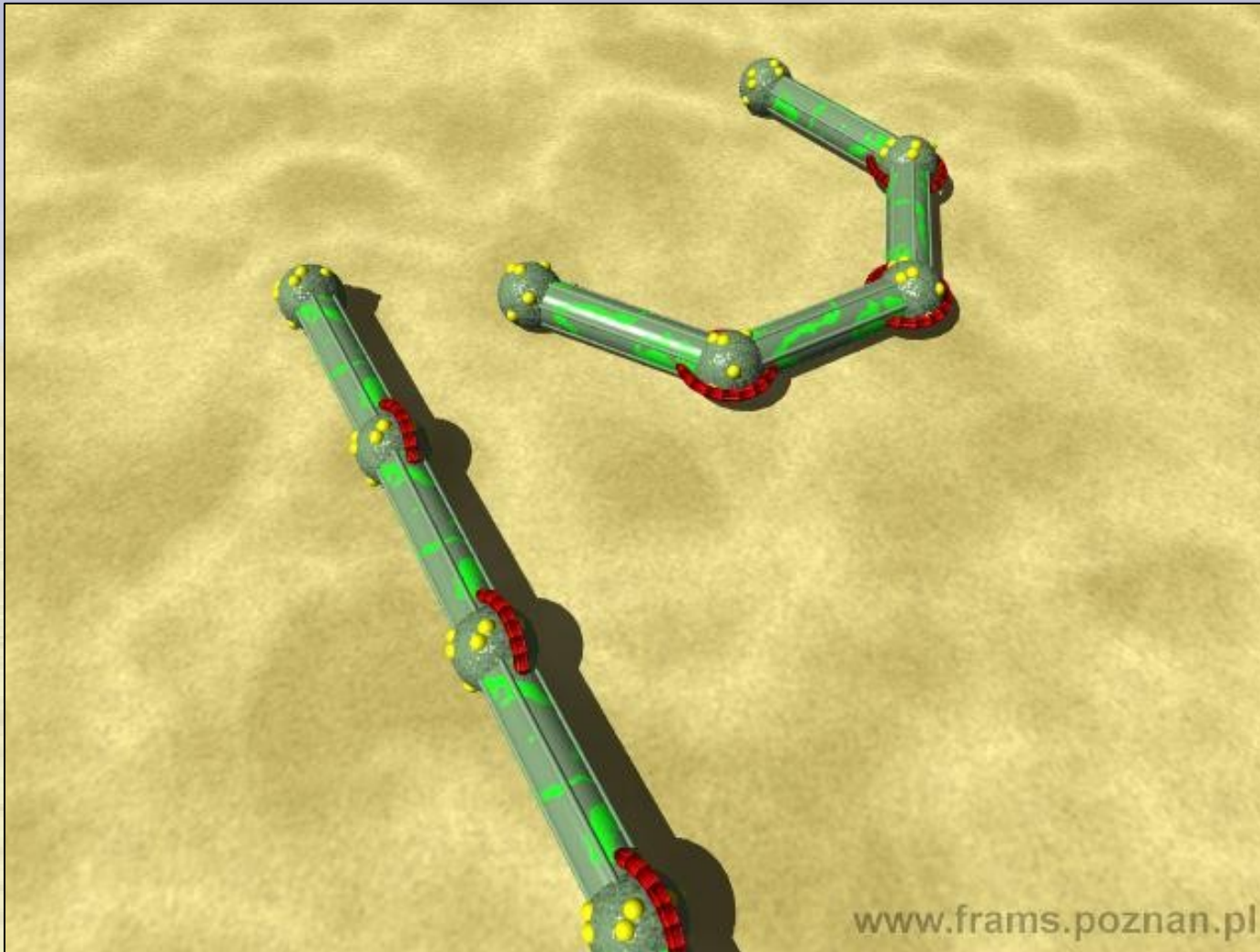


Predpoklady modelu

- Jedna skupina súvislých segmentov zostavuje samostatný organizmus, ktorý žije ihneď po jeho umiestnení do simulátora
 - **Valcovité segmenty**: môžu mať rôzne funkcie podľa jeho genetického zloženia. Môžu:
 - byť segmentom
 - byť receptorom
 - posielat' a spracovávať signály (časť mozgu)
 - mať svaly a pohybovať sa
 - prijímať energiu
- 

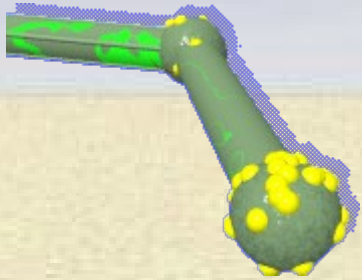
Moduly simulátora

- **Fyzikálna simulácia** – vzájomné pôsobenie organizmov s virtuálnym svetom. Analyzuje sily, ktoré ovplyvňujú každý segment a vypočítava novú pozíciu.
- **Neuróny** – dráždenie neurónov, zbieranie dát z receptorov a posielanie signálov do svalov
- **Energia** – príjem a strata energie. Jedince prijímajú energiu jedením a strácajú prácou so svalmi a neurónmi. Keď vyčerpajú všetku energiu, zomierajú.
- **Reprodukcia** – genetický algoritmus. Tvorba nových jedincov (mutáciou a krížením). Fitness rôznych parametrov (priemerná rýchlosť, dĺžka života)

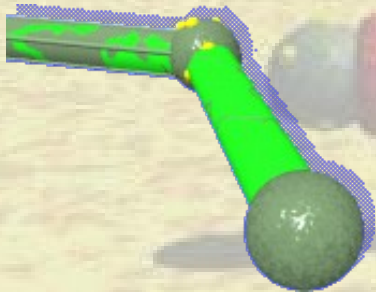


Jedinci sú zostavený zo skupiny spojených segmentov (tyčiniek = sticks). Svaly (červené) sú riadené nervovo, slúžia na ohýbanie alebo rotáciu

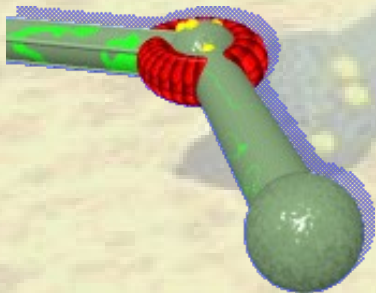
Biologické vlastnosti segmentov



Segment slúžiaci na **príjem potravy**. Má schopnosť vyrábať energiu zo stravy: guľôčok energie a mŕtvych organizmov.



Segment slúžiaci na **asimiláciu fotosyntézy**, zvislý segment môže asimilovať dvakrát viac než horizontálny



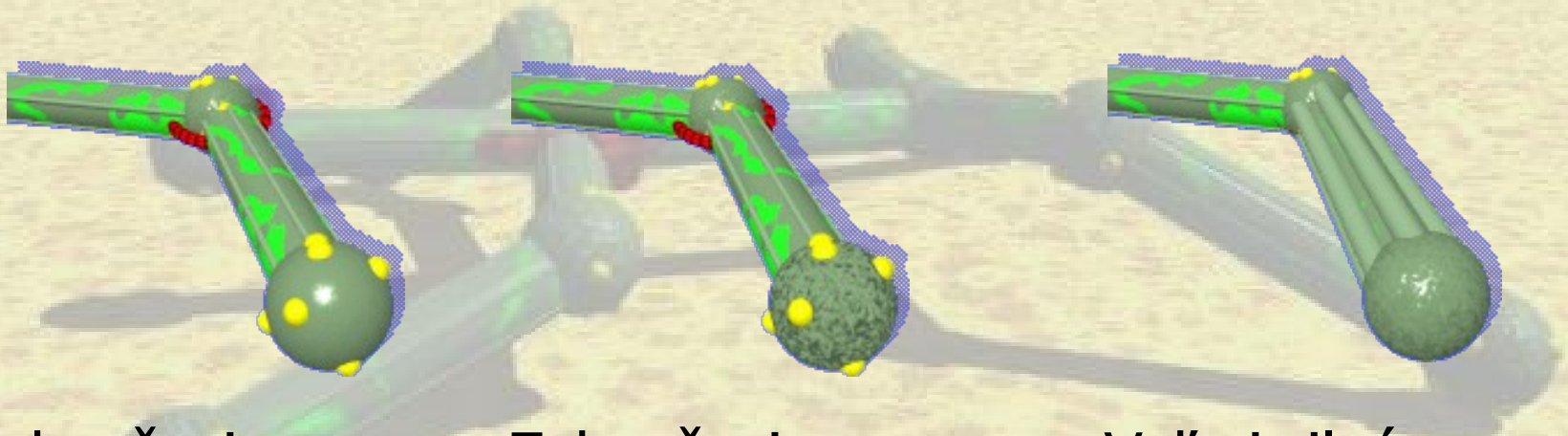
Sila svalov. Pôsobia veľkou intenzitou, zvyšujú rýchlosť-frekvenciu, odolávajú veľkému tlaku a spotrebúvajú veľa energie

iné vlastnosti: úroveň vitality, počiatočná energia

Fyzikálne vlastnosti segmentov

dĺžka, váha, trenie (posúvanie a lezenie)

kĺbové spojenie: rotácia, zakrivenie, otočenie



Zakončenie
segmentu nízkym
odporom(kízavé)

Zakončenie
segmentu s
vysokým odporom
(za účelom chôdze)

Veľmi silný
segment (slúži pri
náraze)

Receptory a senzory

3 typy senzorov: rovnováha(G), čuch (S), hmat (T)



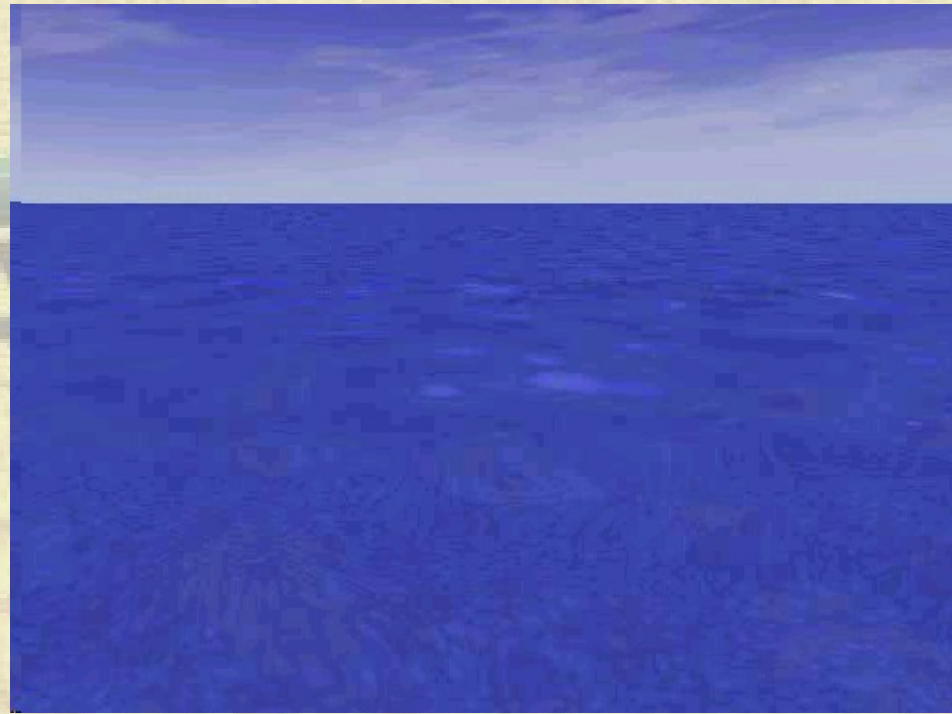
Gyroskop:
orientácia v
priestore a cit pre
rovnováhu

Čuch: hľadanie,
detekcia zdrojov
potravy a energie

Hmat: detekcia
fyzického
kontaktu

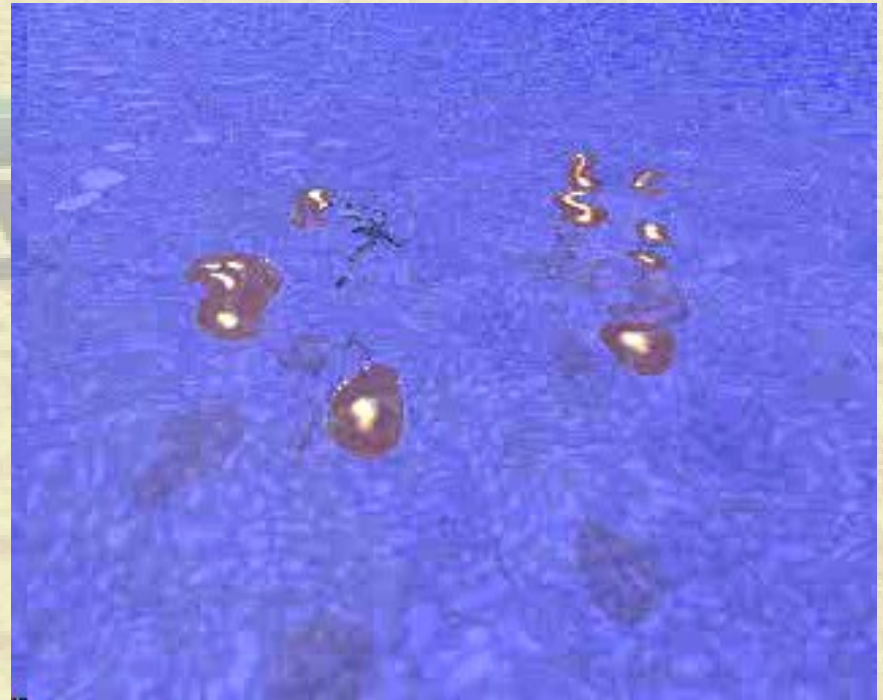
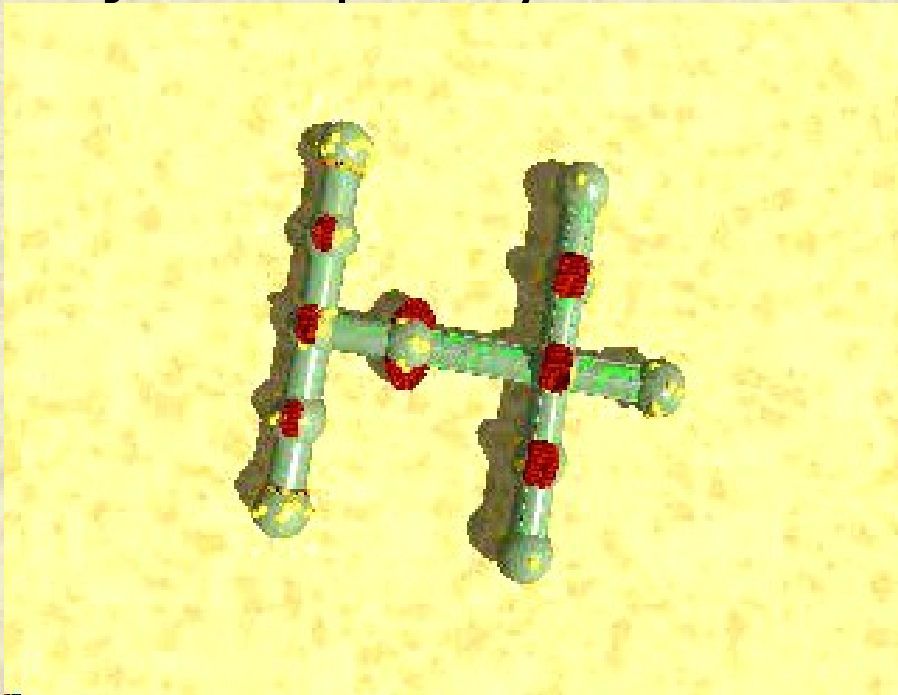
Simulované experimenty

Priama evolúcia: fitness je definovaná ako rýchlosť jedinca (na suchu alebo vo vode)



Iné experimenty

Zdokonalovanie pri evolúcii preddefinovaných štruktúr. Pre použitie napríklad – evolúcia riadiaceho systému, preddefinovanej morfológie. Za účelom prežitia je potrebné nájsť viac potravy.



Genetické reprezentácie

- Sú založené na symboloch. Rôzne možnosti
- Kombinuje spája telo a mozog v tom istom genotype
- V tejto morfológii je telo (tvorené zo segmentov) a riadenie (tvorené z neurónov) vyvíjané v rovnakom čase
- Hovorí o “kódovaní priamou rekurziou”

Priame rekurentné kódovanie

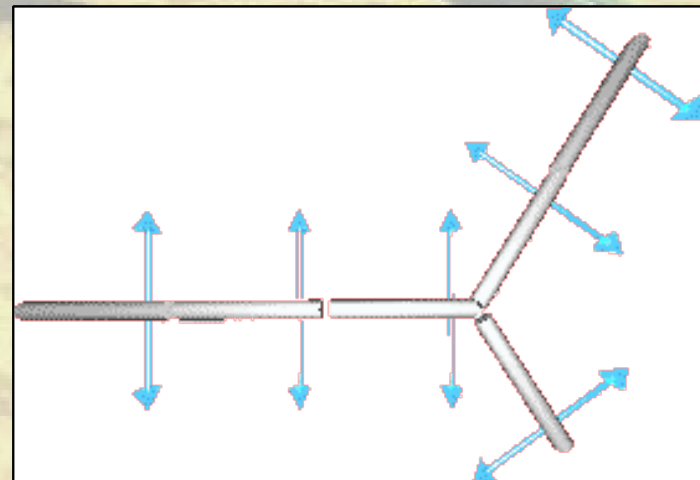
X - segment, () – vetvenie

Štruktúra je zostavené ako strom. Nový segment sa pripája na koniec predchádzajúceho. Napríklad:

$X(X,X)$ – dva segmenty sú časťou toho istého koreňa

$X(X,X,X)$ – tri segmenty sú časťou toho istého koreňa, atď.

$XXX(X,XX)$



Modifikátory bytostí

- Je možné vkladať modifikátory pred segmenty X a () zátvorky. Vplývajú na nasledujúci segment X a zvyčajne vždy menej a na ďalšie segmenty X.
- Modifikátory pôsobia na pozíciu segmentu a jeho charakteristiky
- Môžete použiť veľké alebo malé písmená. The veľké písmená zvyšujú kvalitu a malé písmená ju znižujú.
- Modifikátory: **Rr, Qq, Cc, Ll, Ww, Ff, Aa, Ss, Mm, Ii, Ee**

Modifikátor fyzikálnych možností

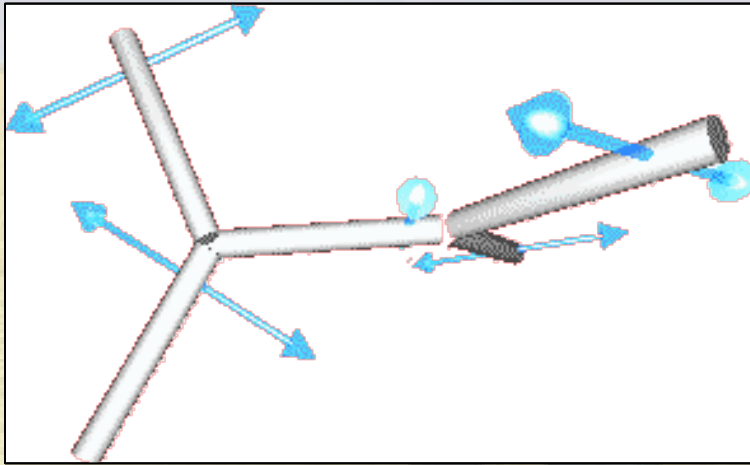
Možnosti otáčania

F	Rotácia (o 45°) – táto modifikátor nepôsobí na ďalšie segmenty
C	Krútenie
C	Zakrivenie

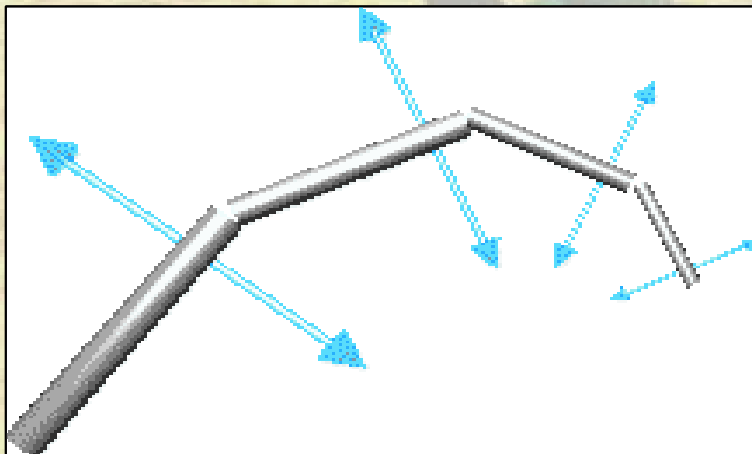
Fyzikálne vlastnosti

L	Dĺžka
W	váha (vo vode pláva ľahký segment na povrchu)
F	Trenie, odpor (ako sa segmenty pohybujú po povrchu)

Príklady morfológií



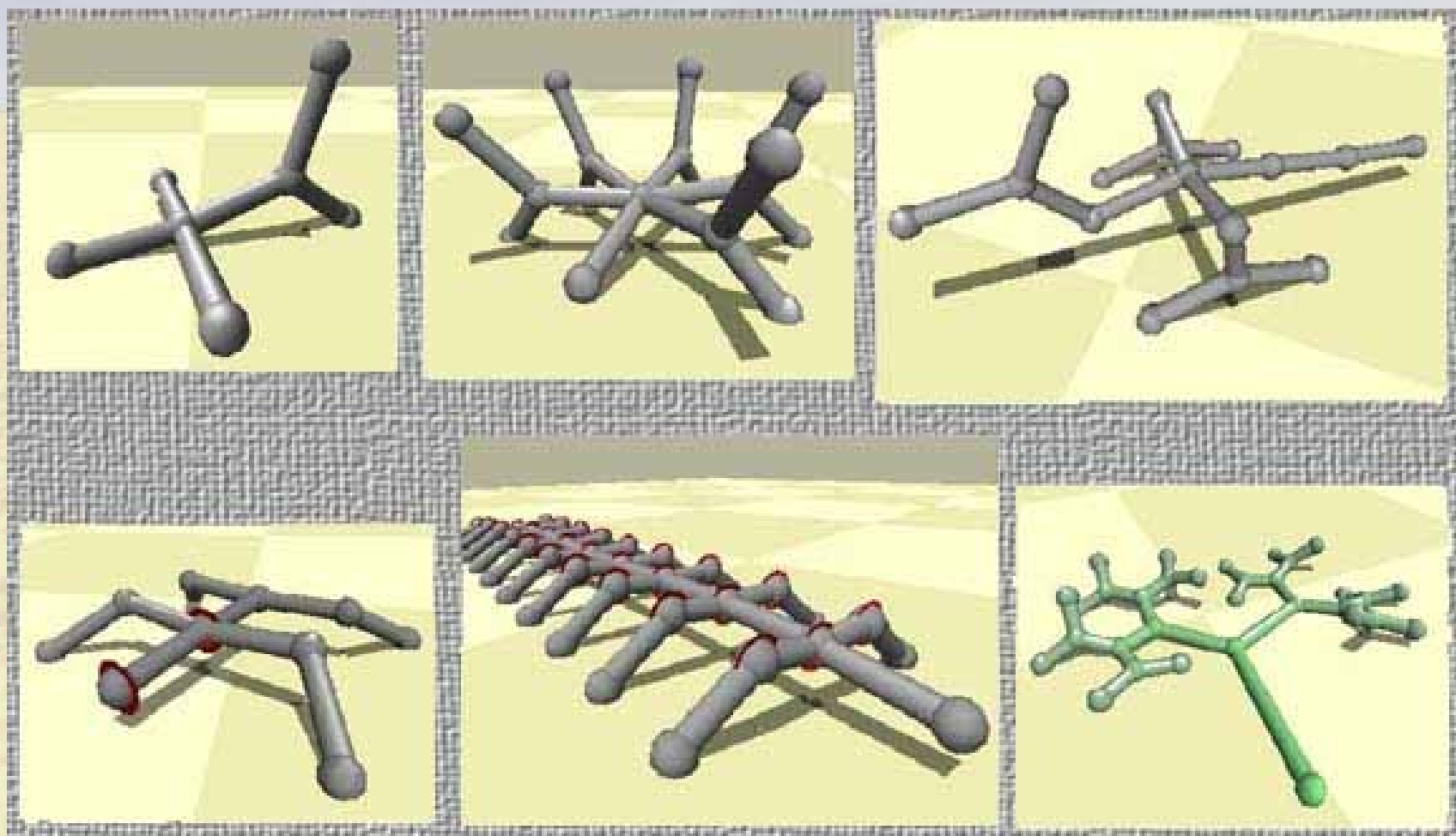
X(X,RRX(X,X))



XICXICXICX



Ostatné štruktúry



Modifikátory biologických vlastností

A	Asimilácia = fotosyntéza (jeden vertikálny segment môže asimilovať dvakrát viac než horizontálny)
S	Stamina = vitalita (zvyšuje schopnosť prežiť boj)
M	Muscle force = sila svalov (silné svaly pracujú s väčšou silou, dosahujú vyššiu rýchlosť, môžu viac odolávať a využívajú veľa energie)
I	Ingestion = prijímanie potravy (schopnosť prijať energiu z jedla - guľôčok energie a mŕtvych tiel)
E	Energia. Počiatočná energia jedinca môže byť vysoká alebo nízka, záleží na použití 'E' alebo 'e'

Regulátor (mozog)

- Neuróny sú umiestnené v hranatých zátvorkách [] a následne v segmentoch Xs
- Vstupy do neurónov môžu prichádzať z rôznych zdrojov - receptorov alebo iných existujúcich neurónov. Vstup do neurónov môže mať konštantnú hodnotu.
- Neuróny riadia rotáciu a ohyb každého segmentu ktorému prislúchajú
- Syntax: [control input : váha , input : váha , input...]
control: @ (rotácia) alebo | (ohyb) alebo nič
input: vypočíta číslo alebo niečo zo vstupov najmä neurón
{* - konštantná hodnota, Receptory: G , T , S }

Príklady regulátorov

X[@-1:2,1:3]

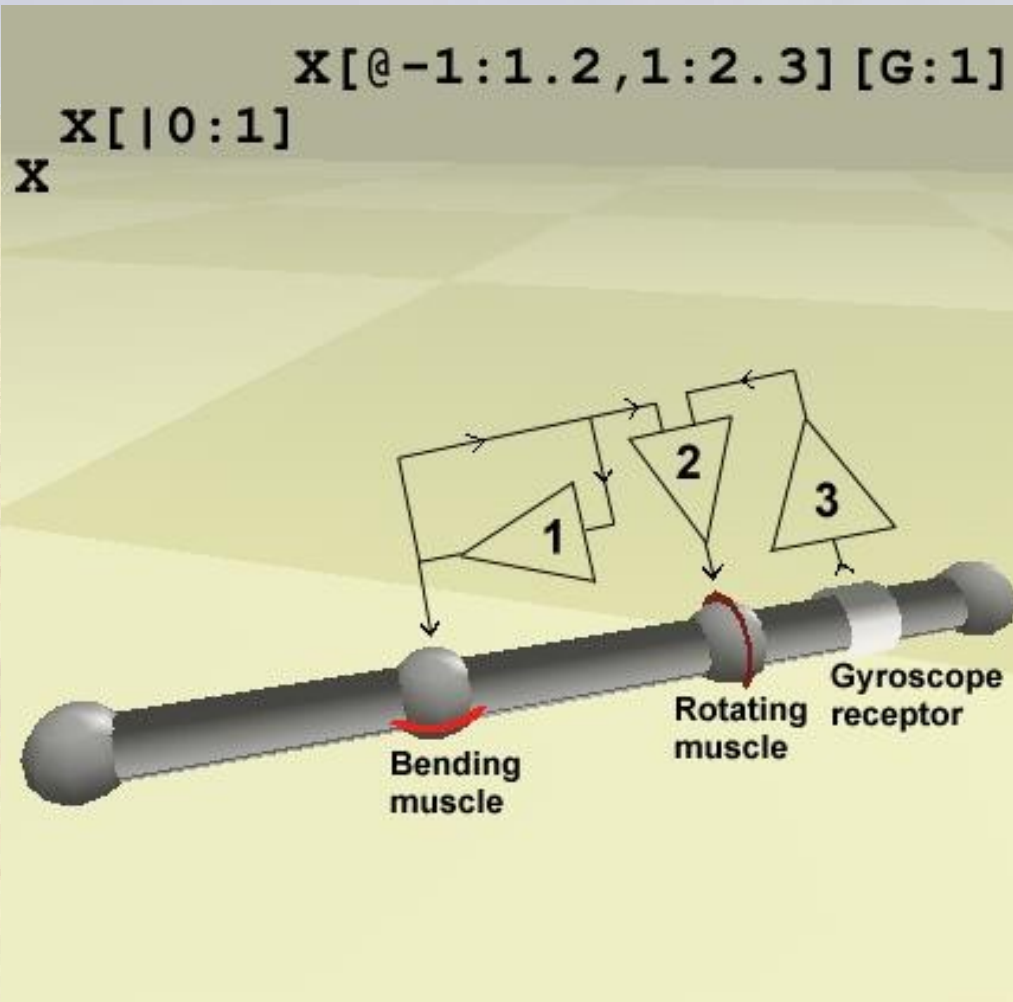
Segment má len jeden neurón, ktorý riadi jeho rotáciu(@). Neurón má dva vstupy: jeden ide do relatívneho stavu -1 genotypu, iný do relatívneho stavu +1. Prvý signál má váhu 2, druhý má váhu 3.

X[|*:1,G:2]

Segment len s jedným neurónom, ktorý riadi jeho ohyb. Má dva vstupy: jeden je konštantne stále 1 a druhý je napojený na gyroskop (pozícia v segmente) s váhou 2.

Jeden segment môže mať rôzne neuróny - X[.....][.....][.....]

Príklad regulátora



- Neurón (1) pôsobí na ohyb a má rekurzívnu slučku
- Neurón (2) pôsobí na rotáciu a získava signály z neurónov (1) a (3)
- Neurón (3) má vstup: gyroskop (zmysel pre rovnováhu posledného segmentu)

Aplikácia

The screenshot shows the Framsticks software interface. The top panel (1) contains simulation controls. The left sidebar (2) lists genes. The bottom-left window (3) displays a population table. The central 3D view (4) shows a green worm-like body and a neural network. The bottom-right window (5) shows an artificial world with individuals.

Name	Genotype	Age	Body size	Brain size	#	Copies	Life span	Velocity	Vertical position	Fitness	Final fitness
Streptococcus	BBBMM...	11.82%	15	30	1	1001	0.0010483	-0.00724701	0.0010483	0.0010483	0.0010483
Escherichia	WQSP-4.2-2.890	13.57%	12	40	1	1001	0.00101029	0.210115	0.00101029	0.00101029	0.00101029
Ureaplasma	WQSP-4.2-2.890	17.83%	17	41	1	1001	0.00123474	0.238118	0.00123474	0.00123474	0.00123474
Legionella	WQSP-0.084.2-2	17.14%	17	40	1	1001	0.00100078	0.209880	0.00100078	0.00100078	0.00100078
Agaricus	WQSP-4.2-2.890	18.95%	13	43	1	1000	0.0022301	0.208888	0.0022301	0.0022301	0.0022301
Vibrio	BBBMM...	11.46%	15	30	1	1001	0.00101029	-0.0117000	0.00101029	0.00101029	0.00101029
Yersinia	WQSP-4.2-2.890	15.23%	15	45	1	1001	0.00080779	0.247476	0.00080779	0.00080779	0.00080779
Yersinia	WQSP-4.2-2.890	15.23%	15	45	1	1001	0.00120040	0.193067	0.00120040	0.00120040	0.00120040
Escherichia	BBBMM...	10.04%	10	47	1	1001	0.00241432	0.0152477	0.00241432	0.00241432	0.00241432
Agaricus	WQSP-4.2-2.890	11.40%	13	40	1	1001	0.00140069	0.222449	0.00140069	0.00140069	0.00140069
Escherichia	WQSP-4.2-2.890	15.50%	15	45	1	1001	0.00100078	0.207419	0.00100078	0.00100078	0.00100078
Agaricus	WQSP-4.2-2.890	14.42%	13	40	1	1001	0.0011888	0.193888	0.0011888	0.0011888	0.0011888
Yersinia	WQSP-1.51.4.35.2	15.23%	15	45	1	1001	0.00087806	0.212802	0.00087806	0.00087806	0.00087806
Ureaplasma	WQSP-2.01.2-2	18.23%	18	52	1	1001	0.00101029	0.148868	0.00101029	0.00101029	0.00101029
Ureaplasma	WQSP-4.2-2.890	15.23%	15	52	1	1001	0.00114420	0.199670	0.00114420	0.00114420	0.00114420
Agaricus	WQSP-0.054.2-2	14.35%	12	54	1	1001	0.00241432	0.212431	0.00241432	0.00241432	0.00241432
Agaricus	WQSP-4.2-2.890	11.40%	13	40	1	1001	0.00115203	0.224441	0.00115203	0.00115203	0.00115203
Escherichia	WQSP-4.2-2.890	14.42%	13	7	56	1	1000	0.00101029	0.221661	0.00101029	0.00101029
Legionella	BBBMM...	11.40%	13	34	1	1001	0.00207412	0.190187	0.00207412	0.00207412	0.00207412
Ureaplasma	WQSP-4.2-2.890	13.20%	12	7	50	1	1001	0.00052710	0.244726	0.00052710	0.00052710

Name	Genotype	Age	Starting energy	Energy	Energy ratio	Health	NH en	Lat sp	Yield	Vertical vein	Ang energy	Ang volume
Ureaplasma	BBBMM...	10.44%	140	130	0.14	0	0	1	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Ureaplasma	/Bla_Vigle-lead		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0

1. Hlavný kontrolný panel
2. Zoznam génov
3. Populácia
4. Okno zobrazujúce telo a mozog
5. Okno do umelého sveta