



### Classificação de padrões do Modelo de Células de Grade de Burak & Fiete usando uma função de Energia.

Autor: Arthur Pereira Dornelles

Orientador: Professor Dr. Marco Aurélio Pires Idiart.

#### Introdução - O que são células de grade?

O modelo de atratores de célula de grade proposto por Burak & Fiete (2009)[1], sintetiza o comportamento de grade das células. Células de grade são chamadas assim por apresentarem um formato de grade dos disparos quando o animal explora o ambiente. Foram descobertas no córtex entorrinal de ratos em 2005 por Edvard Moser e May-Britt Moser[2].

O modelo de Burak & Fiete (2009)[1] resume-se, em sua maior parte, na utilização de uma equação diferencial que descreve a relação e o comportamento entre neurônios de uma rede neural contendo  $n \times n$  neurônios em uma espécie de caixa 2D.

$$\tau \frac{ds_i}{dt} + s_i = f \left[ \sum_j W_{ij} s_j + B_i \right]$$

Onde  $\tau$  é a constante temporal de resposta de um neurônio,  $s_i$  é a ativação sináptica do neurônio "i", a função  $f$  é uma função em que  $f(x) = x$  se  $x > 0$  e  $f(x) = 0$  se  $x \leq 0$ , onde  $B_i$  equivale ao estímulo externo e  $W_{ij}$  é a matriz de pesos sinápticos entre neurônios "i" e "j" tal que:

$$W_{ij} = \left[ \left( \frac{W_{top} - W_{bottom}}{2} \right) - \tanh(d - W_{width}) \left( \frac{W_{top} + W_{bottom}}{2} \right) \right] * \exp \left( -\frac{1}{3} (d - 2W_{width}) * H(d - 2W_{width}) \right)$$

As constantes utilizadas em  $W_{ij}$  foram  $W_{top} = 0$ ,  $W_{bottom} = 0,07$ ,  $W_{width} = 8$ ,  $d$  equivale a distância na rede entre os dois neurônios. Foi escolhido o valor de  $B_i = 1$ , que representa o estímulo externo.

O modelo abordado resume-se em uma rede quadrada com condições de contorno periódicas.

#### Objetivos e Metodologia.

O objetivo deste trabalho é usar a função energia H derivada para as equações lineares para classificar os padrões de disparo neural objetivos nas simulações do problema não linear.

A equação que descreve a dinâmica neural se desconsiderarmos a não linearidade da função  $f(x)$  pode ser descrita como:

$$\tau \frac{ds_i}{dt} = -s_i + \sum_j W_{ij} s_j + B_i$$

Esta equação está na forma de uma dinâmica de gradiente descendente numa função de energia H:

$$\tau \frac{ds_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial s_i}$$

Onde H é dada por.

$$H = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} W_{ij} s_j s_i - \sum_i B_i s_i + \frac{1}{2} \sum_i (s_i)^2$$

#### Resultados

Através de alterações da semente aleatória, que gera condições iniciais diferentes, podemos observar três níveis de energia:

- Energia mínima:  $H < 5.200$  ;
- Energia média:  $5.200 < H < 5.600$  ;
- Energia máxima:  $H > 5.600$  .

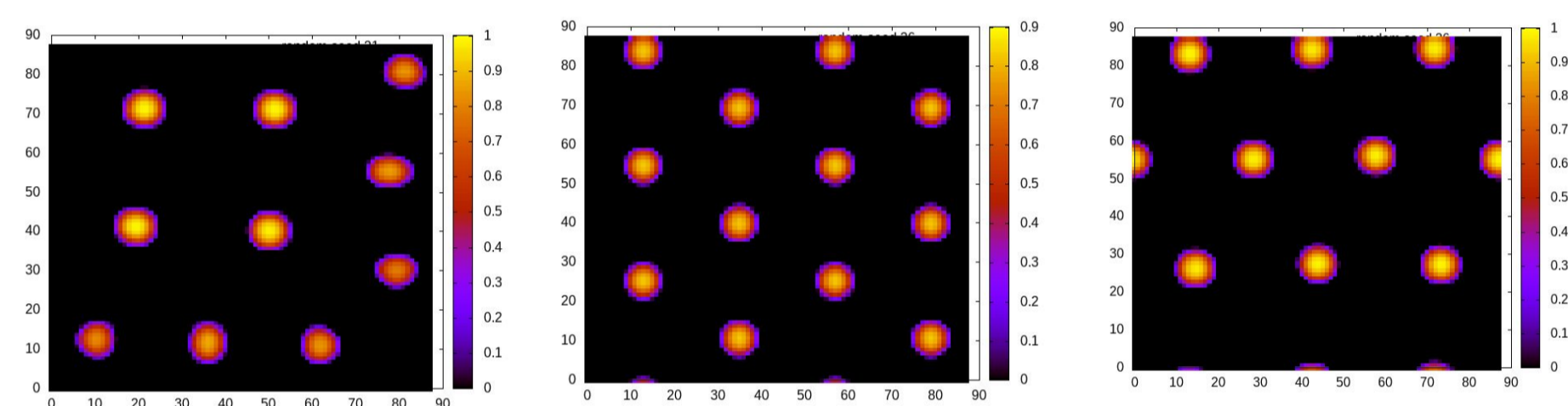


Figura 1: Configurações de atividade de energia mínima, média e máxima, respectivamente.

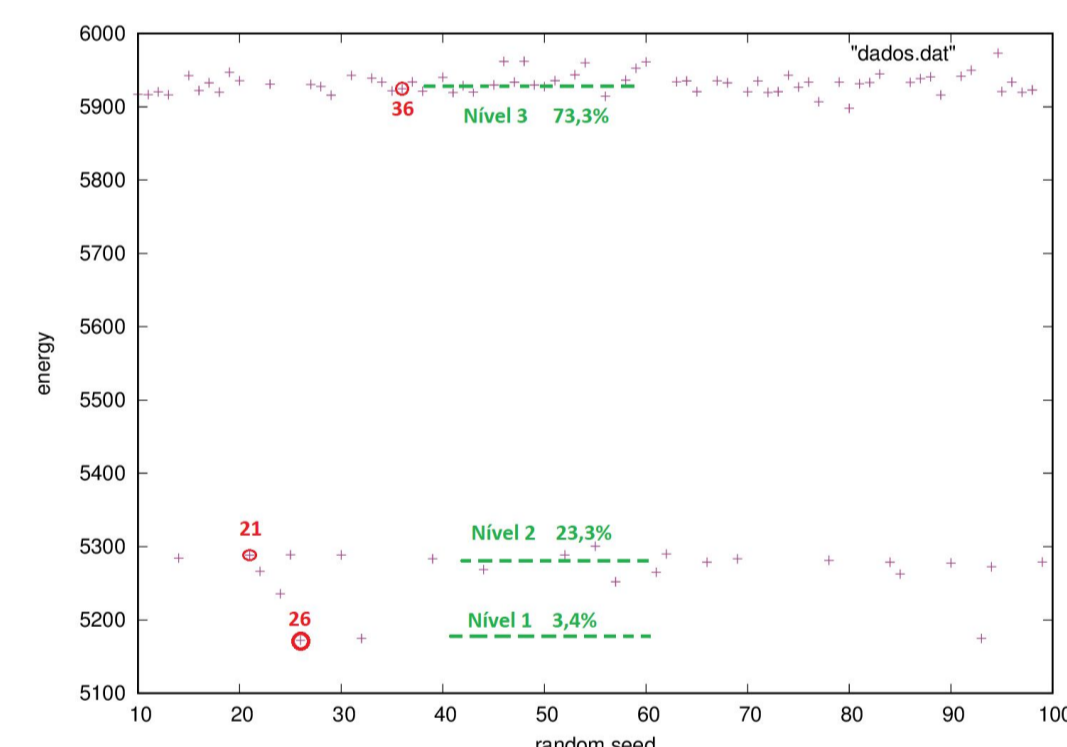


Figura 2: Energia x Semente Aleatória.

#### Conclusões

A análise da energia mostrou que não necessariamente a configuração com maior simetria ( hexagonal ) é a de menor energia. Uma das possíveis razões é que a rede é quadrada e sabemos que uma configuração uniforme hexagonal somente é possível em retângulos com razões de lados  $1 : 3^{1/2}$ .

Um outro resultado interessante é que considerando condições iniciais aleatórias vemos que em 73% dos casos o sistema converge para um estado de maior energia. O que indica que apesar de mais raso este atrator tem uma bacia de atração mais larga.

Nos trabalhos futuros pretendemos juntar esta análise com a análise de atividade média para melhor classificar os padrões.

#### Referências:

1. Burak, Y. & Fiete, I.R. Accurate path integration in continuous attractor network models of grid cells. PLOS Comput. Biol. 5, e1000291 (2009)
2. Hafting, T., Fyhn, M., Molden, S., Moser, M.-B. & Moser, E. I. Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex. Nature 436, 801–806 (2005).