

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za računalništvo
in informatiko



12. Naravno pogojeno procesiranje

II.Stopnja RI, 2019/2020

Nosilec: prof.dr.Miha Mraz

8.januar
2020



1. Uvod

- Naravno (pogojeno) procesiranje (angl. *natural (inspired) computing, natural computation*):
 - 1.skupina: procesiranje inspirirano z naravno dinamiko (angl. *biologically inspired computing*) – povzemanje algoritmov iz naravnega okolja (evolucijske metode, nevronske mreže, mehka logika, amorfno procesiranje, „swarm intelligence“, ...)
 - 2.skupina: modeliranje in simuliranje procesov iz narave – fraktalska geometrija, umetno življenje (angl. *artificial life*), skupinsko obnašanje (angl. *collective behaviour*)
 - 3.skupina: Procesiranje v naravnih medijih – ne več materialih (angl. *hardware gnostic*) – primer DNA procesiranje, kvantno procesiranje



2. Fraktalsko procesiranje

- Sodi v 2.skupino
- Kompleksnost narave – Mandelbrot: „Kako dolga je angleška obala?“
 - r dolžina merila
 - $L(r)$ – dolžina obale
 - $L(r) = N * r$, N število „polaganj“ merila
 - z manjšanjem dolžine merila r se dolžina obale večja; bližamo se pravilni izmeri $L(r)$; ali jo tudi dosežemo?
 - Raznolikost (razgibanost) obale na mikro nivoju ostaja enaka, kot je bila na makro nivoju -> samopodobnost (angl. *self similarity*)



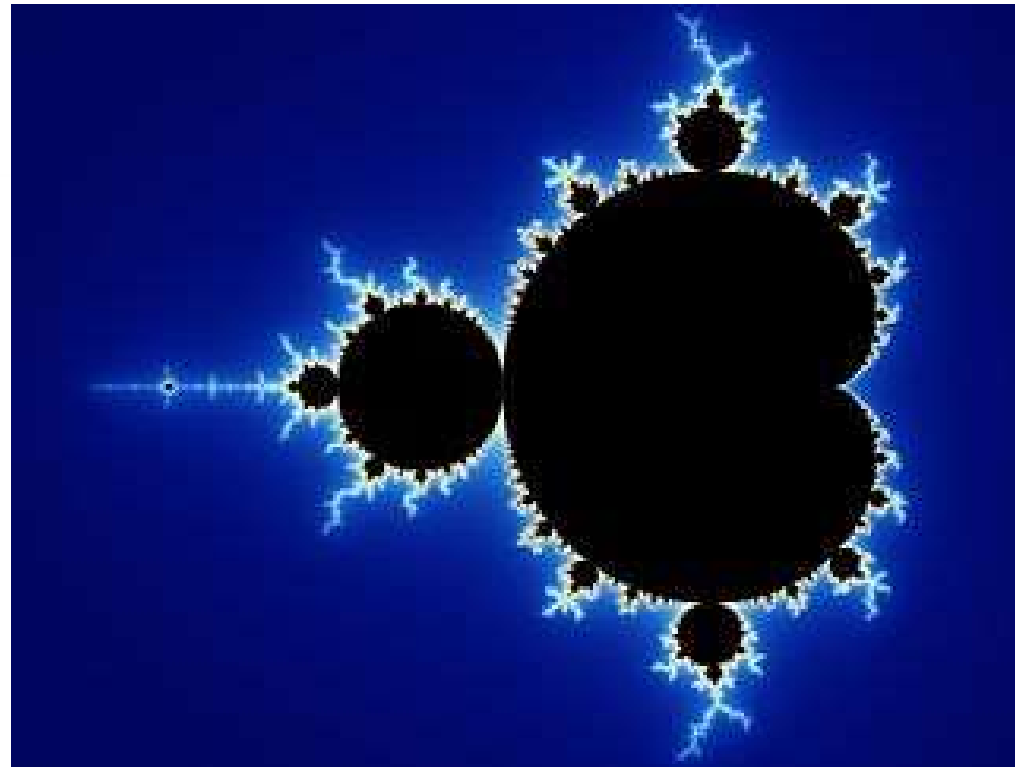
- fraktalsko procesiranje je inspirirano s kompleksnostjo narave;
- temelji na *fraktalski geometriji*, rezultat procesiranja pa je *fraktalska struktura*;
- posplošeni definiciji:
 - fraktal je fragmentirana geometrična oblika, ki jo lahko razdelimo na dele; vsak od delov je vsaj do neke mere reducirana kopija celotne strukture (angl. *self-similarity*)
 - fraktalska geometrija predstavlja orodoje za tvorbo in preučevanje fraktalskih oblik (krivulj, itd.), ki praviloma niso enostavno izrazljivi s preprostimi geometrijskimi oblikami



- osnovne značilnosti fraktalskih struktur:
 - končna struktura je poljubne velikosti
 - struktura je praviloma neregularna (težko opisljiva v Evklidskem zapisu)
 - struktura ima vsaj stohastične lastnosti samopodobnosti
 - struktura je definirana v večini primerov z iterativno ali rekurzivno funkcijo



Mandelbrotova množica

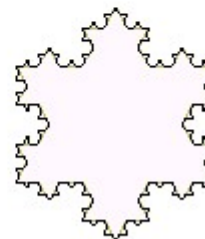
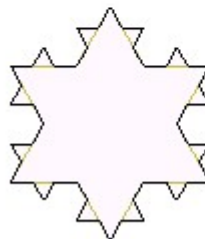
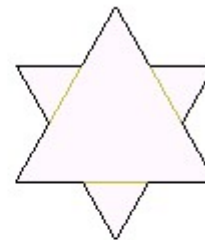
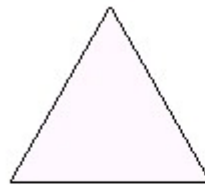




- Vrste podobnosti v fraktalskih strukturah:
 - eksaktna podobnost: posamezni deli strukture so enaki;
 - delna podobnost: podobnost na različnih velikostnih nivojih je le približna;
 - statistična podobnost: podobnost delov je statistično pogojena;

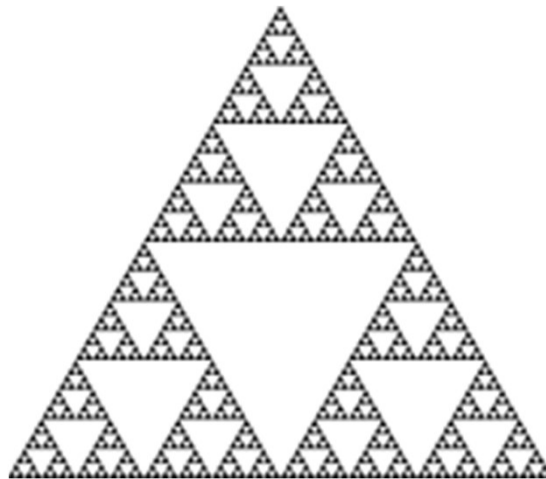


- Zgled 1 - Kochova snežinka (1904):
 - začetno strukturo ponazori s praznim trikotnikom;
 - ponavlja za vse obstoječe trikotnike:
 - vsako od treh linij v obstoječih trikotnikih razdeli na tri daljice;
 - osrednjo daljico zbriši;
 - na njeno mesto postavi nov (za tretjino manjši trikotnik);
 - usmerjen naj bo iz obstoječe strukture
 - nosilna daljica novega trikotnika naj ostane nevidna;





- Zgled 2: trikotniki Sierpinskega (1915):
 - Začetek strukture predstavlja črn trikotnik
 - Ponavlja za vse črne trikotnike:
 - v vsak črn trikotnik postavi pol manjši bel trikotnik





- Zgled 3: Generator fraktalske strukture praproti
 - Temelji na vzpostavitvi začetne točke in štirih iteracijskih enačbah (afinih transformacijah), ki jih po vrsti izbiramo z verjetnostmi 1%, 7%, 7% in 85%.
 - Enačbe preslikujejo poljubno točko iz prostora $[-5..5, 0..10]$ v (po vrsti glede na enačbe) pecelj, rdeči, temnomodri in svetlomodri list.

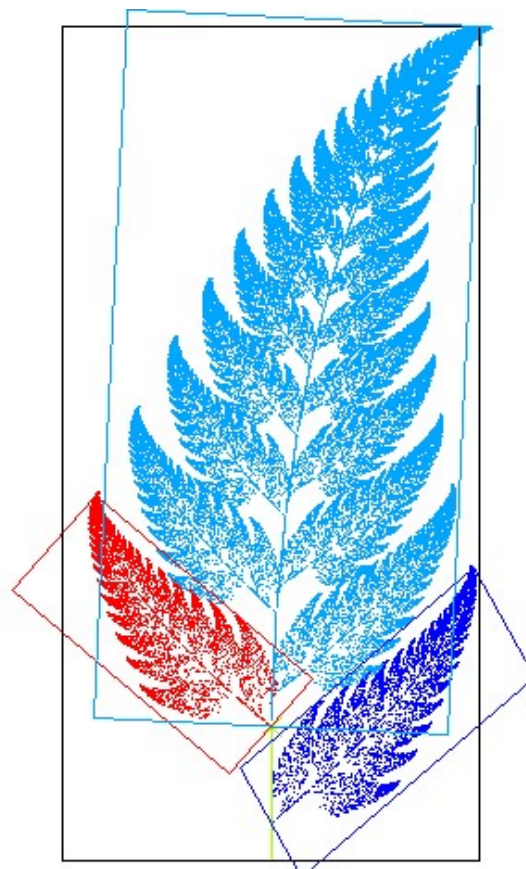
$$x_0 = y_0 = 0$$

$$x_{n+1} = 0, y_{n+1} = 0,16 * y_n$$

$$x_{n+1} = 0,2 * x_n - 0,26 * y_n, y_{n+1} = 0,23 * x_n + 0,22 * y_n + 1,6$$

$$x_{n+1} = -0,15 * x_n + 0,28 * y_n, y_{n+1} = 0,26 * x_n + 0,24 * y_n + 0,44$$

$$x_{n+1} = 0,85 * x_n + 0,04 * y_n, y_{n+1} = -0,04 * x_n + 0,85 * y_n + 1,6$$



12. Naravno pogojeno procesiranje



Romanski brokoli



12. Naravno pogojeno procesiranje



- Razpoložljiva programska orodja:
 - [Apophysis](#) - [open source](#) software for [Microsoft Windows](#) based systems
 - [Electric Sheep](#) - [open source](#) distributed computing software
 - [Fractint](#) - [freeware](#) with available [source code](#)
 - [Sterling](#) - Freeware software for [Microsoft Windows](#) based systems
 - [SpangFract](#) - For Mac OS
 - [Ultra Fractal](#) - A [proprietary](#) fractal generator for [Microsoft Windows](#) and [Mac OS X](#) based systems
 - [XaoS](#) - A cross platform [open source](#) fractal zooming program
 - [Chaotica](#) - a commercial software for [Microsoft Windows](#), [Linux](#) and [Mac OS](#)



Viri

[1] fractalfoundation.org

[2] <http://fractalfoundation.org/fractivities/FractalPacks-EducatorsGuide.pdf>



3. Celularni avtomati kot osnova za model širjenja požara v naravnem okolju

- Sodi v 1. in 2. skupino klasifikacije
- Vrste modelov za simulacijo širjenja požara:
 - Fizikalno kemijski
 - Matematično - statistični (Rothermel – metoda dveh polelips)
 - Model na osnovi celularnega avtomata
- Trije vplivni faktorji na hitrost širjenja:
 - Vremenske razmere (veter, vlažnost, ...)
 - Karakteristike goriva (količina, ...)
 - Relief terena (naklon področja, ...)



3.1. Mehki celularni model širjenja požara v naravnem okolju

- Osnovna pristopa: celularni avtomat (2D homogena planarna struktura) in mehka (lingvistična) logika
- Primer mehkega pravila za celico s koordinato (i,j) v časovni točki t :

If

$(\text{gori}(i,j,t)=X)$ And
 $(\text{gorljiv}(i,j,t)=X)$ And
 $(\text{wind}(t)=X)$ And
 $(\text{sosed.gori}(i,j,t)=X)$

Then

$(\text{gori}(i,j,t+1)=Y)$



- Pomeni spremenljivk:
 - $\text{gori}(i,j,t)$... intenzivnost gorenja celice i,j v časovni točki t normirana na ocenjevalni interval $[0,100]$
 - $\text{gorljiv}(i,j,t)$... stopnja gorljivosti celice i,j v časovni točki t normirana na ocenjevalni interval $[0,100]$
 - $\text{wind}(t)$... intenzivnost vetra v celici i,j v časovni točki t normirana na ocenjevalni interval $[0,100]$
 - $\text{sosed.gori}(i,j,t)$... intenzivnost gorenja v sosednjih celicah celice i,j v časovni točki t normirana na ocenjevalni interval $[0,100]$;
 - sosedi celice (i,j) : $(i-1,j), (i-1,j+1), (i-1,j-1), (i,j+1), (i,j-1), (i+1,j), (i+1,j-1), (i+1,j+1)$;



- Realna predstava o celici: 20mx20m digitaliziranega reliefa Slovenije
- Pravila neposredno ne upoštevajo:
 - spremenljivosti smeri vetra
 - naklona terena
- Vse spremenljivke so ovrednotene s tremi lingvističnimi termi:
 - $X=Y=\{\text{Zero, Medium, Max}\}$
- Kako sprocesirati mehko lingvistično pravilo?



3.2 Zgled poenostavljenega sistema

- Predpostavke o poenostavljenem sistemu:
 - Brez prisotnosti vetra
 - Celice z oznako N so negorljive (ne morejo goreti)
 - Vplivna motnja (gorenje) se lahko prenaša le iz leve sosede

N	N	N
$i-1,j$	i,j	N
N	N	N



- Tabela vseh možnih pravil z ustreznimi sklepi (glej desno)
- Primer ocene iz realne situacije:

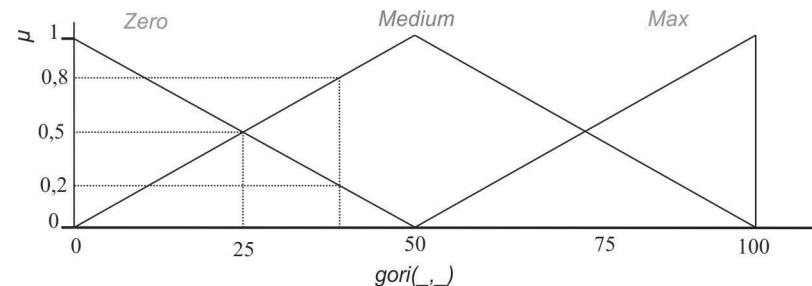
$$x_1(t_0) = 25, x_2(t_0) = 40$$

$x_1(t)$	$x_2(t)$	$x_2(t+1)$
<i>gori(i-1,j,t)</i>	<i>gori(i,j,t)</i>	<i>gori(i,j,t+1)</i>
<i>Zero</i>	<i>Zero</i>	<i>Zero</i>
<i>Zero</i>	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>
<i>Zero</i>	<i>Max</i>	<i>Max</i>
<i>Medium</i>	<i>Zero</i>	<i>Zero</i>
<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>
<i>Medium</i>	<i>Max</i>	<i>Max</i>
<i>Max</i>	<i>Zero</i>	<i>Medium</i>
<i>Max</i>	<i>Medium</i>	<i>Max</i>
<i>Max</i>	<i>Max</i>	<i>Max</i>

$$x_1(t), x_2(t), x_2(t + 1) \in [0,100]$$



- Faza mehčanja
(defuzifikacija)



$$x_1(t_0) = 25, x_2(t_0) = 40$$

$$\mu_{Zero}(x_1) = 0,5, \mu_{Medium}(x_1) = 0,5, \mu_{Max}(x_1) = 0$$

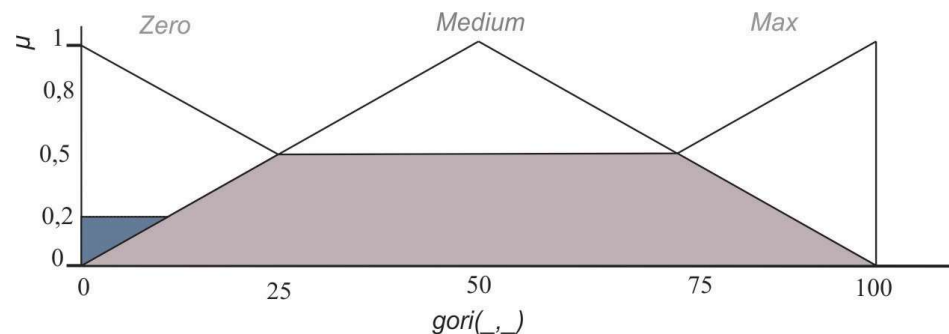
$$\mu_{Zero}(x_2) = 0,2, \mu_{Medium}(x_2) = 0,8, \mu_{Max}(x_2) = 0$$



- Relevantnost posameznih pravil:
 1. 0,5 AND 0,2 (Min) -> Zero 0,2
 2. 0,5 AND 0,8 (Min) -> Medium 0,5
 3. 0,5 AND 0 (Min) -> Max 0
 4. 0,5 AND 0,2 (Min) -> Zero 0,2
 5. 0,5 AND 0,8 (Min) -> Medium 0,5
 6. 0,5 AND 0 (Min) -> Max 0
 7. 0 AND 0,2 (Min) -> Medium 0
 8. 0 AND 0,8 (Min) -> Max 0
 9. 0 AND 0 (Min) -> Zero 0



- Ugotavljanje relevance po različnih sklepih:
 - Zero: $\text{maximum}(0,2, 0,2)=0,2$
 - Medium: $\text{maximum}(0,5, 0,5, 0)=0,5$
 - Max: $\text{maximum}(0, 0, 0, 0)=0$
- Faza izdelave decizije – sklepa (rezultat površina):





- Izračun končne ostre vrednosti $gori(i,j,t)$ – metoda COG (angl. *center of gravity*)
- Algoritem: na vsakem diskretnem časovnem koraku izvedi postopek ostrenja – decizije – izračuna ostre vrednosti za vsako celico v homogeni strukturi

$$x_2(t + 1) = \frac{\sum_{i=1}^n x_2(t) * \mu(x_2)}{\mu(x_2)}$$

$$n = 11: x_2(t + 1) = 47,43$$



- Število različnih pravil:
 $3*3*3*(3)^8=177147$
možnih različnih pravil
(predpostavka: smer vetra
je konstantna)
- Veliko pravil je
nesmiselnih;
- Za vsako celico moramo na
vsakem diskretnem
časovnem koraku
sprocesirati vsa pravila –
veliko procesno breme
- Realni model: približno
1.000 pravil;

```
If  gori(i,j,t)=X
   And
     gorljiv(i,j,t)=X
   And
     wind(t)=X
   And
     sosed.gori(i,j,t)=X
Then
     gori(i,j,t+1)=Y
```



4. Animati in kolektivno obnašanje

- Področje animatov in kolektivnega obnašanja sodi v 2.skupino;
- Animat:
 - „umetno“ tvorjeni subjekt – žival (angl. *artificial animal*)
 - fizične realizacije ali simulacije dinamike
- Vsebina naslova se od štud.l.2017/2018 naprej predava v okviru predmeta „Skupinsko vedenje“ (Mag.študij RI)



Viri

[1] Lebar Bajec Iztok. *Fuzzy model for a computer simulation of bird flocking (doktorska disertacija, 2005)* - www.fri.uni-lj.si/file/31046/ilb_PhD05a.pdf