

---

# Алгоритмы NEAT и HyperNEAT

---

Семинар по вычислительному интеллекту

Докладчик: Цой Ю.Р.

г. Томск, 27 июня 2011 г.

<http://qai.narod.ru/TomskWorkshop/>

# NEAT



Кеннет Стенли (Kenneth Stanley)

<http://www.cs.ucf.edu/~kstanley/>

NEAT – NeuroEvolution of Augmenting Topologies

- Страница алгоритма:

<http://www.cs.ucf.edu/~kstanley/neat.html>

- Дискуссионная группа

<http://groups.yahoo.com/group/neat/>

---

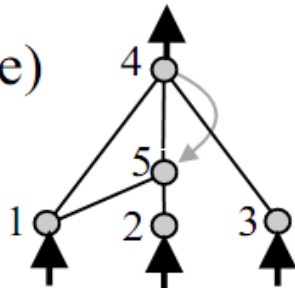
# Особенности

- Одновременная настройка весов и структуры ИНС.
  - Сети прямого распространения и с обратными связями.
  - Адаптивные операторы скрещивания и мутации.
  - «Исторические метки» («Historical markings»)
  - Эволюция начинается с ИНС без скрытых нейронов и идет в направлении усложнения структуры.
-

# Кодирование ИНС

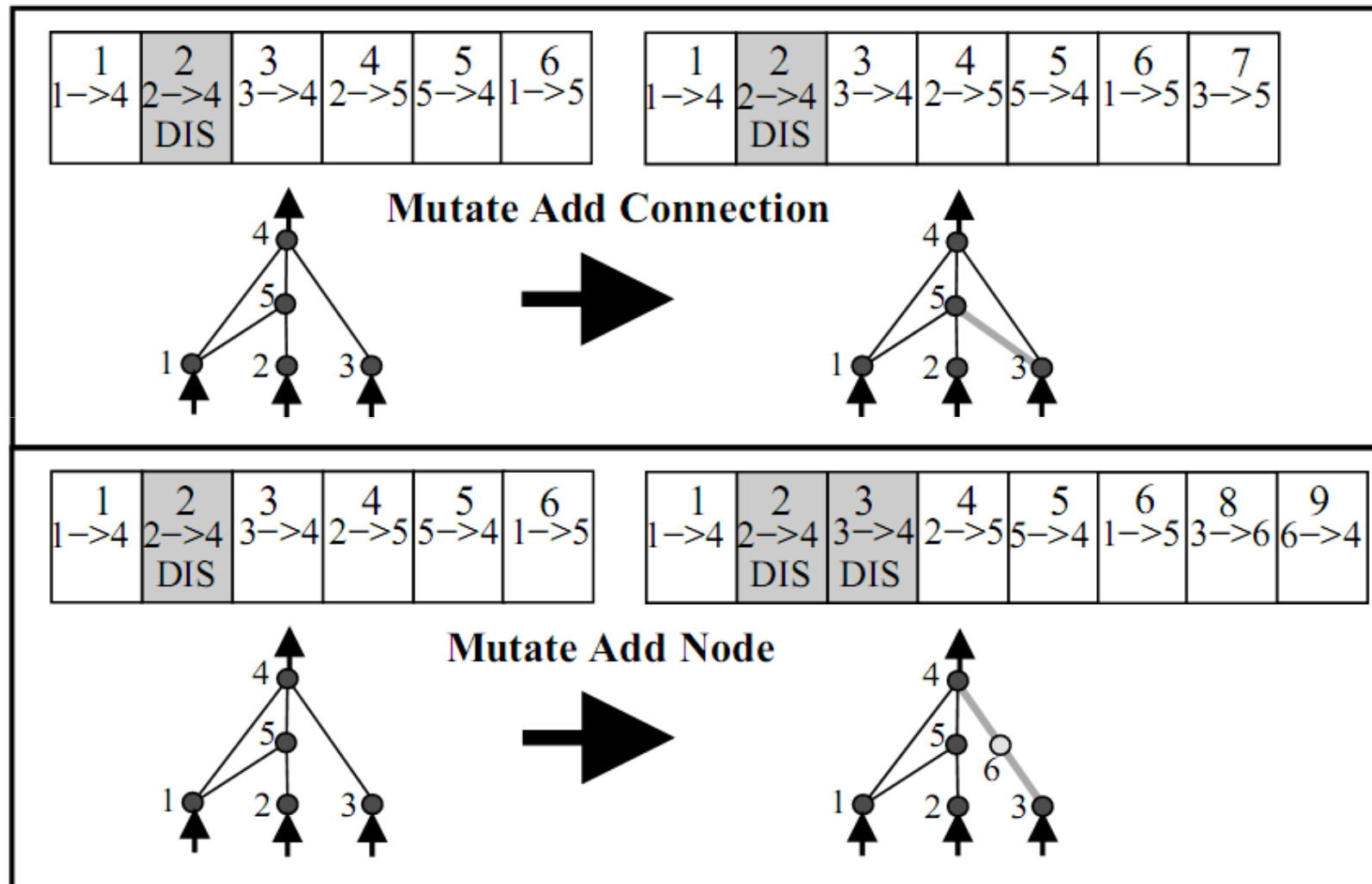
Genome (Genotype)						
Node	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	
Genes	Sensor	Sensor	Sensor	Output	Hidden	
Connect.	In 1	In 2	In 3	In 2	In 5	In 1
Genes	Out 4	Out 4	Out 4	Out 5	Out 4	Out 5
	Weight 0.7	Weight -0.5	Weight 0.5	Weight 0.2	Weight 0.4	Weight 0.6
	Enabled	<b>DISABLED</b>	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
	Innov 1	Innov 2	Innov 3	Innov 4	Innov 5	Innov 6
						Innov 11

Network (Phenotype)

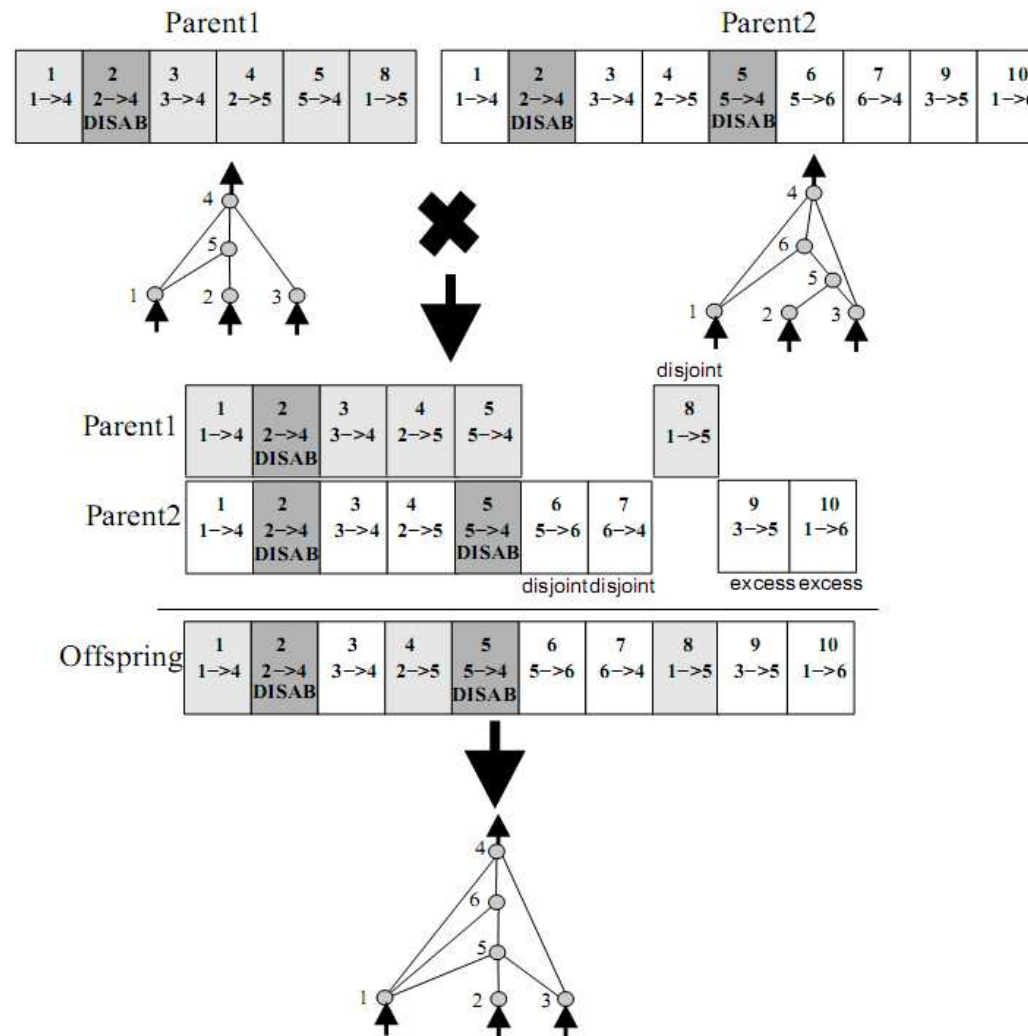


Здесь и далее: Kenneth O. Stanley and Risto Miikkulainen (2002). "[Evolving Neural Networks Through Augmenting Topologies](#)". *Evolutionary Computation* **10** (2): 99–127.

# Мутация



# Скрещивание



# Нишинг

Нишинг (niching) – прием, используемый для поддержания разнообразия в популяции.

Особи в популяции разделяются по видам в соответствии с метрикой:

$$\delta = \frac{c_1 E}{N} + \frac{c_2 D}{N} + c_3 \cdot \bar{W}.$$

$E$  – количество дополнительных (excess) генов,  $D$  – количество непересекающихся (disjoint) генов,  $\bar{W}$  – средняя разница весов совпадающих генов.

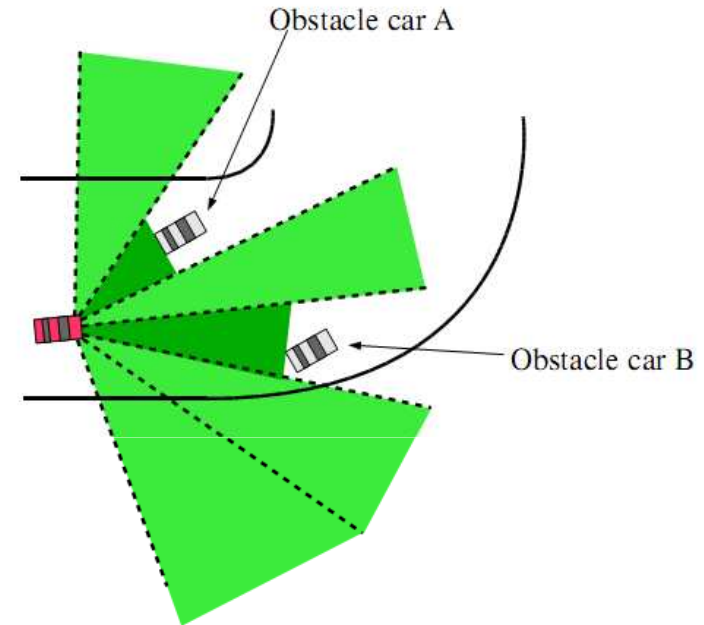
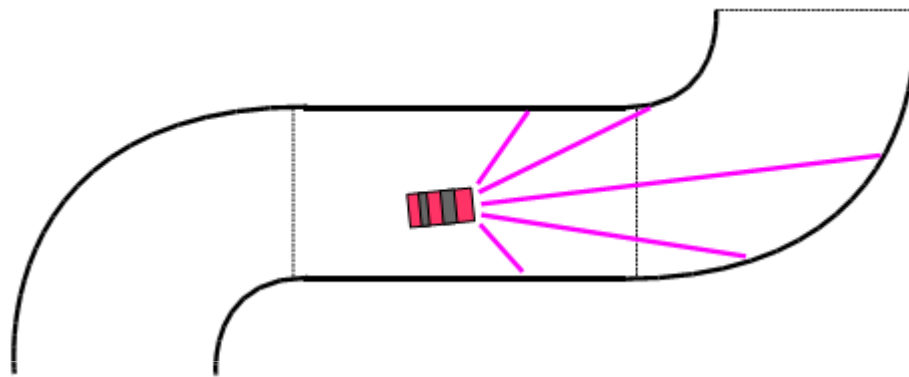
Контроль численности вида через **fitness sharing**:

$$f'_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^n \text{sh}(\delta(i, j))}$$

Знаменатель (приблизенно) равен числу особей того же вида, что и  $i$ -я особь.

---

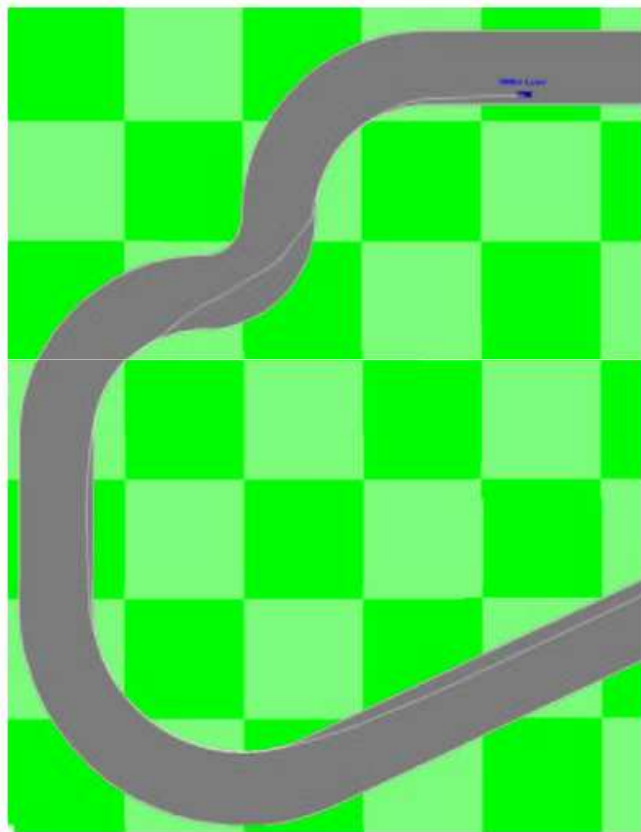
# Система предупреждений для автомобиля



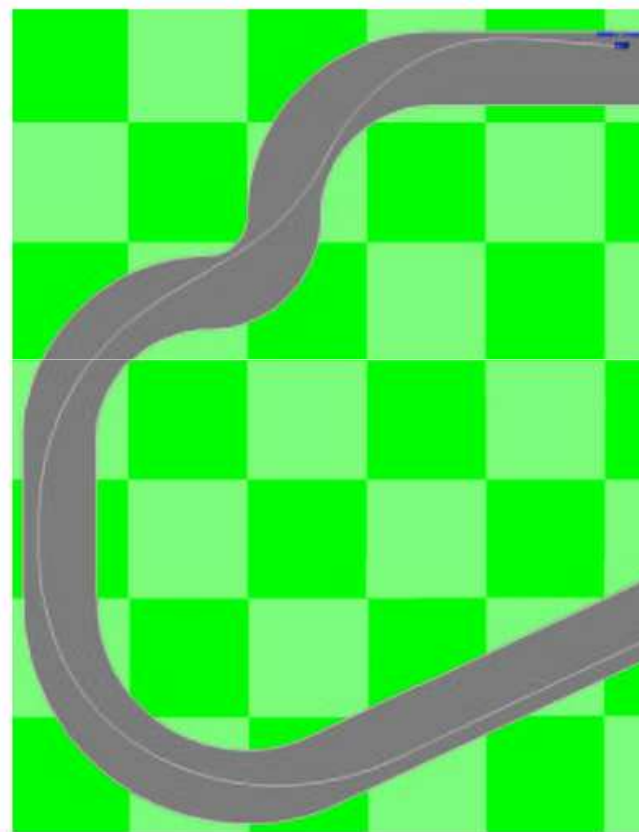
Stanley K.O. Efficient Evolution of Neural Networks Through Complexification.  
PhD Thesis, Department of Computer Sciences, The University of Texas at  
Austin, 2004.



# Система предупреждений для автомобиля



(a) Early Evolution



(b) Late Evolution

Приспособленность

$$S = 2d - b,$$

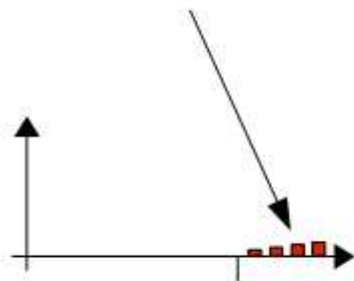
$d$  – пройденная  
дистанция

$b$  – штраф за  
расстояние,  
пройденное за  
пределами трассы.

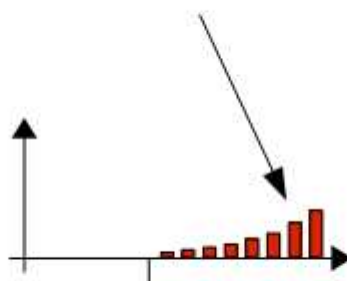
Driver	Lap Time
Apex8	1:39
SmoothB2	1:33
NEAT	1:31
Felix16	1:22
Bulle2	1:18

# Прогноз столкновения

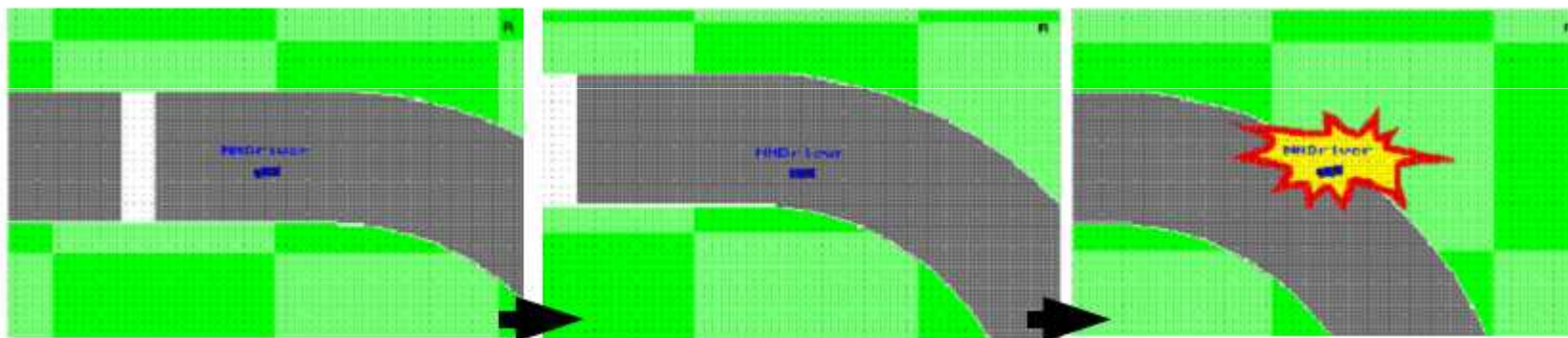
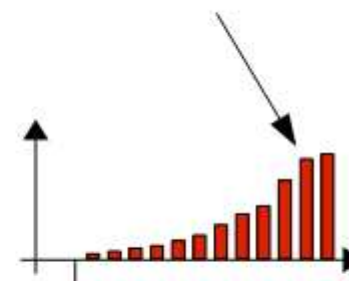
relatively low danger



Increasing warning level



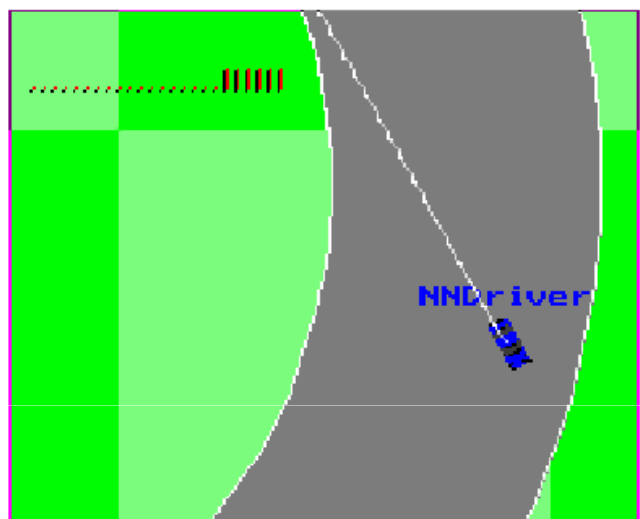
Imminent danger!



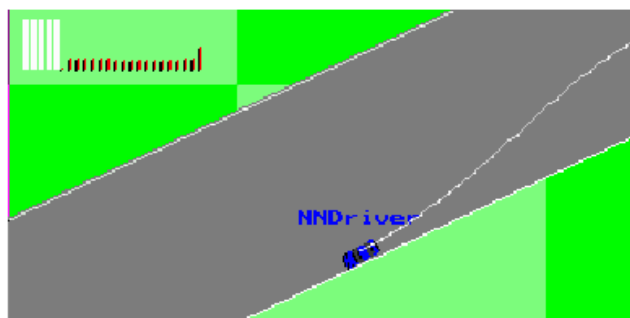
Приспособленность = суммарное вознаграждение за верный прогноз

Оценка прогноза  $R = \frac{\sum_{l=1}^{25} 25 - |q_l - I_l|}{25}$ .

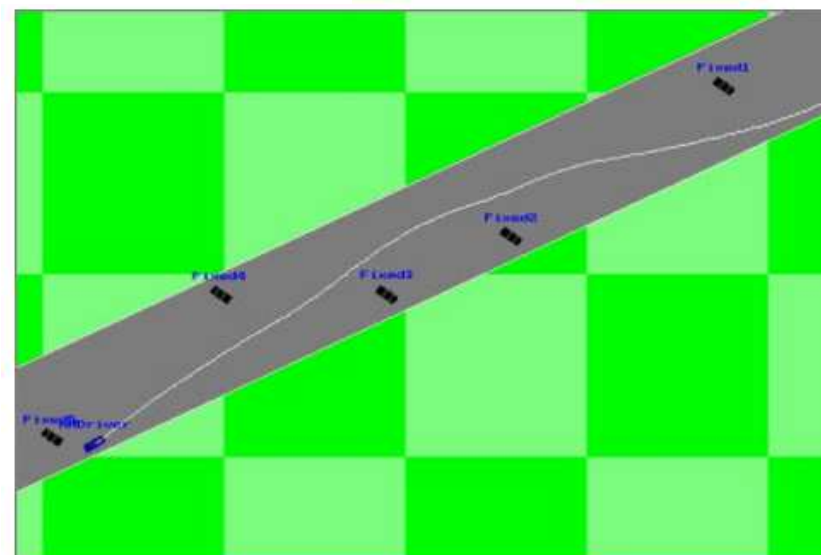
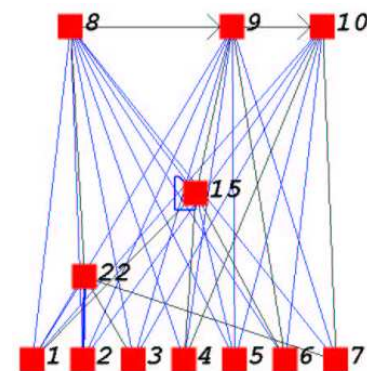
# Прогноз столкновения



(a) Direct Crash

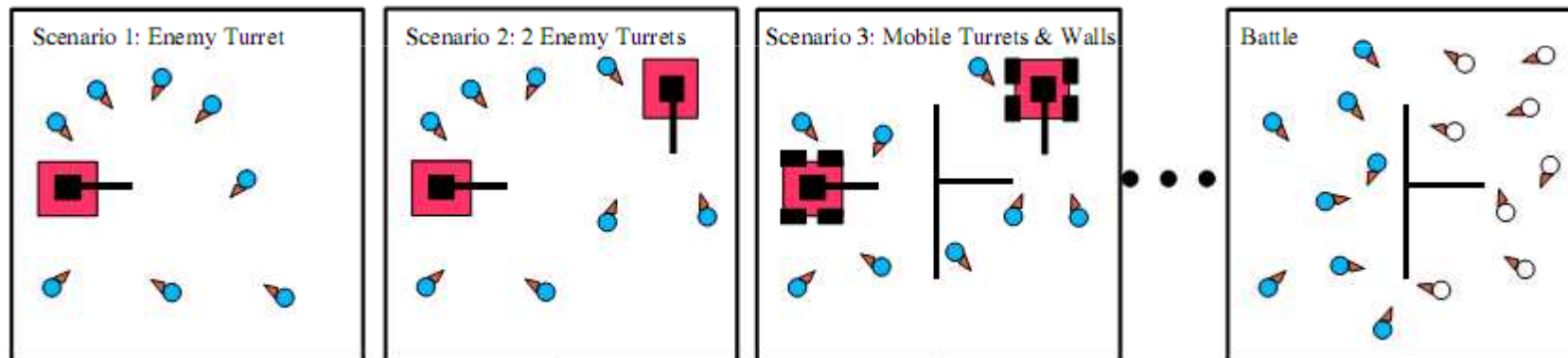


(b) Skidding



# N.E.R.O. – NeuroEvolution of Robotic Operatives

Stanley K.O., Bryant B.D., Miikkulainen R. Real-time neuroevolution in the NERO videogame // IEEE Transactions on Evolutionary Computation Special Issue on Evolutionary and Games, 2005, vol. 9, no. 6, pp. 653–668.



Использован рисунок из статьи Yong, Stanley, Miikkulainen, Karpov  
“Incorporating advice into neuroevolution of adaptive agents” (2006)

# HyperNEAT

HyperNEAT – Hypercube-based NEAT.

Compositional pattern producing networks (CPPNs).

Косвенное кодирование (indirect encoding).

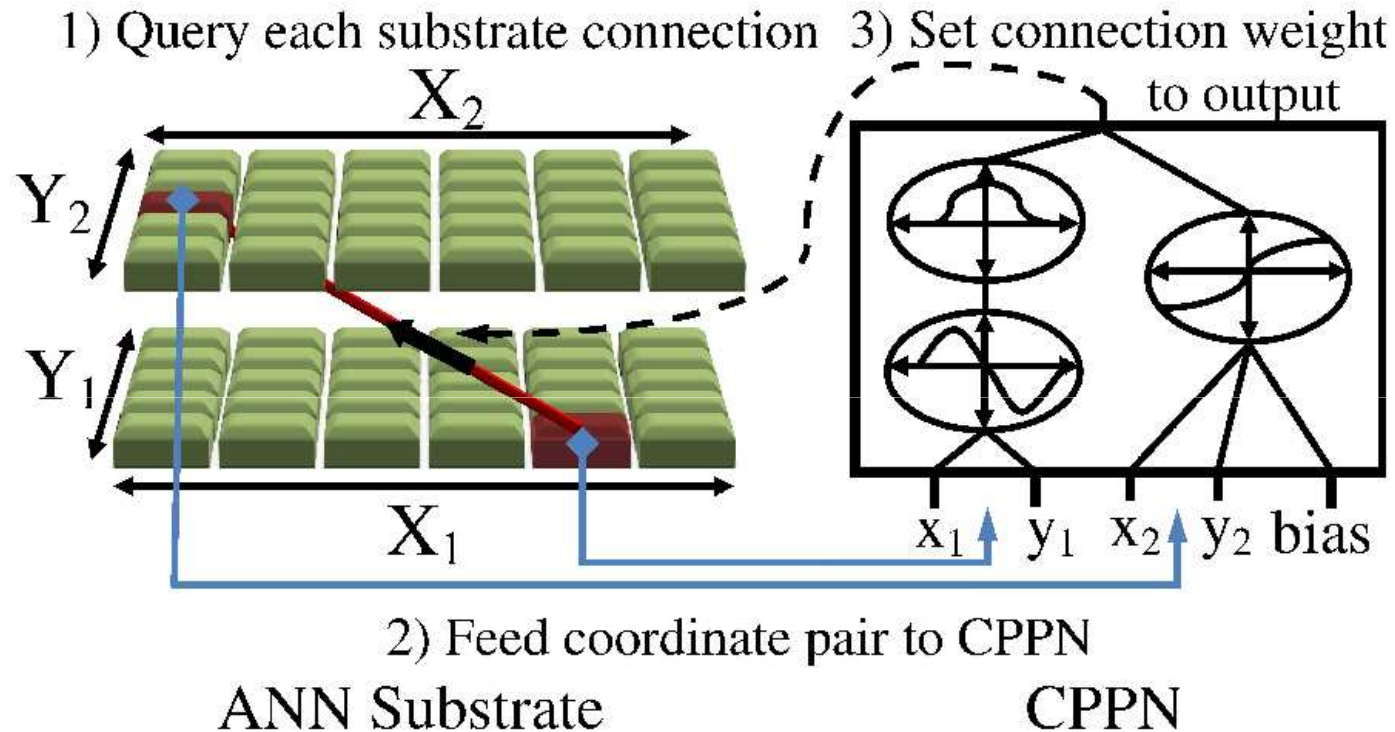
Геометрические закономерности.

Kenneth O. Stanley. Compositional pattern producing networks: A novel abstraction of development. *Genetic Programming and Evolvable Machines Special Issue on Developmental Systems*, 8(2):131–162, 2007.

Jason Gauci and Kenneth O. Stanley. A case study on the critical role of geometric regularity in machine learning. In *Proceedings of the Twenty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2008)*, Menlo Park, CA, 2008. AAAI Press.

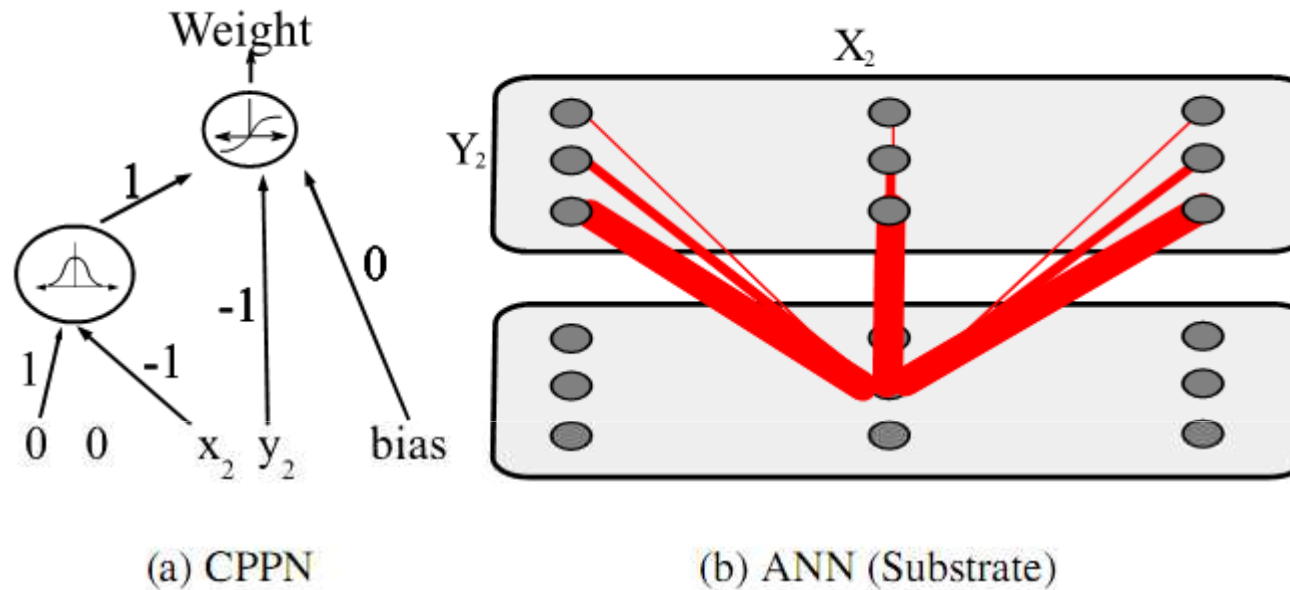
---

# HyperNEAT. Общий принцип



Verbanacsics P., Stanley K.O. Evolving Static Representations for Task Transfer // Journal of Machine Learning Research 11 (2010) 1737-1769.

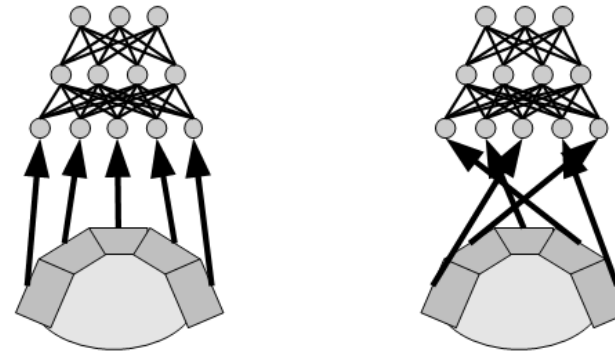
# HyperNEAT



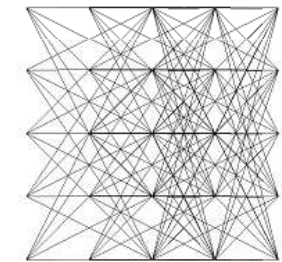
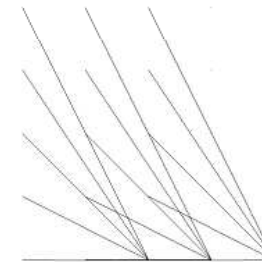
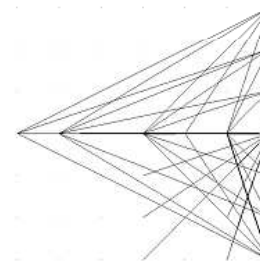
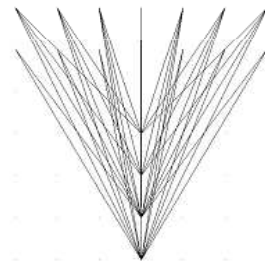
Gauci J., Stanley K.O. Autonomous Evolution of Topographic Regularities in Artificial Neural Networks // Neural Computation Journal, Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

# HyperNEAT. Геометрия?

Учет относительного  
расположения сенсоров



Обнаружение и  
использование  
(ас)симметрии

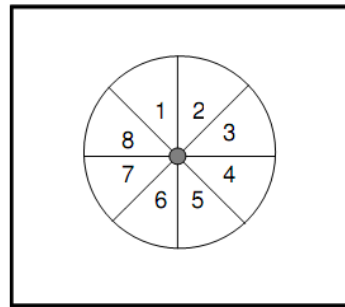


(a) Symmetry (b) Imperfect Sym. (c) Repetition (d) Rep. with Var.

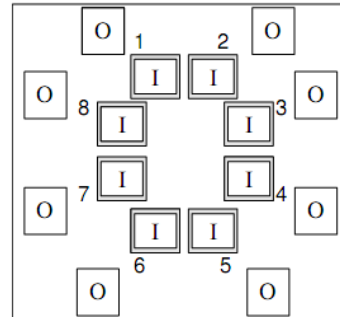
Stanley K.O., D'Ambrosio D., Gauci J. A Hypercube-Based Indirect Encoding  
for Evolving Large-Scale Neural Networks // Artificial Life journal 15(2),  
Cambridge, MA: MIT Press, 2009.



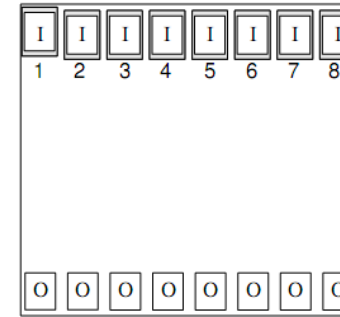
# HyperNEAT. Геометрия!



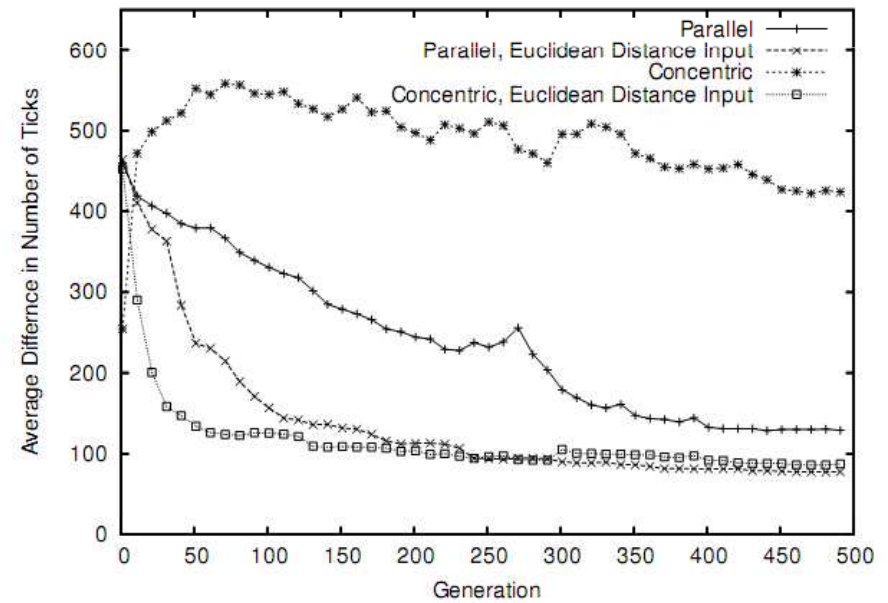
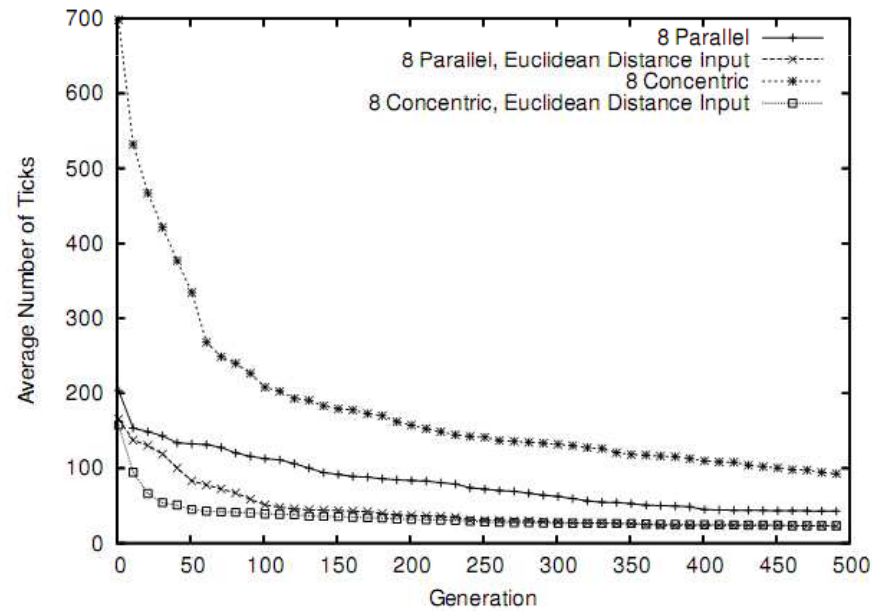
(a) Robot



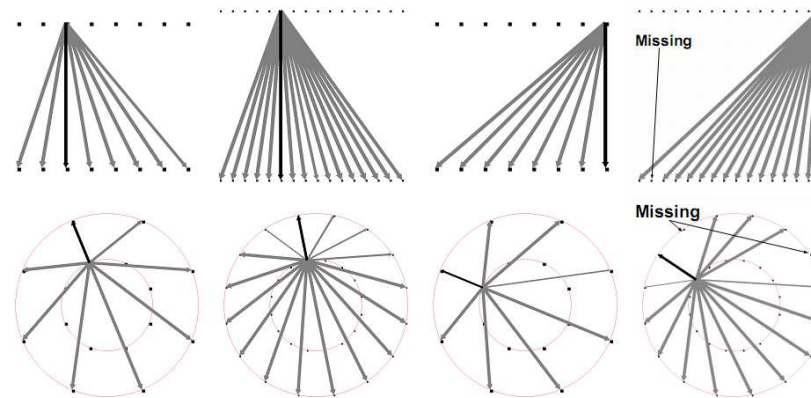
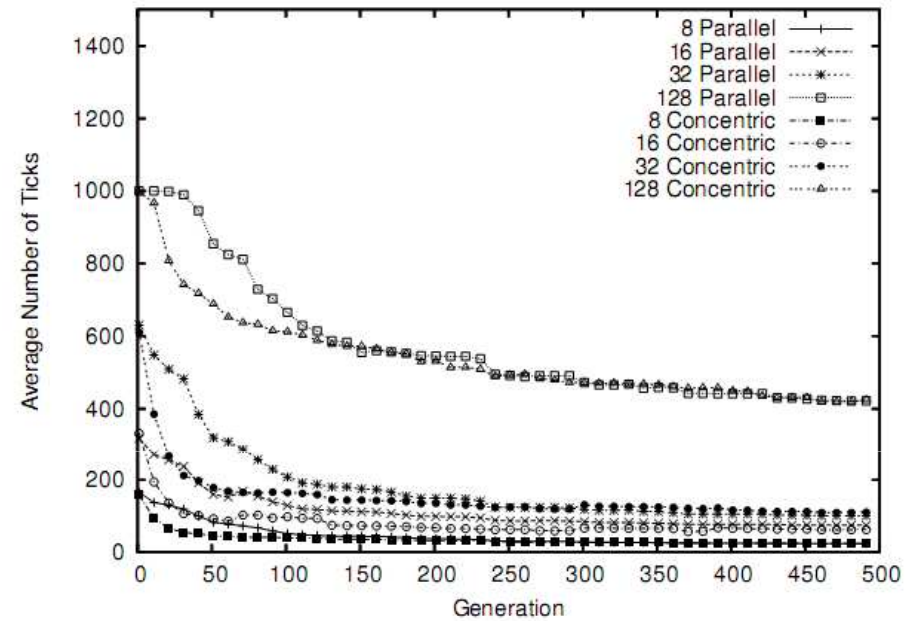
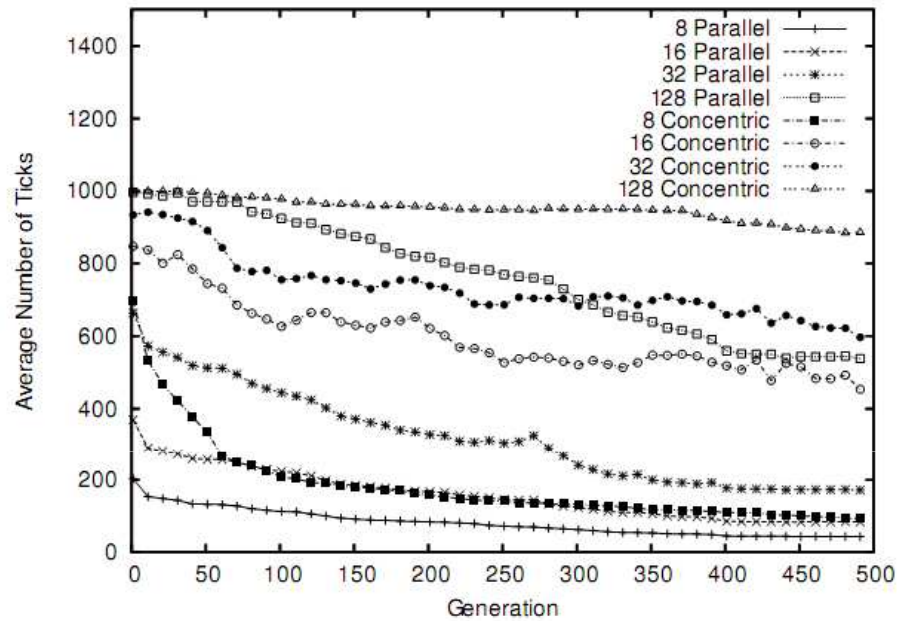
(b) Concentric



(c) Parallel



# HyperNEAT. Геометрия!



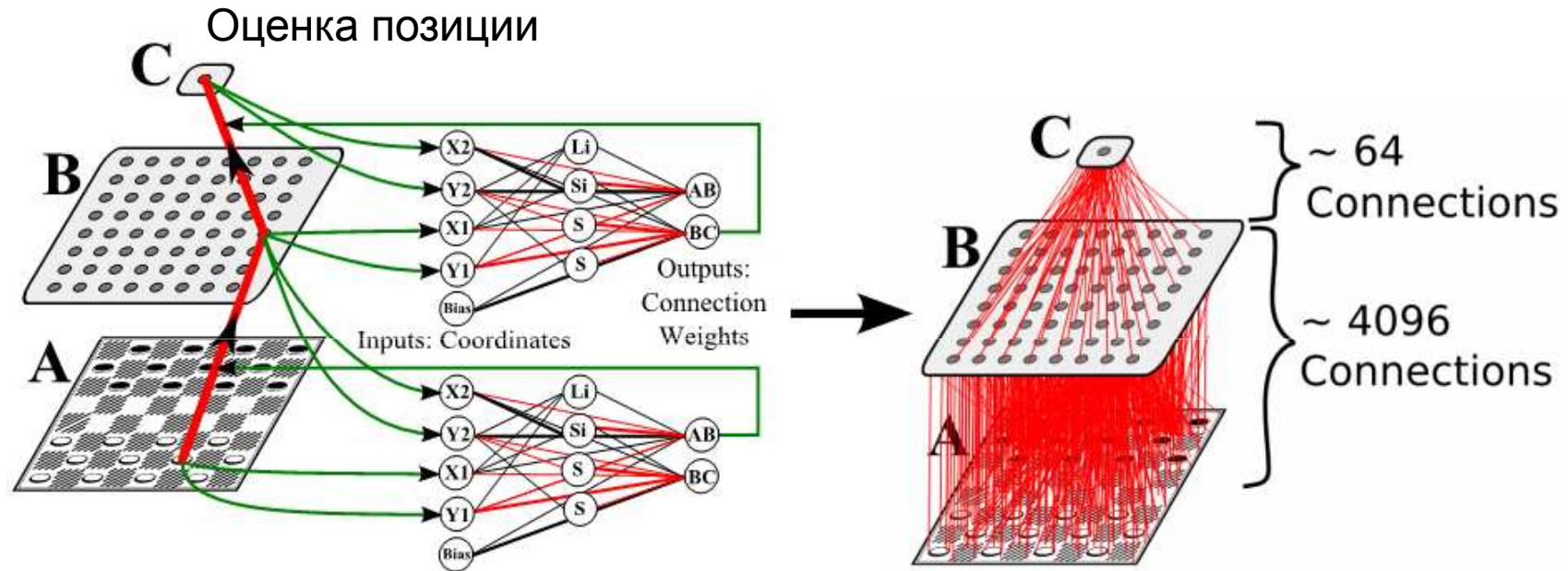
(a) 8 × 8

(b) 16 × 16

(c) 8 × 8

(d) 16 × 16

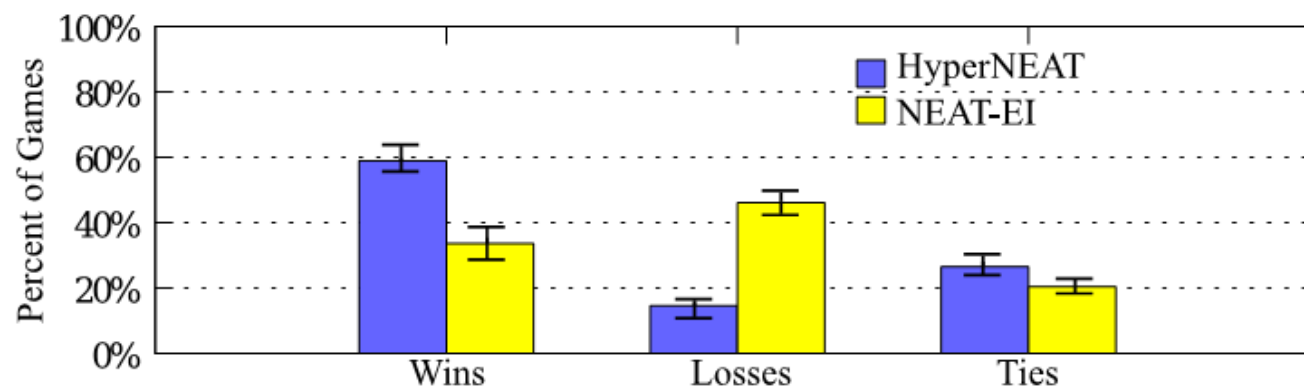
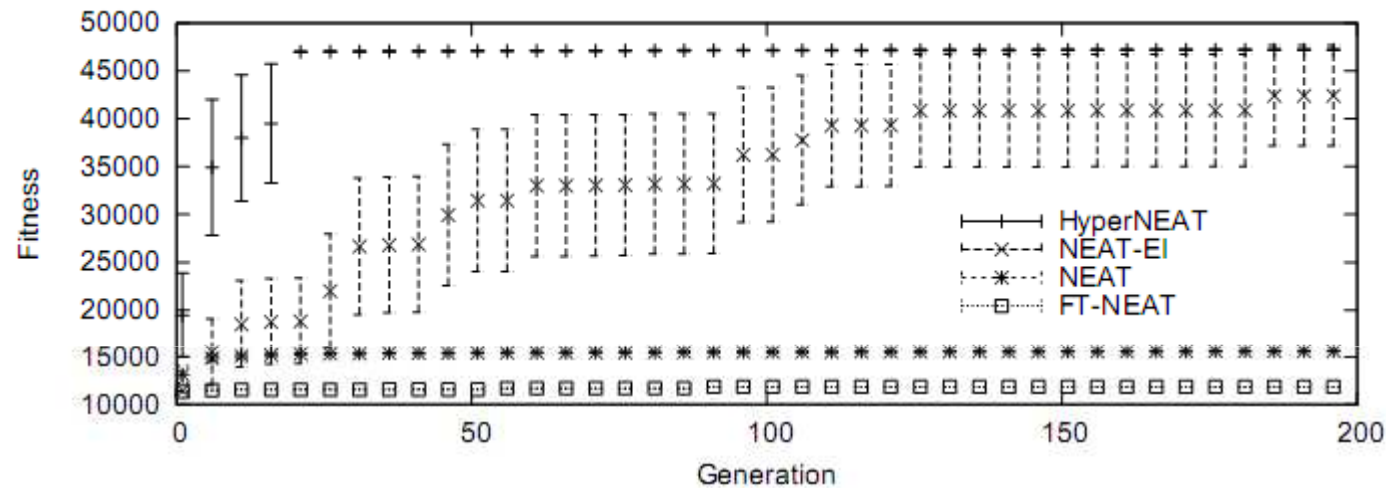
# HyperNEAT. Шашки



Gauci J., Stanley K.O. Autonomous Evolution of Topographic Regularities in Artificial Neural Networks // Neural Computation Journal, Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

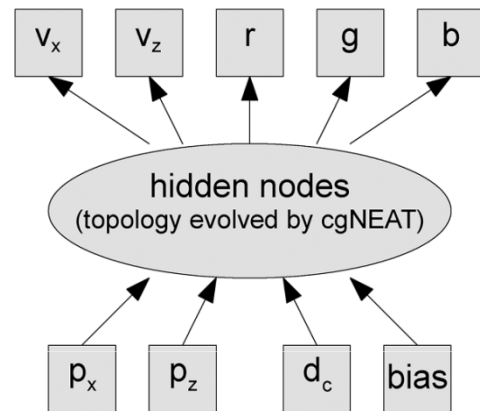
# HyperNEAT. Шашки

$$f_t = 100 + 2m_s + 3k_s + 2(12 - m_o) + 3(12 - k_o)$$

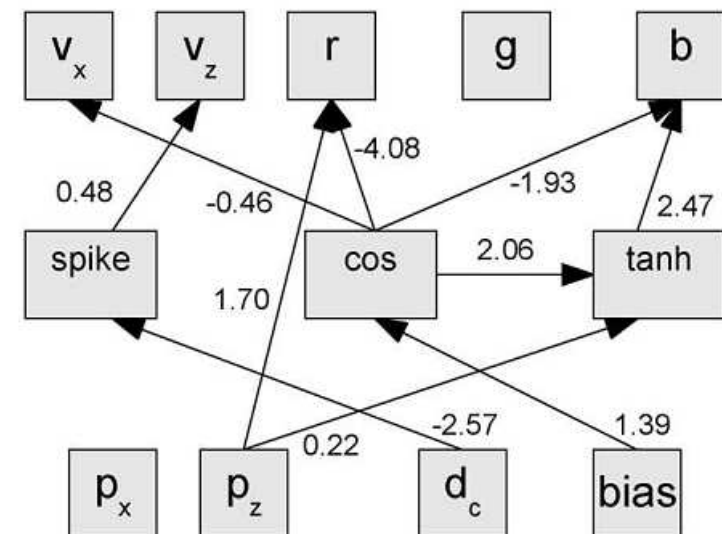


# Galactic Arms Race (GAR)

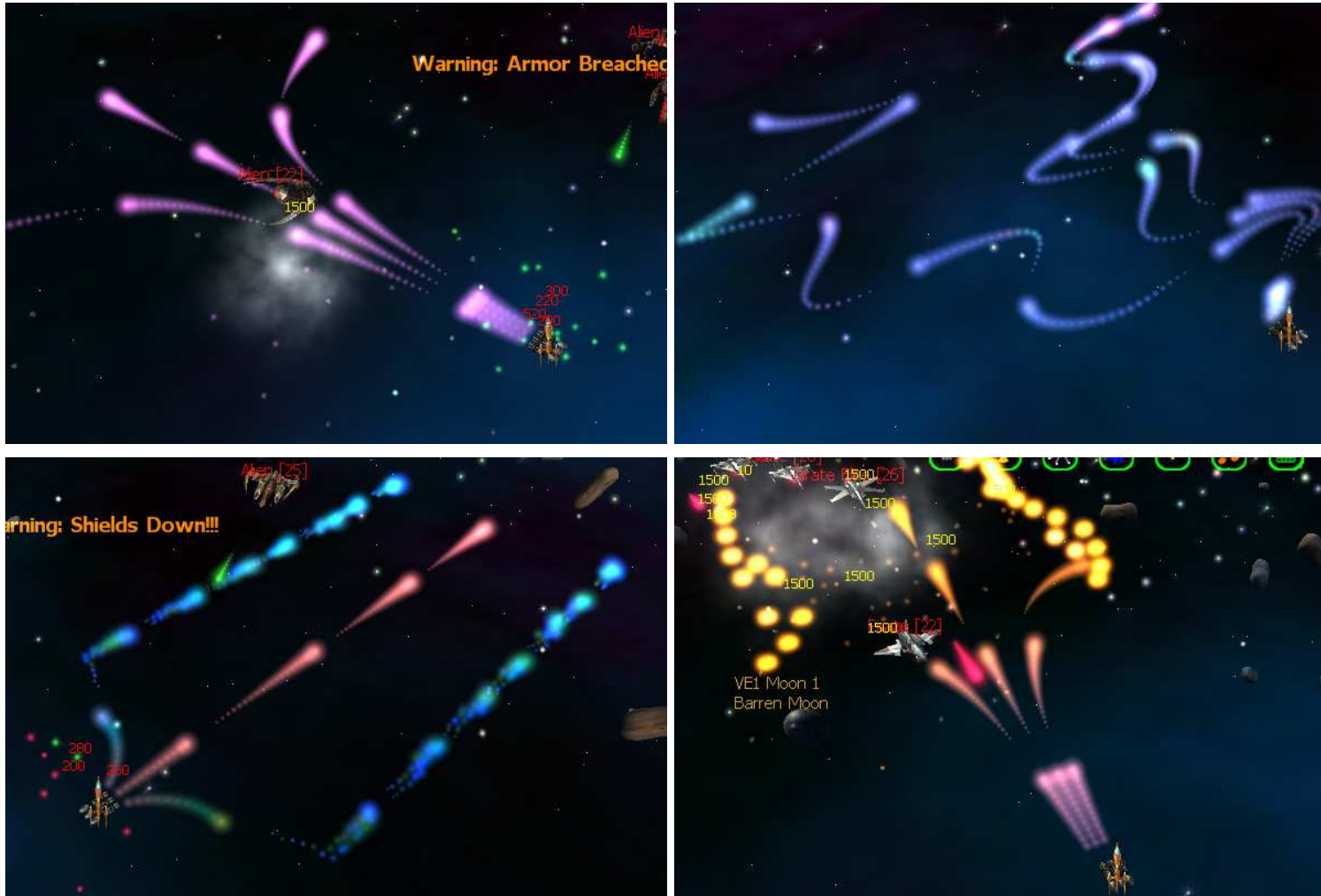
<http://gar.eecs.ucf.edu/>



Hastings E.J., Guha R.K., Stanley K.O.  
 Automatic Content Generation in the  
 Galactic Arms Race Video Game School of  
 Electrical Engineering and Computer  
 Science, University of Central Florida // In  
 IEEE Transactions on Computational  
 Intelligence and AI in Games, volume 4,  
 number 1, New York: IEEE Press, 2009



# Galactic Arms Race (GAR)



# Другие проекты

- Dance evolution  
([http://eplex.cs.ucf.edu/dance\\_evolution/](http://eplex.cs.ucf.edu/dance_evolution/))



- Picbreeder (<http://picbreeder.org/>)



- Novelty search
-

# Программные реализации

- C++ (Linux & Windows)
- Java
- C#
- Python
- Delphi
- Matlab

Открытый исходный код!

---



---

# Спасибо за внимание!

---

[http://qai.narod.ru/TomskWorkshop/neat\\_hneat\\_06\\_2011.pdf](http://qai.narod.ru/TomskWorkshop/neat_hneat_06_2011.pdf)