



# JOHDATUS TEKOÄLYYN

TEEMU ROOS



HELSINGIN YLIOPISTO

# TIETOISUUDESTA...

- Re: Paleontology
- Today 4pm: The Integrated Information Theory of Consciousness
- Re: SNLS paper – small changes
- Re: Distinguished Lecture –järjestelyt
- Quan (Eric) Nguyen
- Tomaso Poggio
- Daniel Francis Schmidt
- Rousu Juho

From Tomaso Poggio <tp@ai.mit.edu>★

Subject Today 4pm: The Integrated Information Theory of Consciousness

To bcs-all@mit.edu★, lids-seminars@mit.edu★, cambridgeml@lists.csail.mit.edu★, mltea@lists.csail.mit.edu★, cbmm-weekly@mit.edu★, csai

**Brains, Minds and Machines Seminar Series**

## The Integrated Information Theory of Consciousness

Speaker: Dr. Christof Koch, Chief Scientific Officer, Allen Institute for Brain Science

Date: Tuesday, September 23, 2014

Time: 4:00 PM

Location: Singleton Auditorium, MIT 46-3002, [MIT Bldg 46 is located at 43 Vassar St., Cambridge MA](#), cor

Host: Prof. Tomaso Poggio, Director CBMM

Refreshments to be served immediately after the talk.

Abstract:

The science of consciousness has made great strides by focusing on the behavioral and neuronal correlates, but it is not clear how much we have learned. It is not enough if we are to understand even basic facts, for example, why the cerebral cortex gives rise to consciousness. The more neurons and appears to be just as complicated. Moreover, correlates are of little help in many instances. The present: patients with a few remaining islands of functioning cortex, pre-term infants, non-mammalian species, and people at driving, recognizing faces and objects, and answering difficult questions. To address these issues



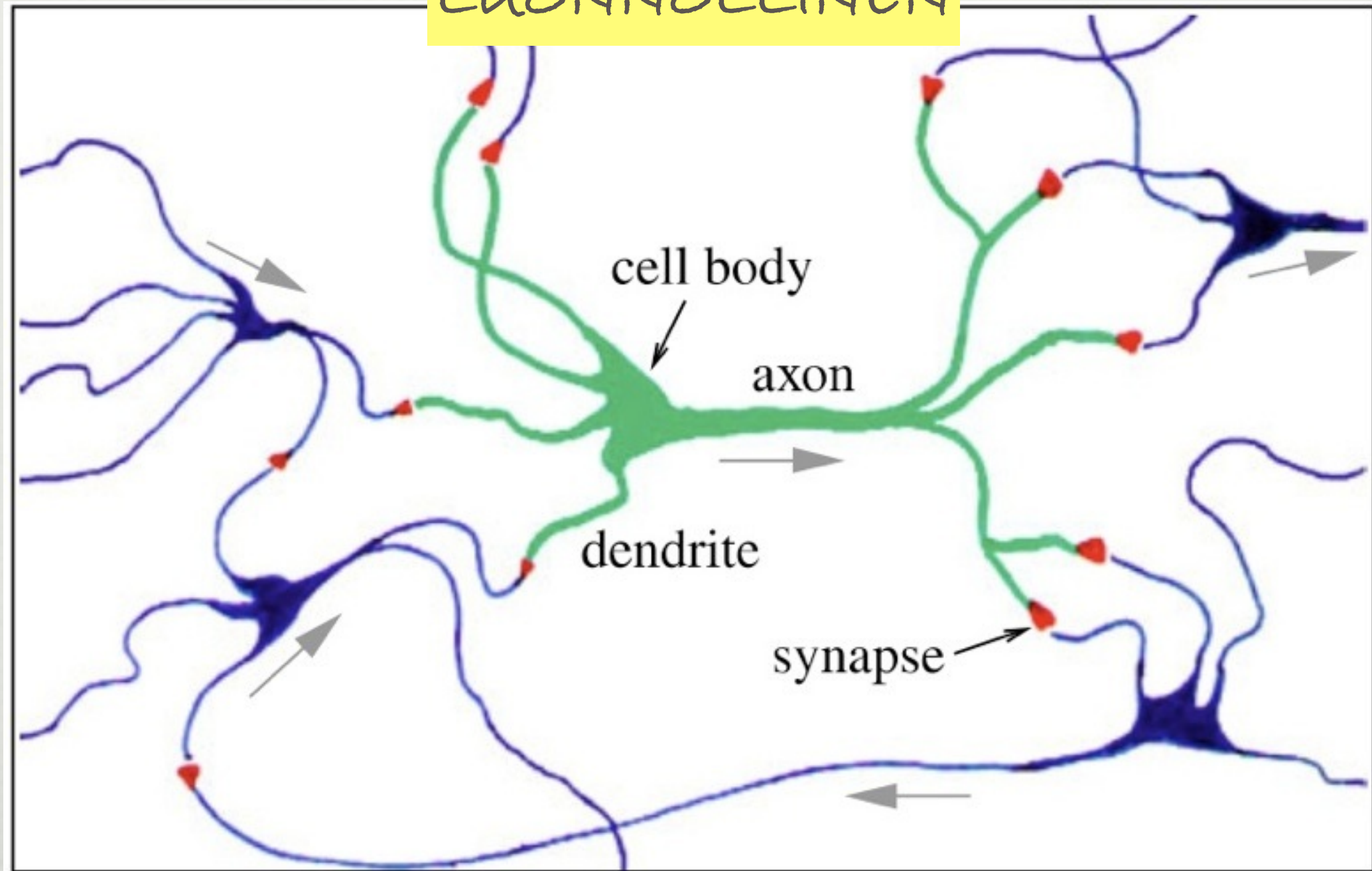
# NEUROVERKOT

---

- \* TURINGIN KONE (TAI "TAVALLINEN" OHJELMOINTI) VAIN YKSI LASKENNAN MALLI
- \* ELÄINTEN HERMOSTOSSA LASKENTA ERILAISTA:
  - RINNAKKAISUUS
  - STOKASTISUUS (SATUNNAISUUS)
  - MASSIIVINEN SKAALA
  - ADAPTIIVISUUS (OPPIMINEN)
- \* 1940-LUVULTA ALKAEN YKSI TEKOÄLYN KESKEISIMMISTÄ IDEOISTA
- \* 1960 LUVUILLA KIINNOSTUS HIIPUI
- \* 1980-LUVULTA ALKAEN UUSI AALTO

# NEUROVERKOT

## LUONNOLLINEN



LÄHDE: ERTTEL: INTRODUCTION TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE, SPRINGER, 2011.



# NEUROVERKOT

KEINOTEKOINEN



KOPIOITU VAIN IDEA:  
JOUKKO YKSIN-  
KERTAISIA PROSES-  
SOREITA, JOTKA KYTKE-  
TÄÄN YHTEEN SUU-  
REKSI VERKOKSI.

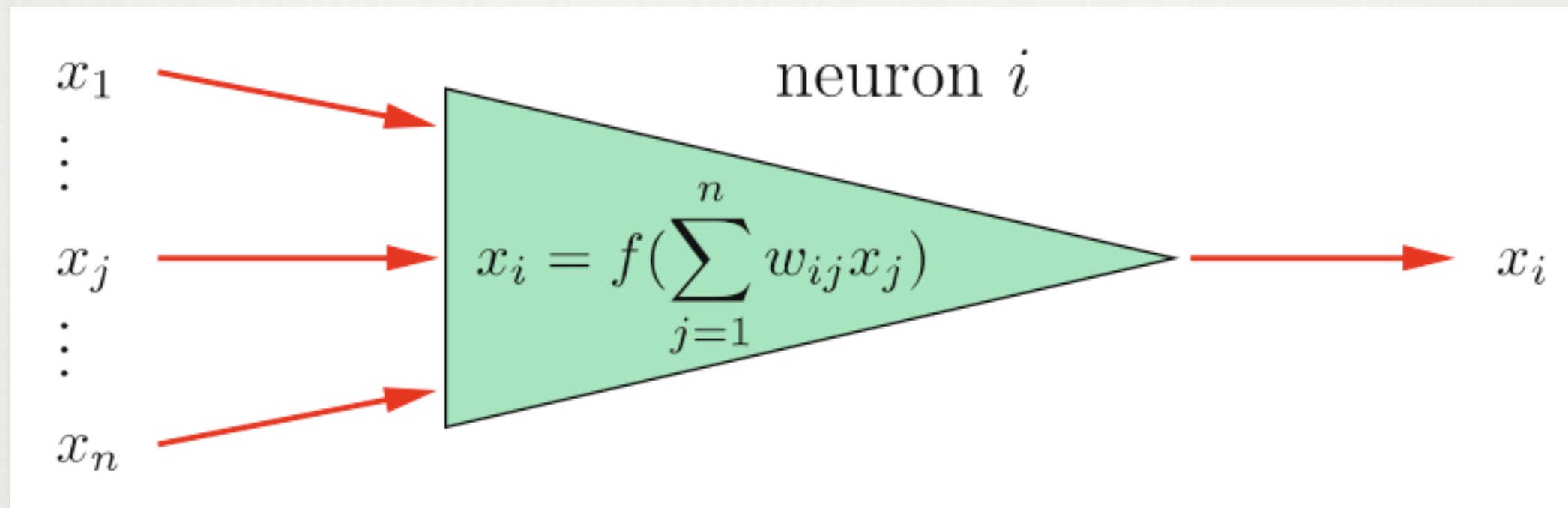
# OIKEAT VS KEINOTEKOISET NEUROVERKOT

---

- \* OIKEAT NEURONIT TOIMIVAT **EPÄSYNKRONISESTI** (ERI NEURONIT SUORITTAVAT LASKENTA-ASKELEEN ERI AIKAAN) — KEINOTEKOISET (USEIN) **SYNKRONISESTI**
- \* OIKEAT NEURONIT VÄLITTÄVÄT **BINÄÄRISIÄ** SIGNAALEJA (PÄÄLLÄ/POIS) — KEINOTEKOISET (USEIN) **JATKUVA-ARVOISIA**
- \* OIKEISSA NEUROVERKOISSA ESIINTYY (USEIN) **TAKAISINKYTKENTÄÄ** — KEINOTEKOISISSA HARVEMMIN
- \* OIKEAT NEUROVERKOT OVAT **MASSIIVISIA** — KEINOTEKOISET (LÄHES KOSKAAN) EIVÄT



# PERUSESIMERKKI



- \* SYÖTTEET  $x_1, \dots, x_n$
- \* PAINOKERTOIMET  $w_{i1}, \dots, w_{in}$
- \* AKTIVAATIOFUNKTIO  $f \Rightarrow$  TULOSTE  $x_i$
- \* HUOM: TULOSTE VOI OLLA TOISEN NEURONIN SYÖTE

# NEUROVERKKOTYYPPEJÄ

---

1. ETEENPÄIN SYÖTTÄVÄ (FEEDFORWARD) VERKKO:
  - NEURONITJÄRJESTYKSESSÄ  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow \dots$
2. TAKAISINKYTKETYVÄ (RECURRENT) VERKKO:
  - YHTEYDET MUODOSTAVAT SYKLEJÄ:  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow \dots$
3. ITSEORGANISOIVA (SELF-ORGANIZING) VERKKO
  - VERKON SOLMUT KILPAILEVAT SIITÄ, KUKA SAA AKTIVOITUA



## Tietotekniikkauutiset

# E-mail SPAM detection has been renewed

A new spam detection system is now in use for all users. The the detection rate and rate of false positives should be better system.

<http://www.cs.helsinki.fi/uutiset/75335>

\* Kaikki uutiset ja tapahtumat sekä ohjeet syötteiden tilaami  
[/uutiset](#)

AKTIVOITUA

# NEUROOVERKKOTYYPPEJÄ



Login

## HowScoresAreAssigned

Home

Wiki

RecentChanges

FindPage

HelpContents

HowScoresAreAssigned

Immutable Page Info

More Actions:

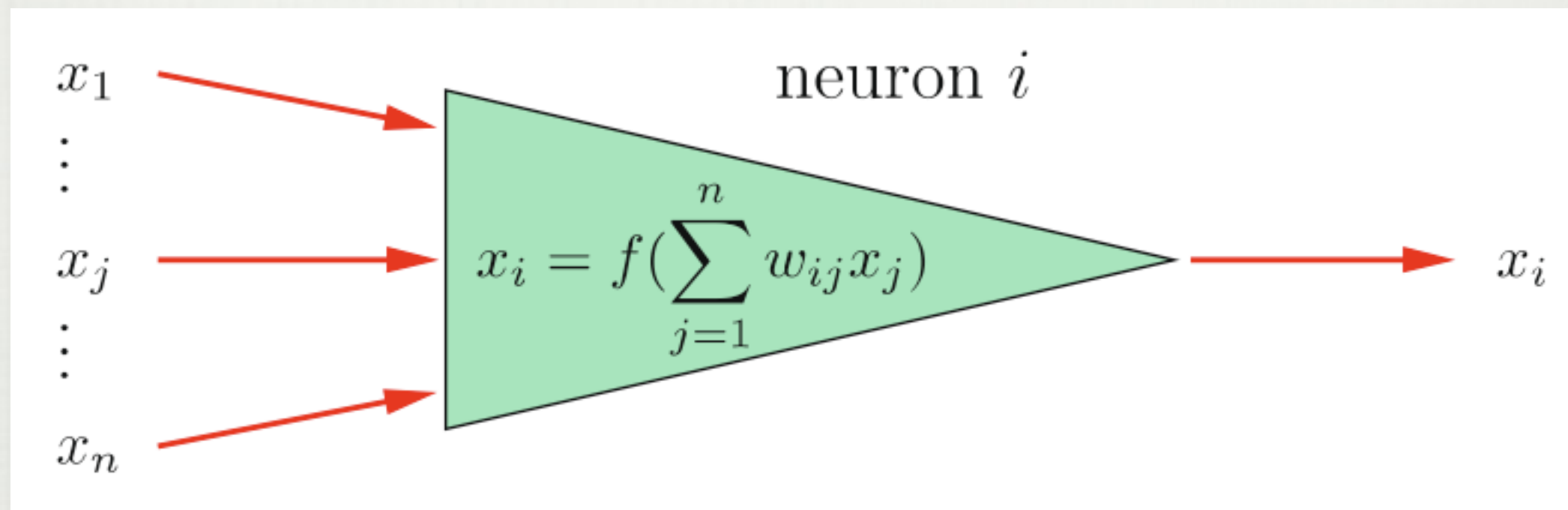
## How are the scores assigned?

The scores are assigned using a neural network trained with error back propagation ([Perceptron](#)). B number of false positives and false negatives.

A list of the rules and their assigned scores is at [tests](#).



# ETEENPÄINSYÖTTÄVÄ VERKKO: CASE PERSEPTRONI

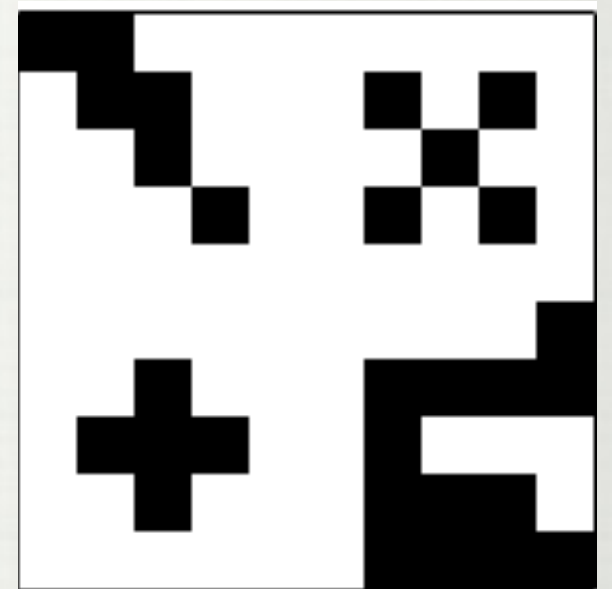


- \* SYÖTTEET JOKO REAALI- TAI BINÄÄRILUKUJA
- \* PAINOKERTOIMET REAALILUKUJA
- \* AKTIVAATIOFUNKTIONA  $f$  ON KYNNYSFUNKTIO:

$$f(z) = \begin{cases} 0, & \text{JOS } z < 0, \\ 1, & \text{MUUTEN} \end{cases} \quad \left( z = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j \right)$$

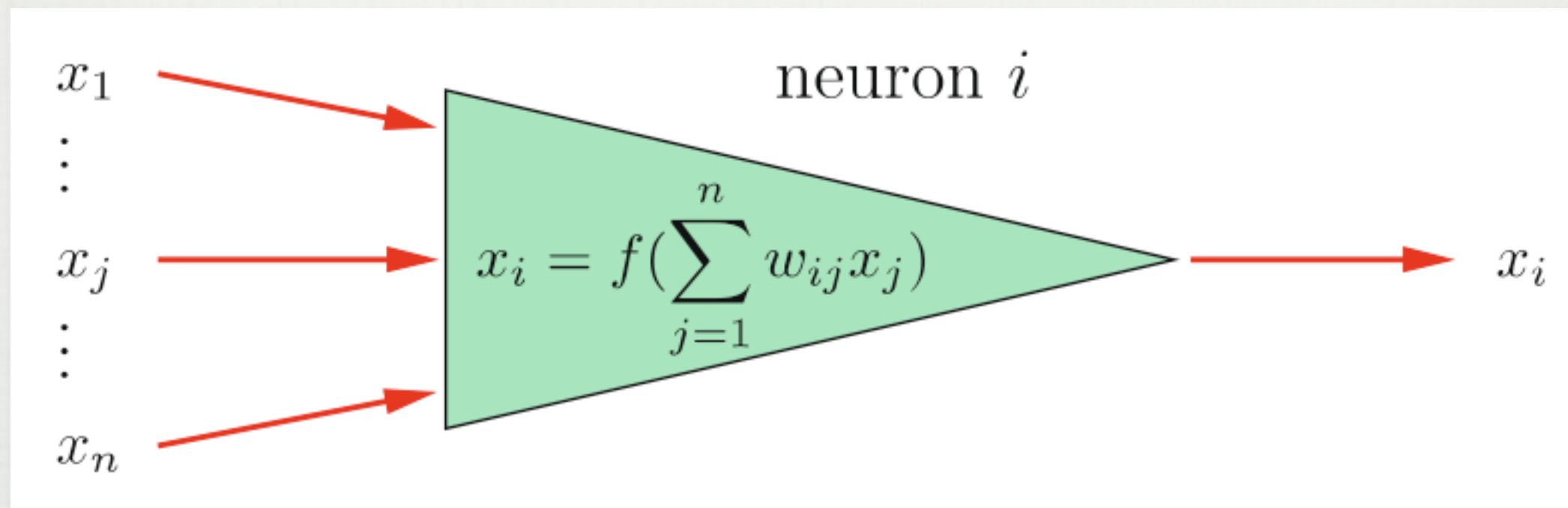
# PERSEPTRONI

- \* TAVOITE SAADA TULOSTE SOPIMAAN YHTEEN OIKEAN VASTAUKSEN KANSSA
- \* SYÖTE VOI OLLA ESIM LÄJÄ PIKSELEITÄ
- \* TAVOITE TUNNISTAA ONKO KYSEESSÄ TIETTY HAHMO
- \* PAINOKERTOIMIEN MÄÄRÄÄMINEN SITEN ETTÄ TOIMII, SAATTAA OLLA TYÖLÄSTÄ
- \* RATKAISU: **KONEOPPIMINEN**, ELI OPITAAN PAINOT DATASTA



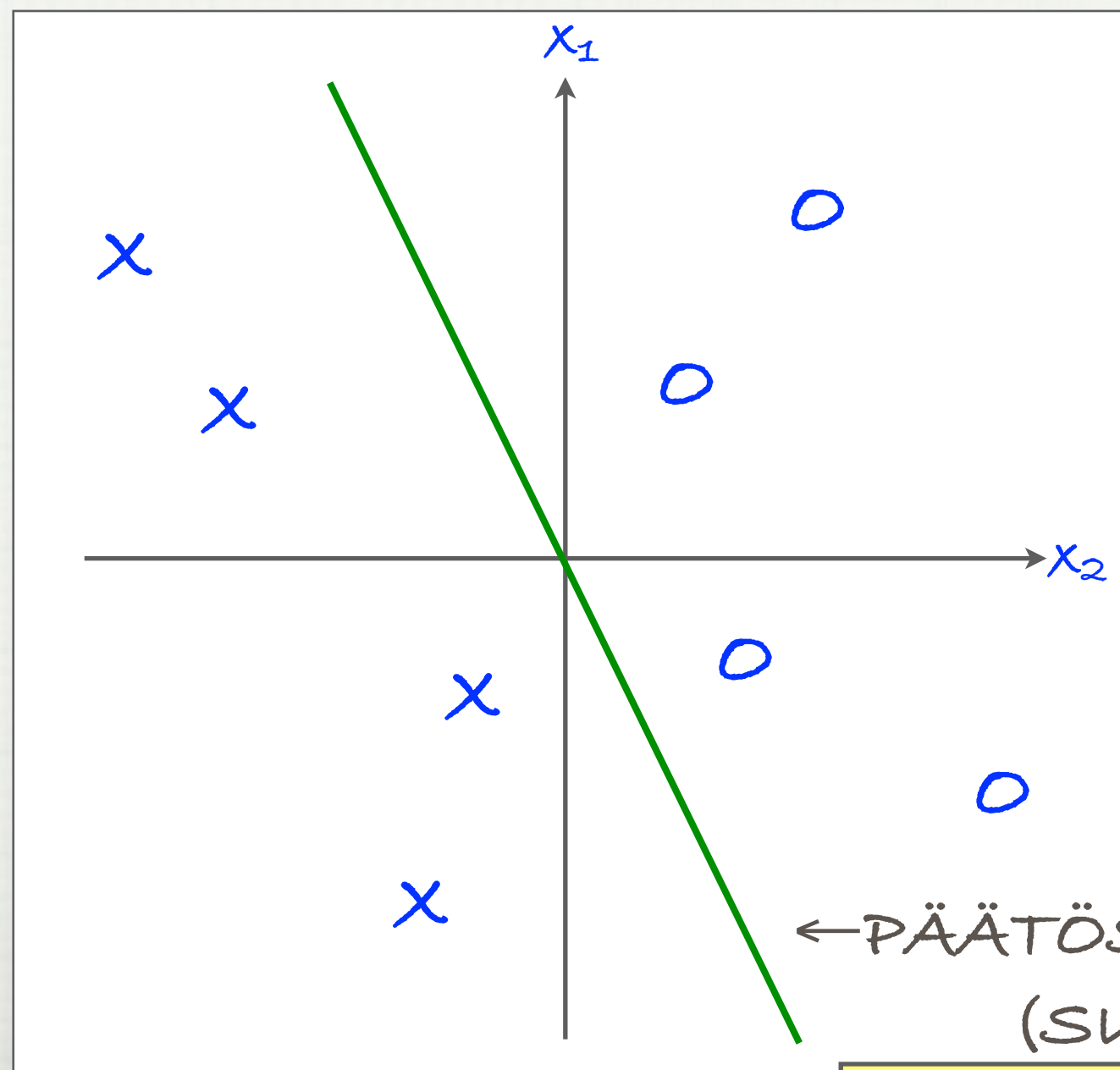


# PERSEPTRONI



- \* PAINOKERTOMIEN VAIKUTUS AKTIVAATIOFUNKTION ARGUMENTTIIN  $\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j$  ON LINEAARINEN
- \* PÄÄTÖSRAJAPINTA, JOKA MÄÄRÄÄÄ TULOSTEEN ON SIKSI "HYPERTASO" (PINNAN KORKEADIMENSIONINEN YLEISTYS)
- \* 2D:  $x_i = 1$ , JOS PISTE  $x = (x_1, x_2)$  ON ORIGON KAUTTA KULKEVAN SUORAN "OIKEALLA" PUOLELLA

# PERSEPTRONI

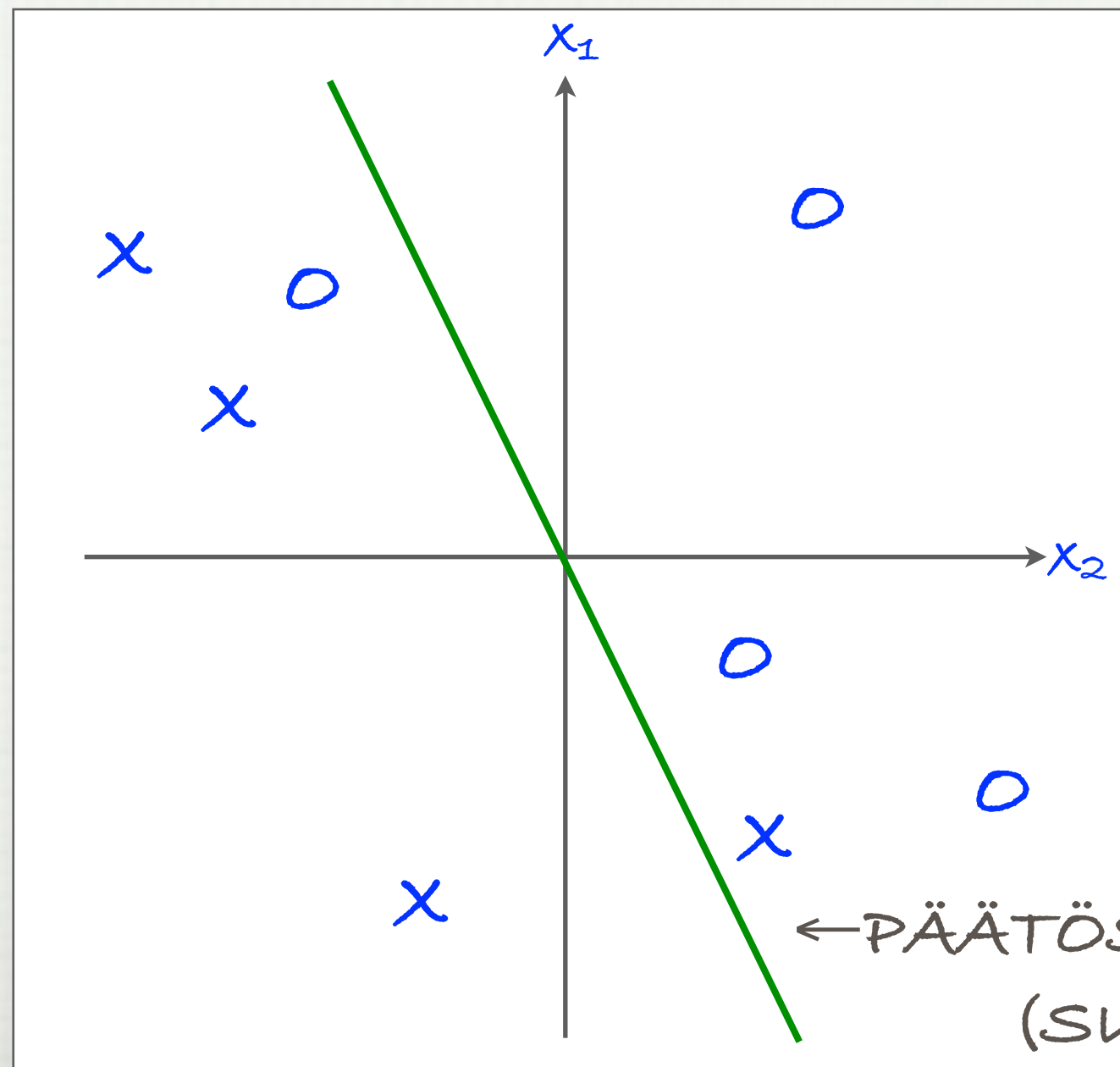


← PÄÄTÖSRAJAPINTA  
(SUORA)

$$w_{i1}x_1 + w_{i2}x_2 = 0$$



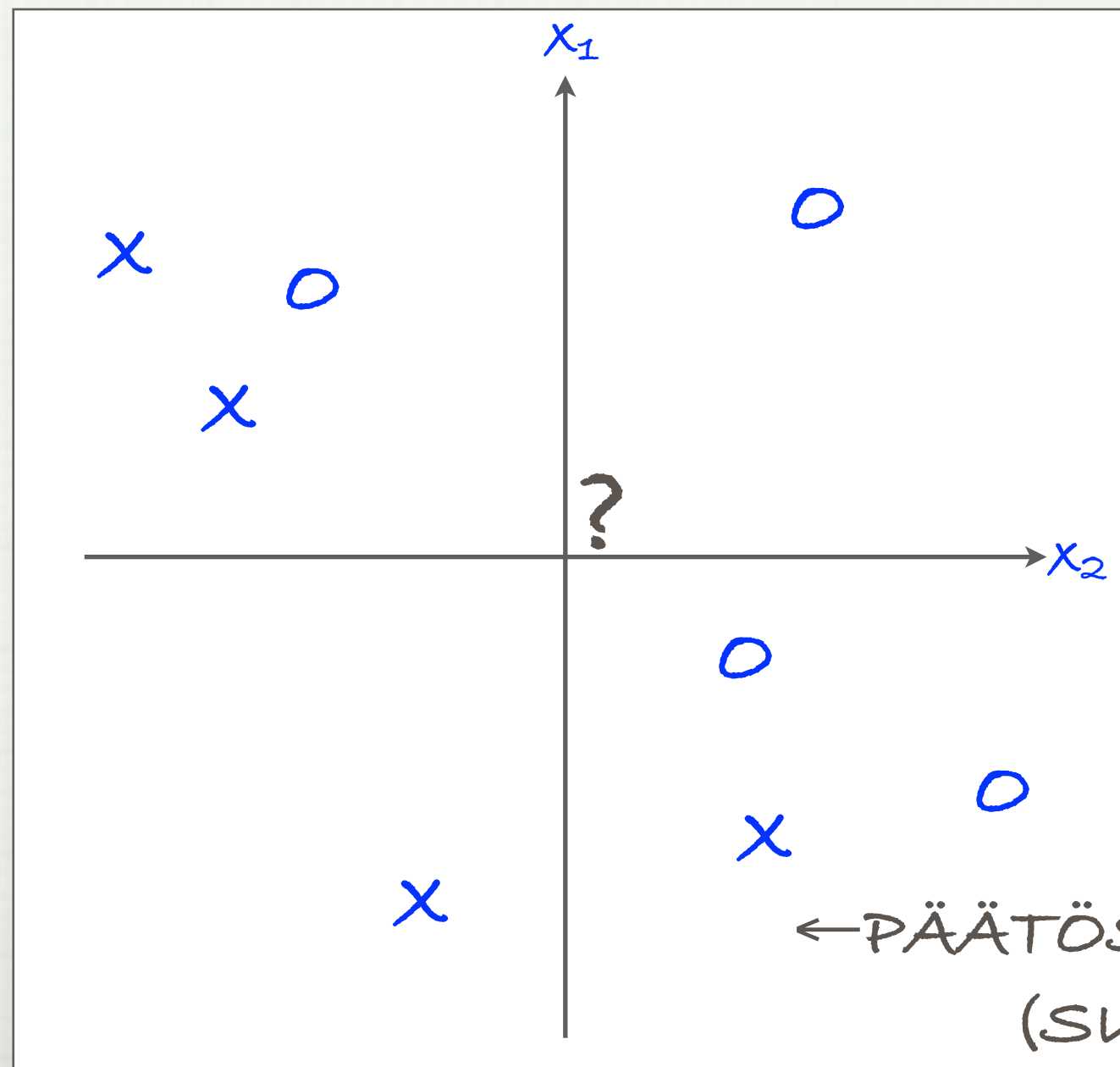
# PERSEPTRONI



← PÄÄTÖSRAJAPINTA  
(SUORA)

# PERSEPTRONI

---





# PERSEPTRONI

## ✱ PERSEPTRONIALGORITMI (ROSENBLATT, 1958)

PERCEPTRON-LUOKITTELIJA(Data):

$w = [0, \dots, 0]$  // painovektori. dimensio= $n$ ; sama kuin datan

**while** Luokitteluvirhe(Data,  $w$ ) > 0

$(x, y) = \text{PoimiSatunnainenEsimerkki(Data)}$

$z = w_1 x_1 + \dots + w_n x_n$  // kynnysfunktion argumentti

**if**  $z \geq 0$  **and**  $y = 0$ : // luokiteltiin nolla rastiksi

$w = w - x$  // vektorien erotus

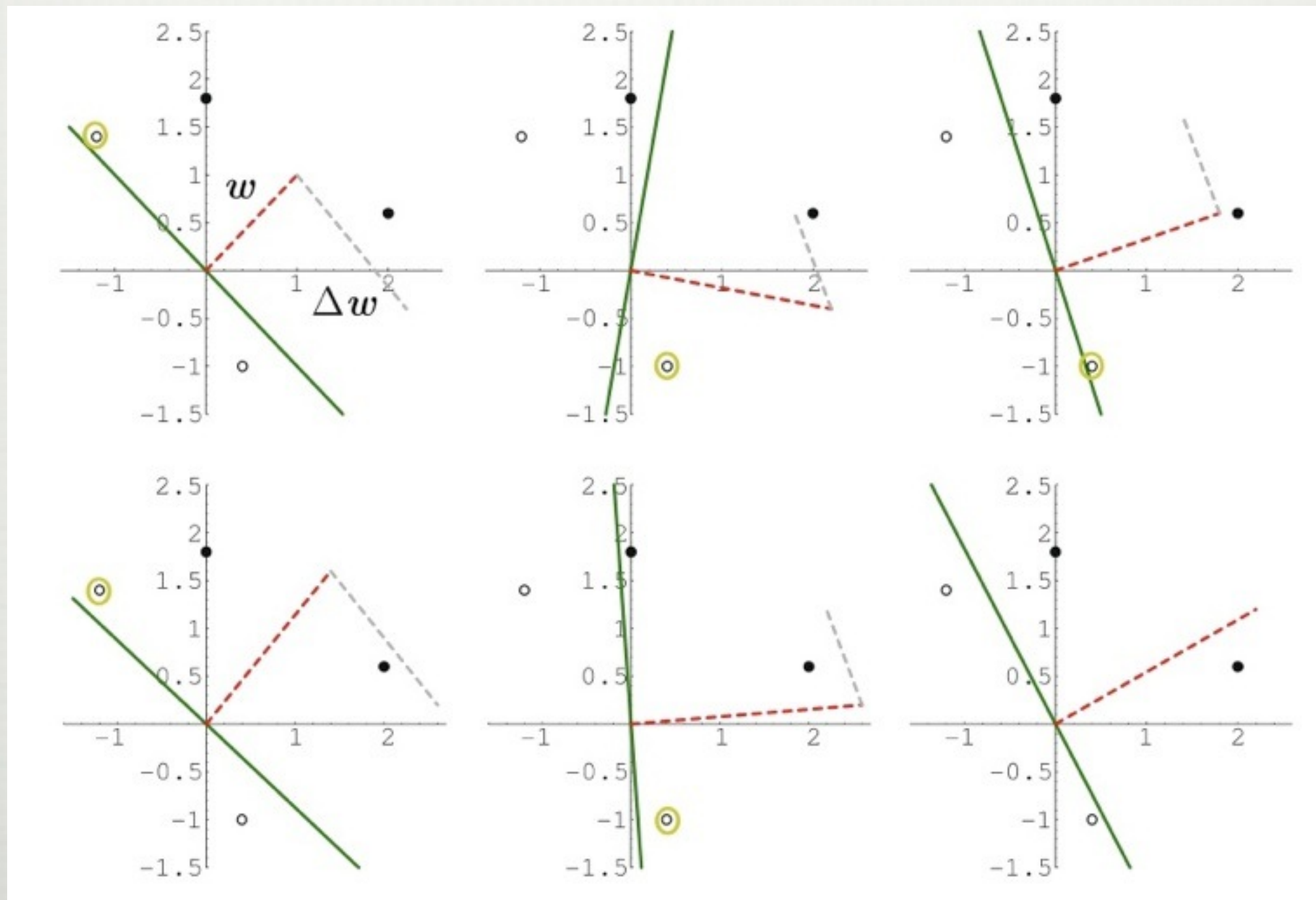
**if**  $z < 0$  **and**  $y = 1$ : // luokiteltiin rasti nollaksi

$w = w + x$  // vektorien summa

**end-while**

**return**( $w$ )

# PERSEPTRONI





# PERSEPTRONI

---

## PERUSONGELMA:

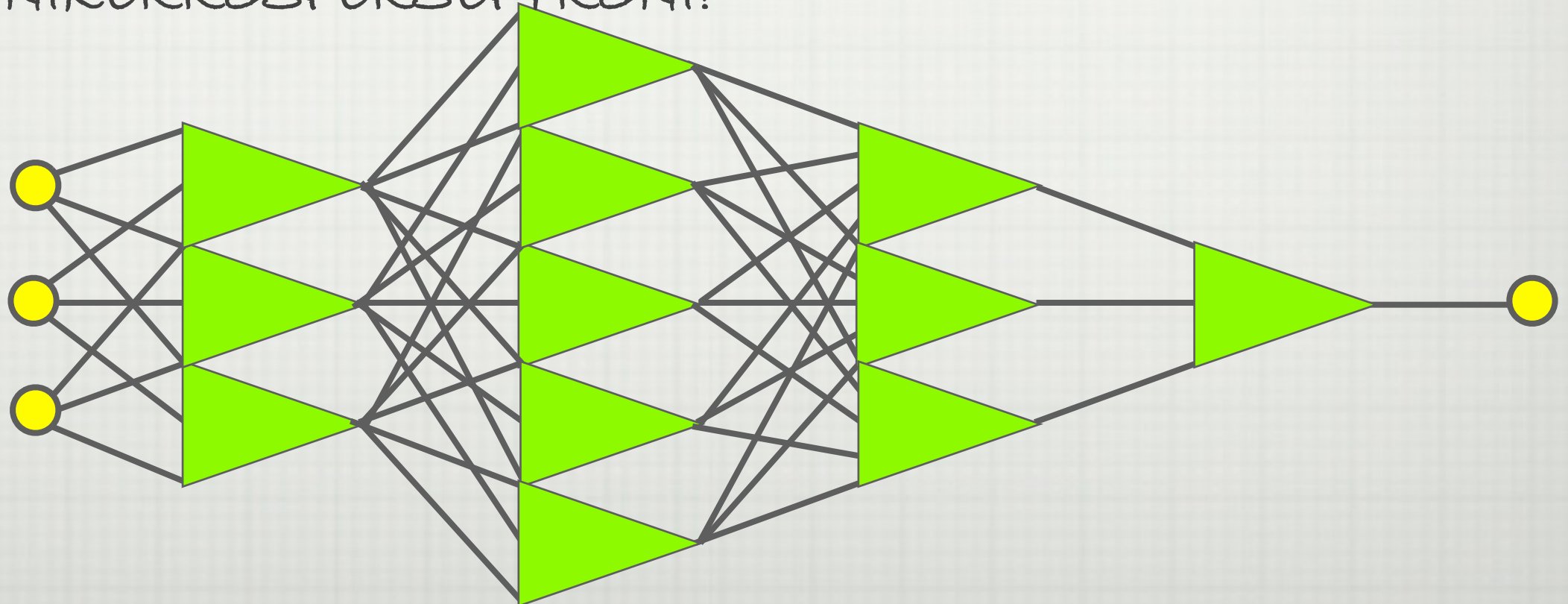
- \* PERSEPTRONIALGORITMI LÖYTÄÄ ENNEN PITKÄÄ OIKEAN PÄÄTÖSRAJAPINNAN, JOS (!) SELLAINEN ON OLEMASSA
- \* OIKEA PÄÄTÖSRAJAPINTA ON OLEMASSA  $\Leftrightarrow$  AINEISTO ON "LINEAARISESTI EROTELTAVISSA"
- \* MUUSSA TAPAUKSESSA SE JÄÄ IKKUISESTI MUUTTELEMAAN PAINOJA

# PERSEPTRONI

## YLEISTYKSIÄ:

- \* OPPIMISALGORITMIA SÄÄTÄMÄLLÄ VOIDAAN LÖYTÄÄ **PARAS MAHDOLLINEN** (PIENIMMÄN VIRHEEN) RAJAPINTA  
⇒ TOIMII MYÖS SILLOIN KUN DATA **EI** LIN. EROTELTAVISSA

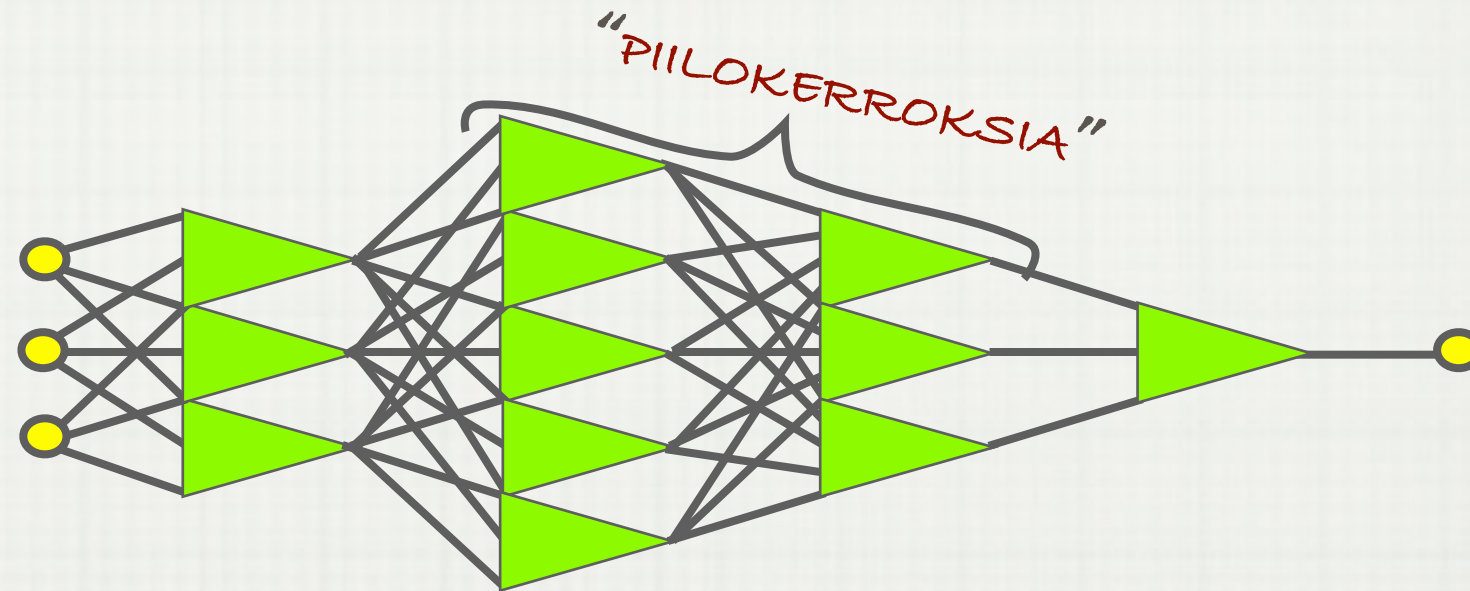
- \* MONIKERROSPERSEPTRONI!





# MONIKERROSPERSEPTRONI

---



AKTIVAATIOFUNKTIO EI YLEENSÄ KYNNYSFUNKTIO, VAAN JOTAIN MUUTA. TULOSTEARVOT YLEENSÄ REAALILUKUJA

**UNIVERSAALI MALLI:** PYSTYY ESITTÄMÄÄN "MITÄ VAAN" (JOS PIILOKERROSTEN NEURONEITA RIITTÄVÄSTI)!

# MONIKERROSPERSEPTRONI

---

- \* PIILOKERROKSET TEKEVÄT OPPIMISESTA VÄHÄN HAASTAVAMPAA
- \* TAKAISINVIRTAUSALGORITMI (BACKPROPAGATION):
  - ARVIOIDAAN JOKAISEN SOLMUN KOHDALLA PALJONKO SE AIHEUTTAA VIRHETTÄ JA KORJATAAN SEN MUKAAN
- \* EI VÄLTTÄMÄTTÄ LÖYDÄ PARASTA RATKAISUA VAAN LOKAALIN OPTIMIN



# MONIKERROSPERSEPTRONI

## Neural Network Classification - Two Spirals Problem

Tags: Two Spirals, Two Spiral, Neural Network, Neural Networks, Snn, Sharky, Classification, Recognition, Ai, Artificial Intelligence, Ci, Computational Intelligence, Backpropagation, Supervised Learning, Machine Learning, Neuron, Perceptron, Two-spirals, Two-s

0

0

+1

Tykkä

### Varaa lomasi upeasta

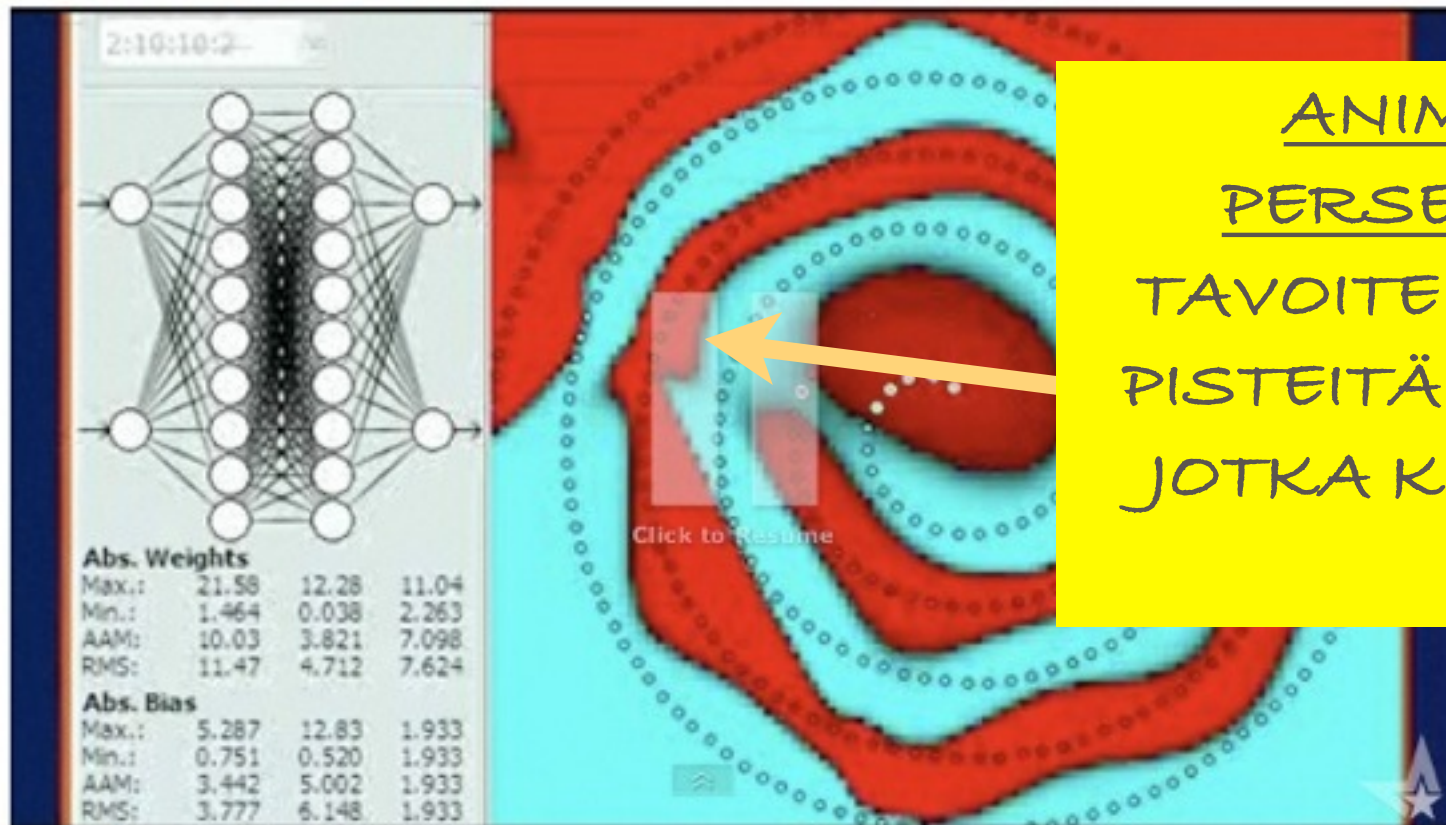
Holiday Club Saimaasta. Tutustu ja varaa elämyksellinen loma!

[www.HolidayClub.fi/Saimaa](http://www.HolidayClub.fi/Saimaa)

### SuomiCom Laajakaista

ÄlyTV - Facebook telkkarissa. Tutustu ja voita Samsung SmartTV

[www.SuomiCom.fi/SmartTV](http://www.SuomiCom.fi/SmartTV)



## ANIMAATIO MONIKERROS- PERSEPTRONIN OPPIMISESTA:

TAVOITE LUOKITELLA (X,Y)-TASON  
PISTEITÄ KAHTeen ERI LUOKKAAN,  
JOTKA KUMPIKIN OVAT SPIRAALIN  
MUOTOISIA.



00:44 Why Immelt Sold NBC Universal - Season 44 - Epi...

935 Views  
By CBS



01:18 Christina Milan Interview Talks About Working o...

1,093 Views  
By blacktreety

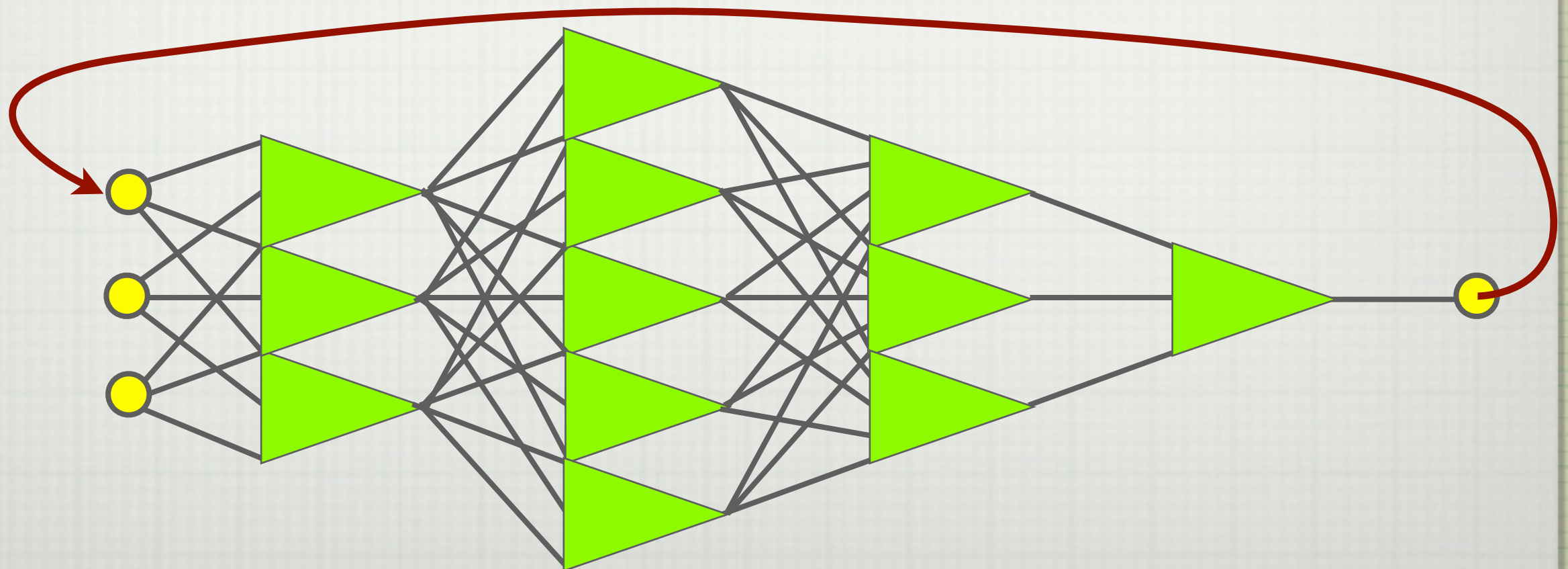


02:15 Will Skudin: Big Wave Surfing



# TAKAISINKYTKEYTYVÄ NEUROVERKKO

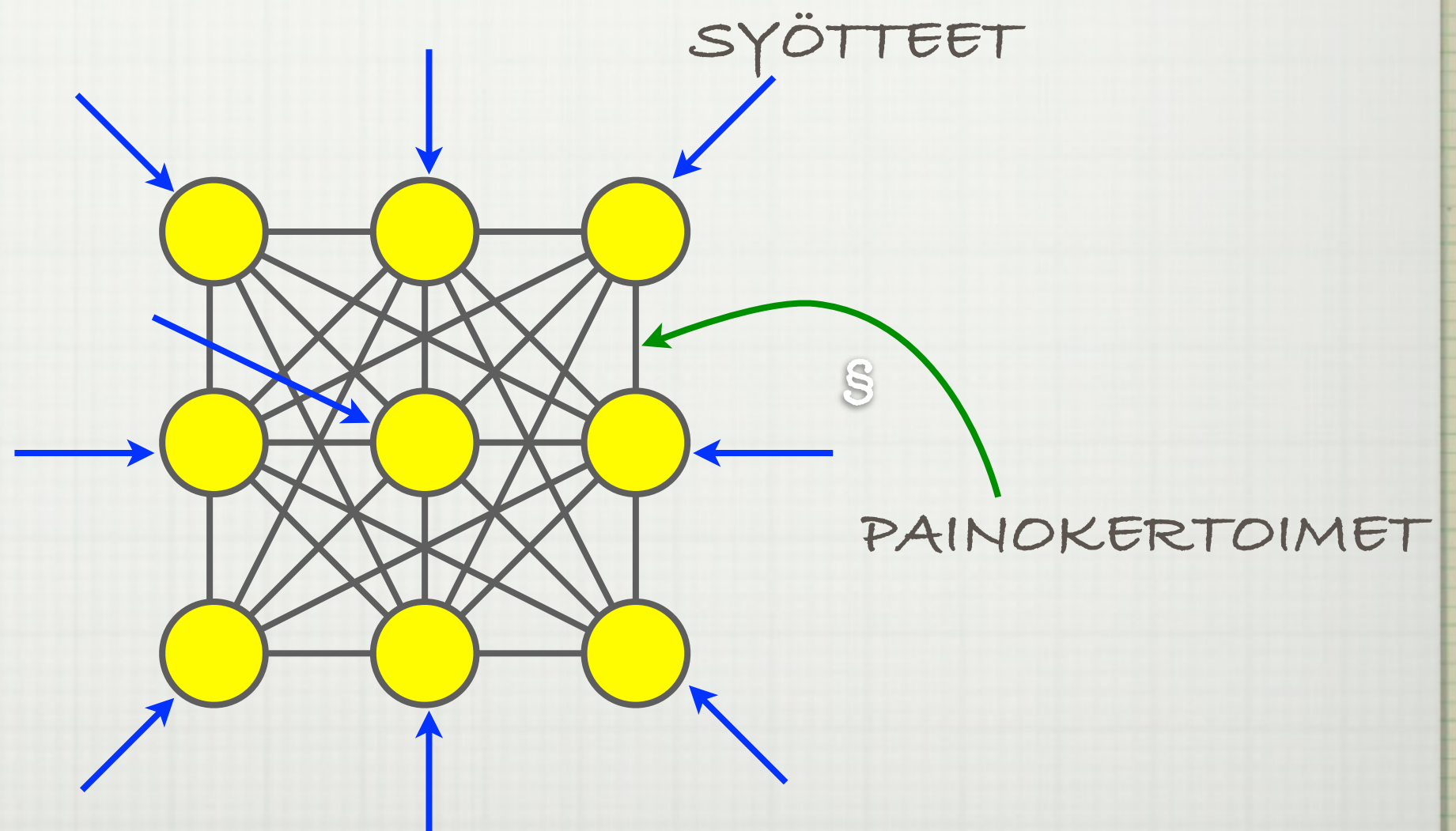
- \* NEURONI VOI VAIKUTTA A MUIDEN NEURONIEN KAUTTA OMIIN SYÖTTEISIINSÄ
- \* TAKAISINKYTKENTÄ AIHEUTTAA MONIMUTKAISIA DYNAAMISIA ILMIÖITÄ:





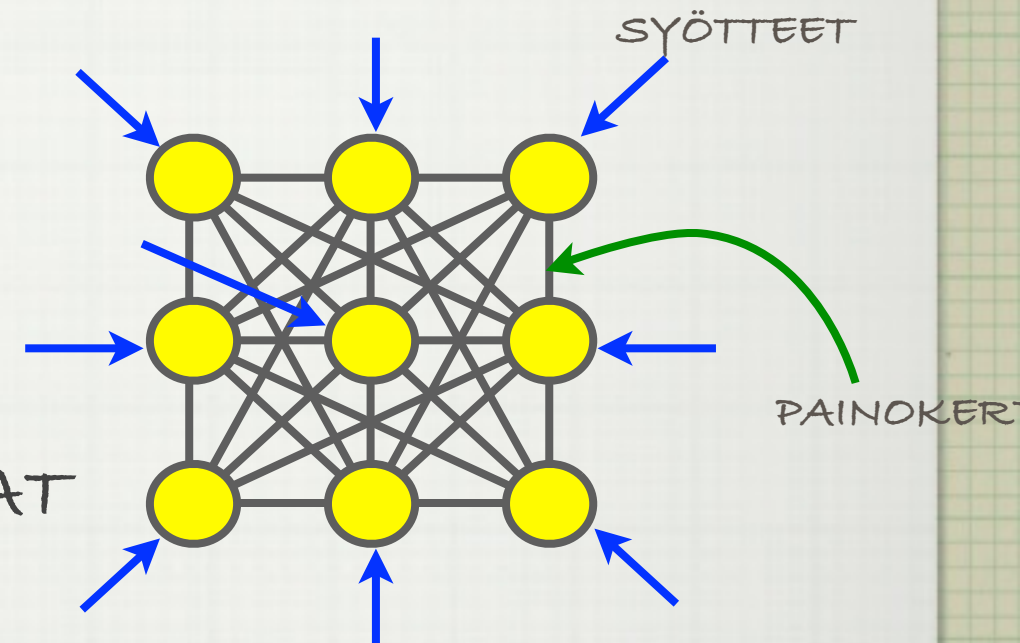
# TAKAISINKYTKYTYVÄ VERKKO: CASE HOPFIELDIN VERKKO

---



# TAKAISINKYTKYTYVÄ VERKKO: CASE HOPFIELDIN VERKKO

- \* OPPIMINEN TAPAHTUU ESITTÄMÄLLÄ JOUKKO TILOJA (SYÖTEJOKAISILLE NEURONILLE)
- \* PAINOKERTOIMET KUVAAVAT SITÄ, KUINKA USEIN KAKSI NEURONIA OVAT PÄÄLLÄ SAMANAIKAISESTI
- \* KUN PAINOKERTOIMET ON OPITTU, VERKKO ALUSTETAAN HALUTTUUN ALKUTILAAN (SYÖTE)
- \* NEURONIT VALITSEVAT UUDEN TILAN MUIDEN NEURONIEN TILOJEN JA PAINOKERTOIMIEN PERUSTEELLA
- \* UUSI TILA TOIMII SYÖTTEENÄ SEURAAVASSA ITERAATIOSSA





# HOPFIELDIN VERKKO

INTUITIO: LASKEE KUINKA  
USEIN NEURONIT  $i$  JA  $j$  SAAVAT  
SAMAN ARVON OPETUS-  
DATASSA OLEVISSA  
SYÖTTEISSÄ

## \* OPPIMISSÄÄNTÖ:

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^N q_{ik} q_{jk} / N$$

MISSÄ

$q_{ik} = +1$  JOS NEURONI  $i$  PÄÄLLÄ  
 $k$ 'NNESSA ESIMERKISSÄ;  
 $-1$  MUUTEN.

## \* NEURONIN AKTIVAATIOSÄÄNTÖ (VRT. PERSEPTRONIN TOIMINTA — SAMA SÄÄNTÖ!):

$$x_i = +1 \text{ JOS } \sum_{j \neq i} w_{ij} x_j > 0$$

# BOLTZMANNIN KONE

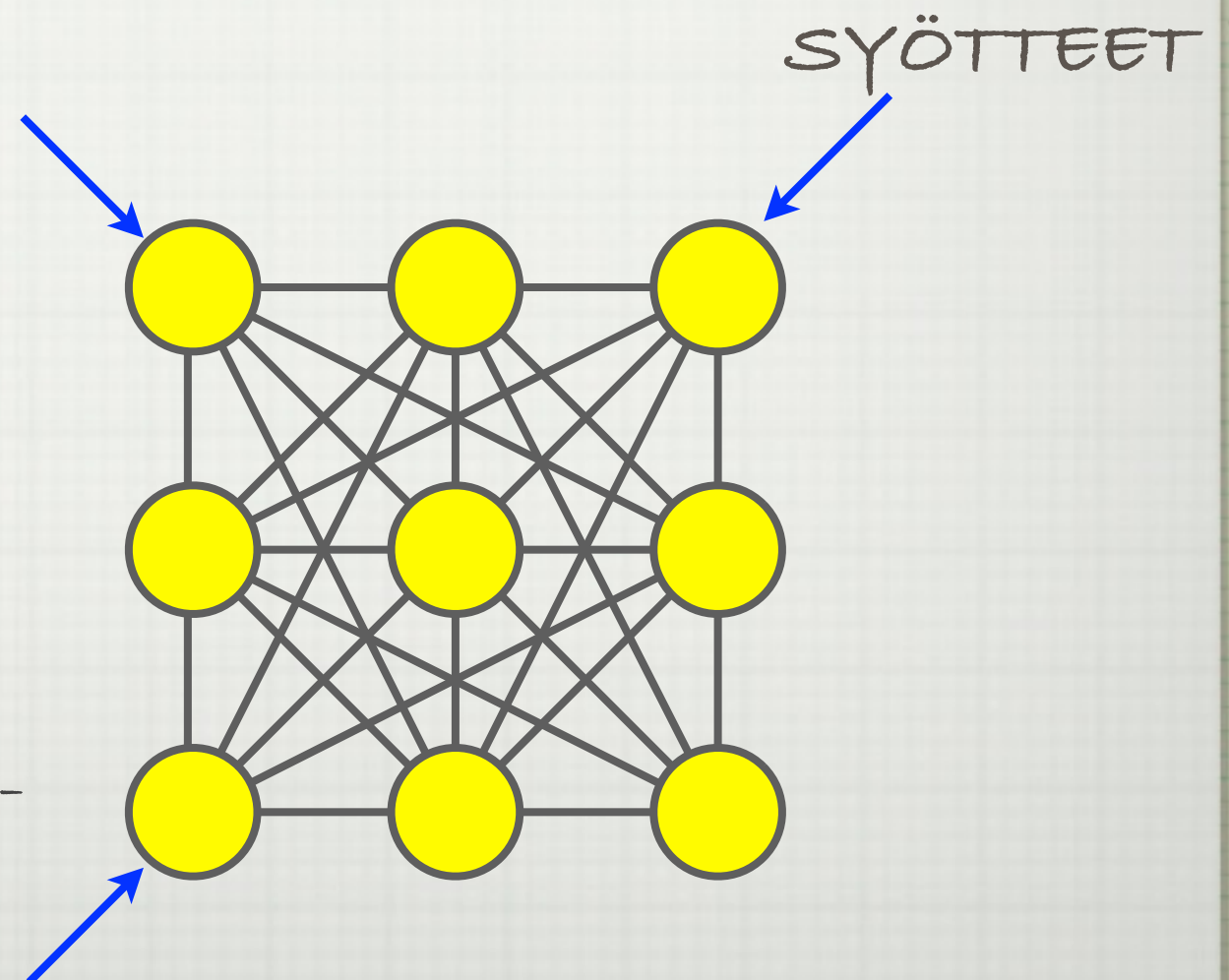
- \* TOINEN ESIMERKKI TAKAISINKYTKYTYVISTÄ VERKOISTA

- \* STOKASTINEN (=SATUNNAINEN) VERSIO HOPFIELDIN VERKOISTA

- \* SYÖTTEINÄ USEIN VAIN OSA NEURONEISTA

- \* "RESTRICTED B-KONE":  
KAIKKI NEURONIT EIVÄT  
KYTKETTY KAIKKIIN MUIHIN

- \* HIEMAN ERILAINEN OPPIMIS-  
SÄÄNTÖ





§

SYÖTTEENÄ EPÄSELVIÄ  
NUMEROITA  
(PIKSELI = NEURONI)



VERKON TILA KEHITTYY  
KOHTI OPETUSAINEISTOSSA  
ESIINTYVIÄ TILOJA  
(SELVEMPIÄ NUMEROITA)

TÄSSÄ SATUNNAISUUS SAA  
VERKON VAELTELEMAAN  
ERI NUMEROIDEN VÄLILLÄ  
LOPUTTOMASTI

# BOLTZMANNIN KONE

vimeo

Join

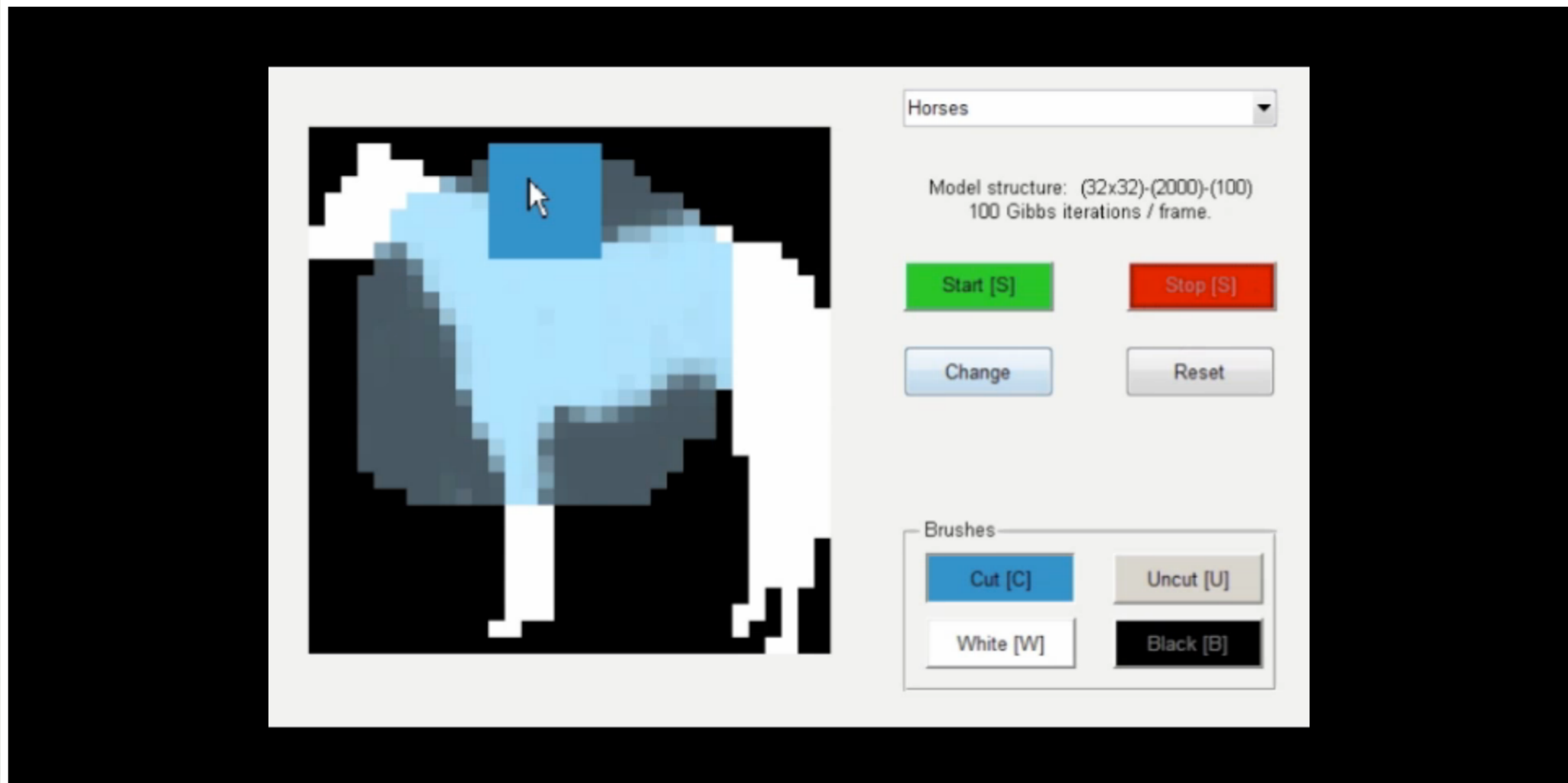
Log In

Create

Watch

Upload

Search



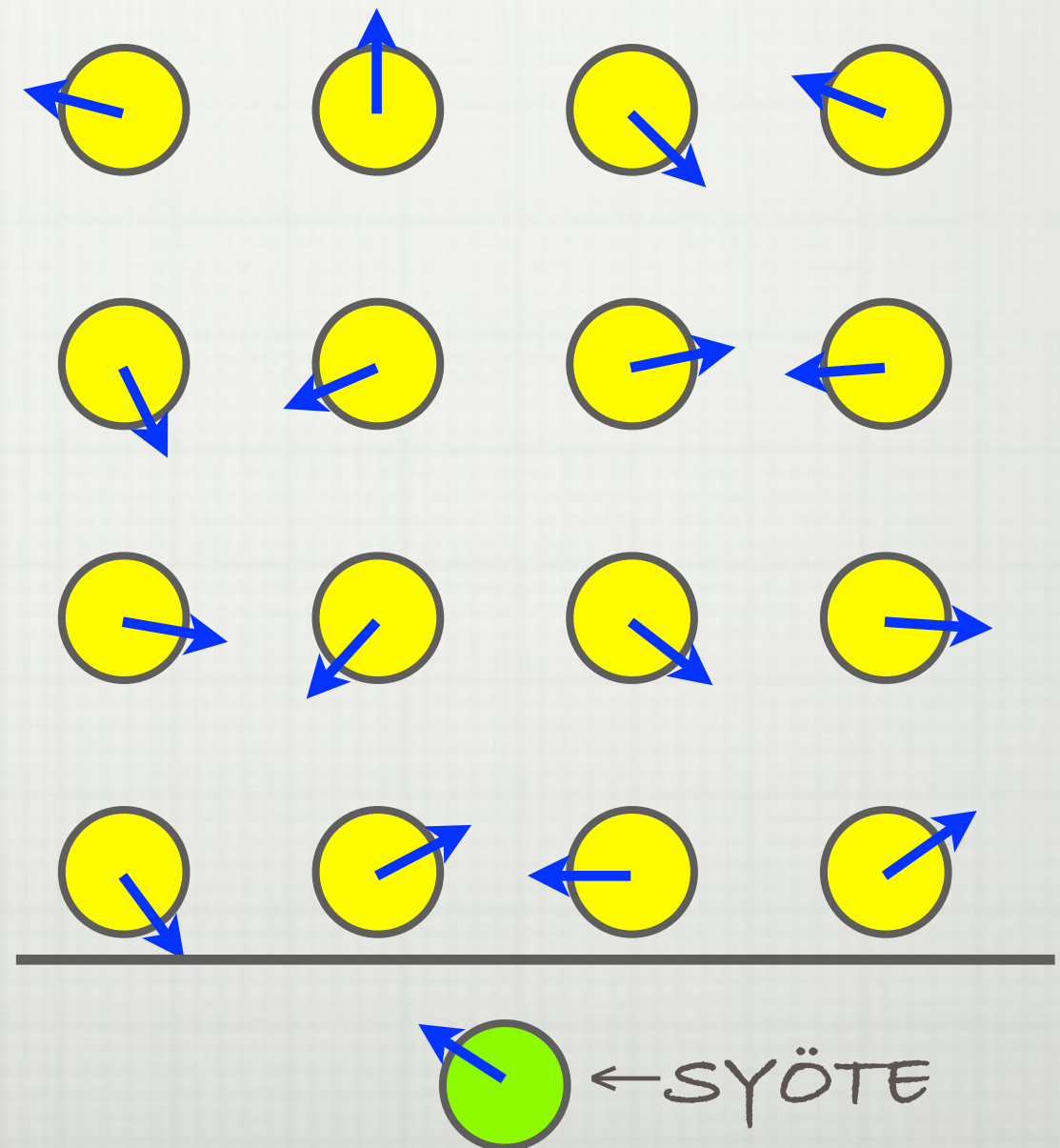
## The Shape Boltzmann Machine

from **Ali Eslami** 2 years ago NOT YET RATED



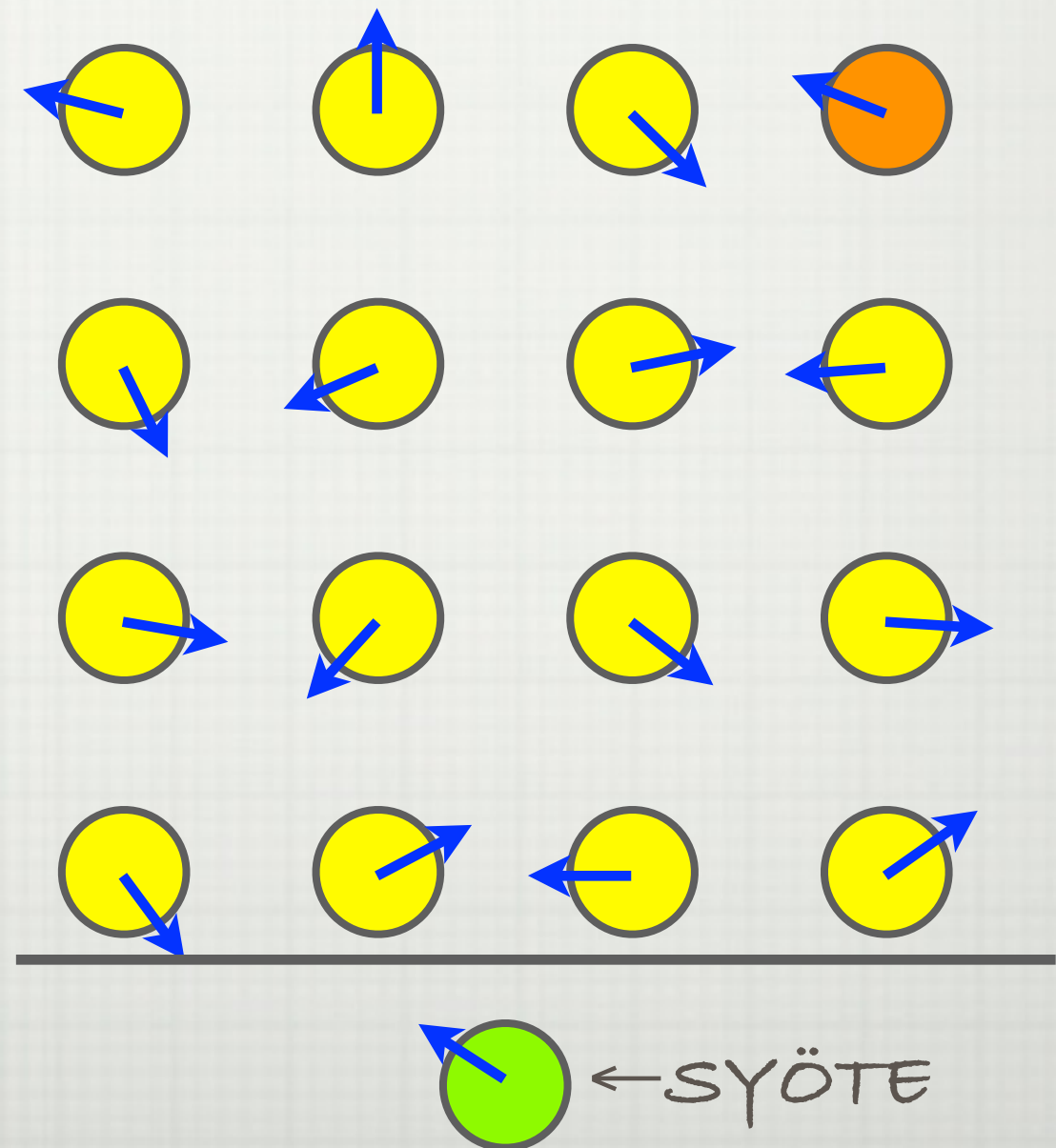
# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

- \* NEURONIT SIJAITSEVAT YLEENSÄ KAKSIULOTTEISELLA RUUDUKOLLA
- \* JOKAISELLA NEURONILLA ON TILA (VEKTORI)
- \* SYÖTEVEKTORI AKTIVOI NEURONIN, JONKA TILA ON SITÄ LÄHINNÄ ("VOITTAJA")



# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

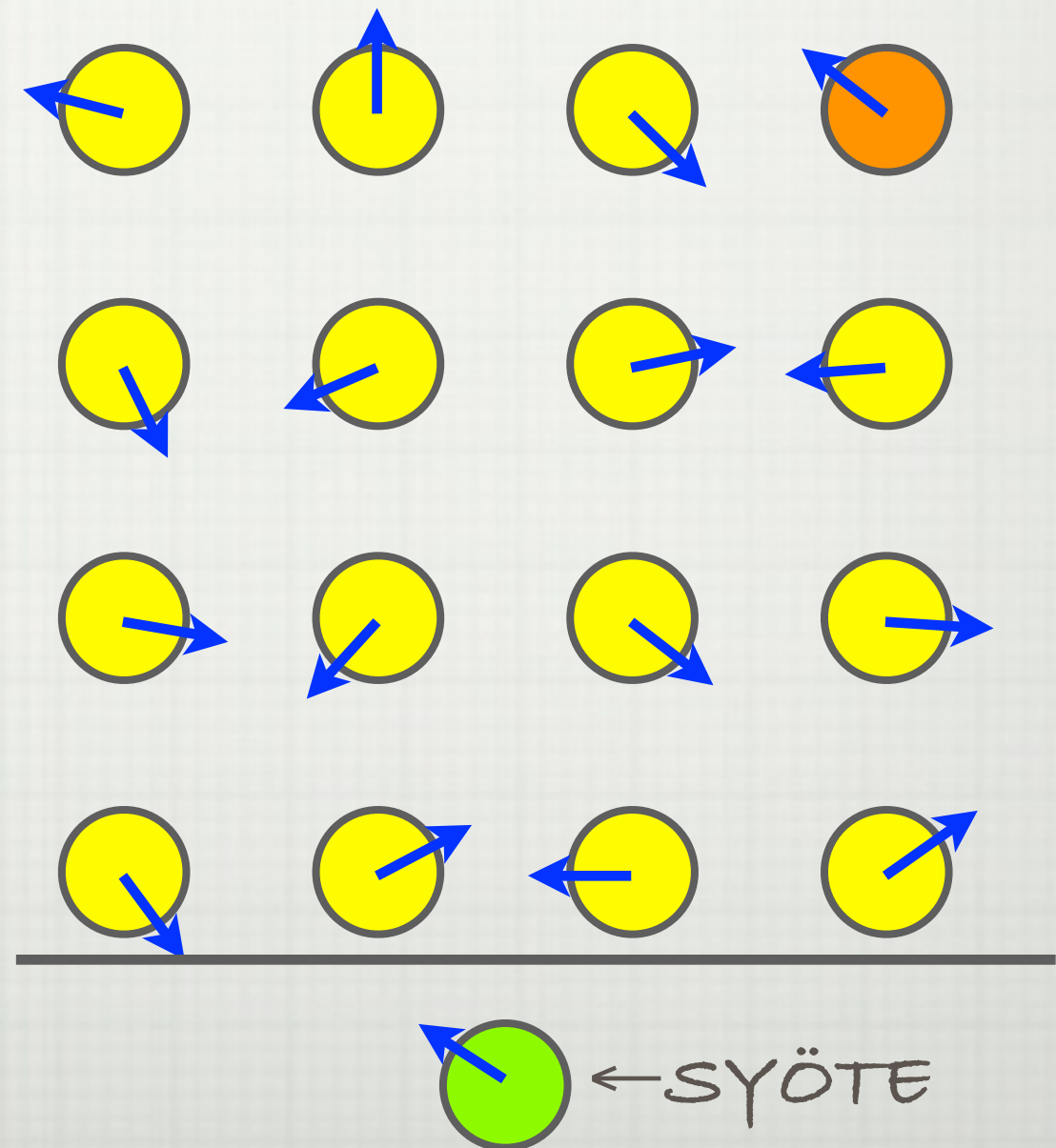
- \* NEURONIT SIJAITSEVAT YLEENSÄ KAKSIULOTTEISELLA RUUDUKOLLA
- \* JOKAISELLA NEURONILLA ON TILA (VEKTORI)
- \* SYÖTEVEKTORI AKTIVOI NEURONIN, JONKA TILA ON SITÄ LÄHINNÄ ("VOITTAJA")
- \* VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN SITEN, ETTÄ SE MUISTUTTAA ENEMMÄN SYÖTETTÄ





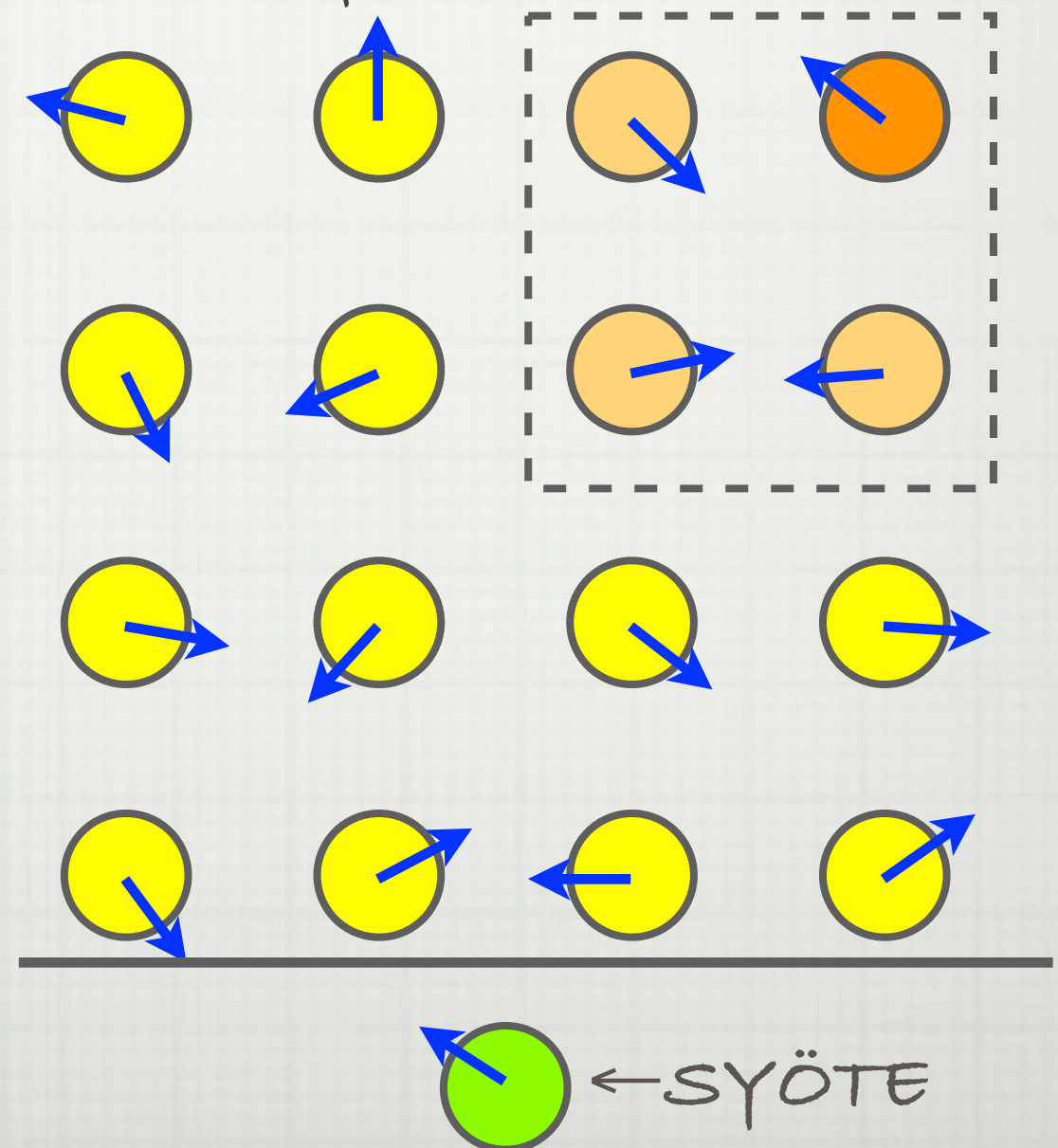
# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

- \* NEURONIT SIAITSEVAT YLEENSÄ KAKSIULOTTEISELLA RUUDUKOLLA
- \* JOKAISELLA NEURONILLA ON TILA (VEKTORI)
- \* SYÖTEVEKTORI AKTIVOI NEURONIN, JONKA TILA ON SITÄ LÄHINNÄ ("VOITTAJA")
- \* VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN SITEN, ETTÄ SE MUISTUTTAA ENEMMÄN SYÖTETTÄ



# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

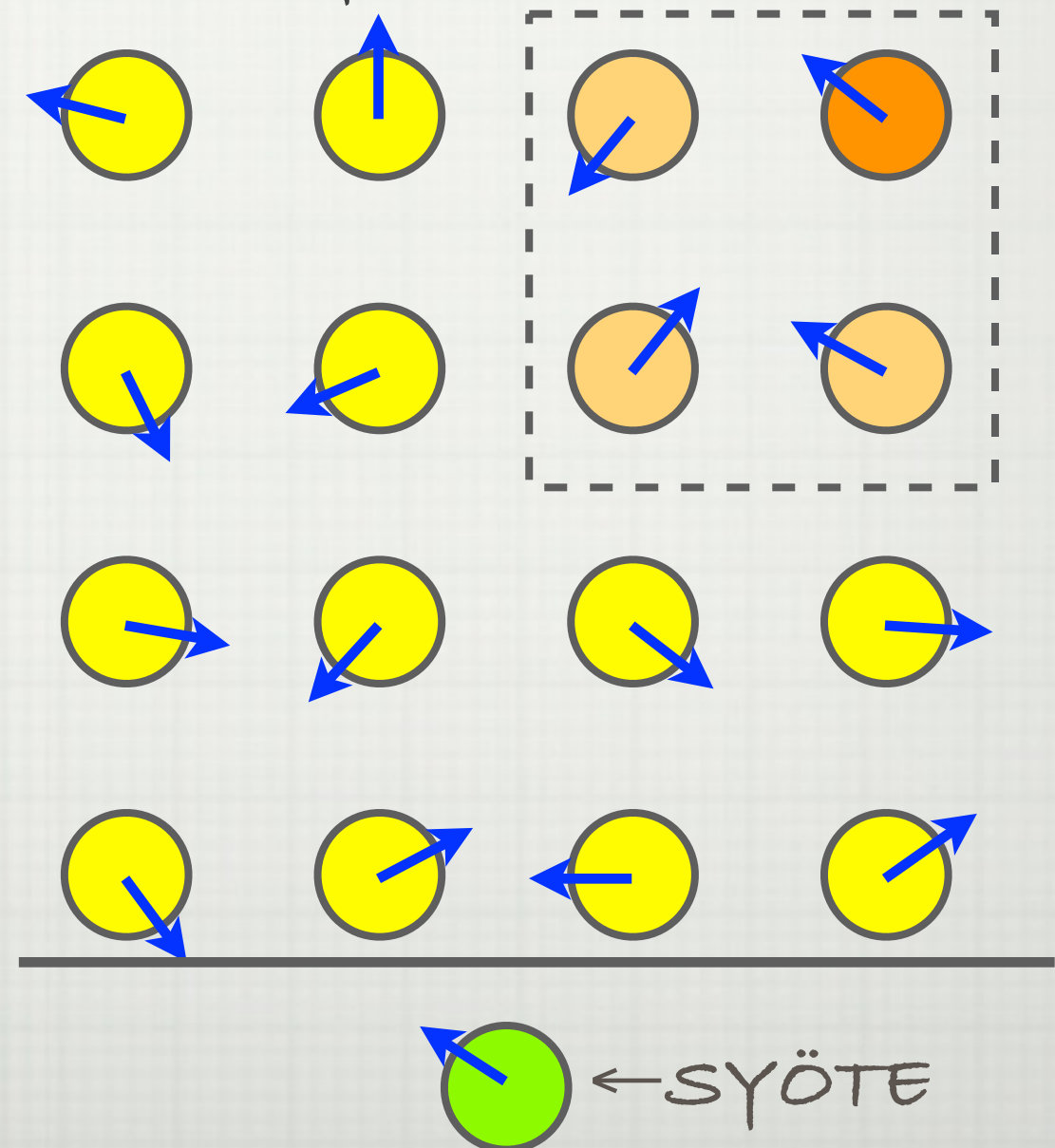
- \* KARTAN POINTTINA ON, ETTÄ SAMALLA KUN VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN, MUOKATAAN MYÖS NAAPUREIDEN TILAA





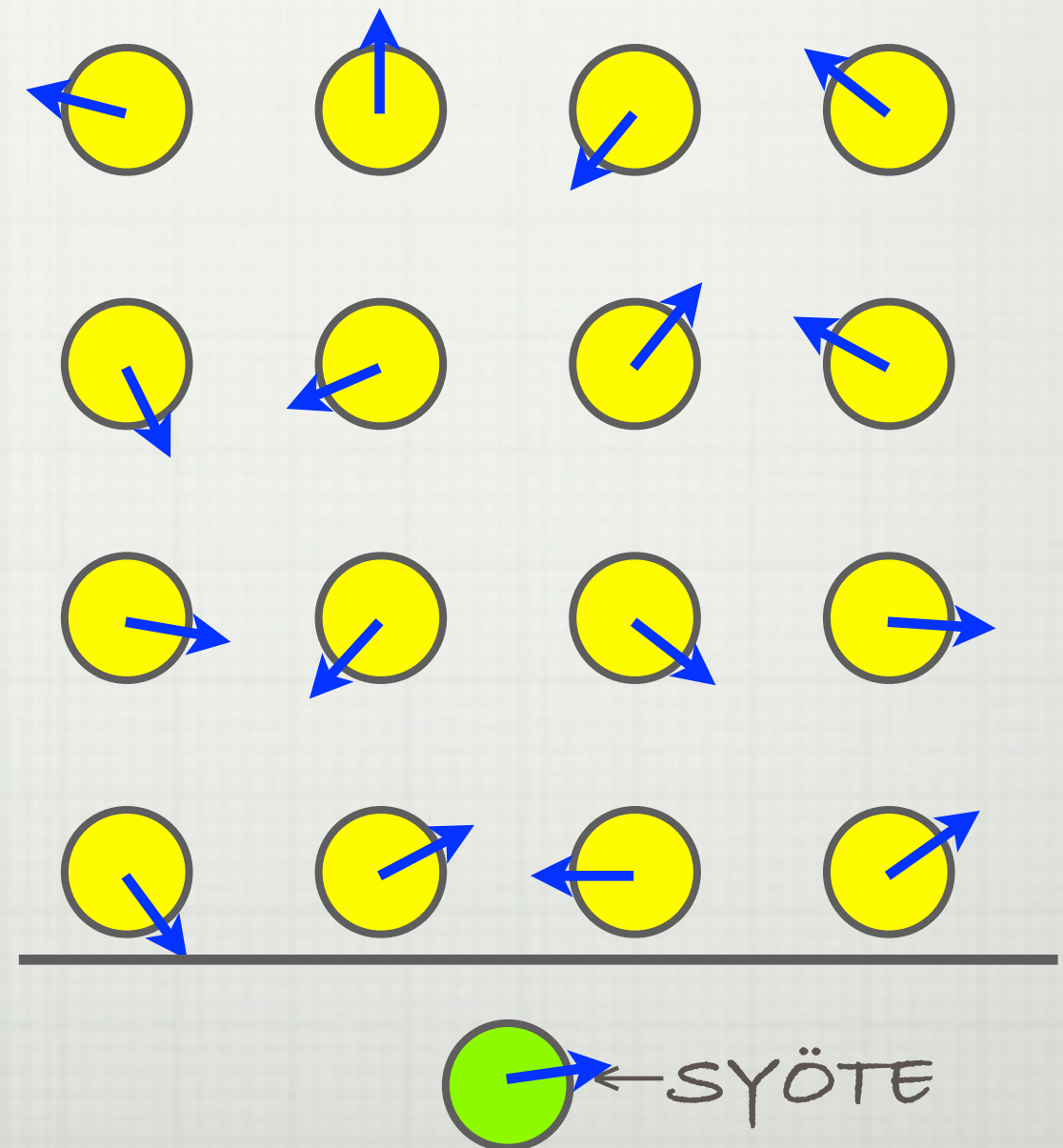
# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

- \* KARTAN POINTTINA ON, ETTÄ SAMALLA KUN VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN, MUOKATAAN MYÖS NAAPUREIDEN TILAA



# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSSEN KARTTA

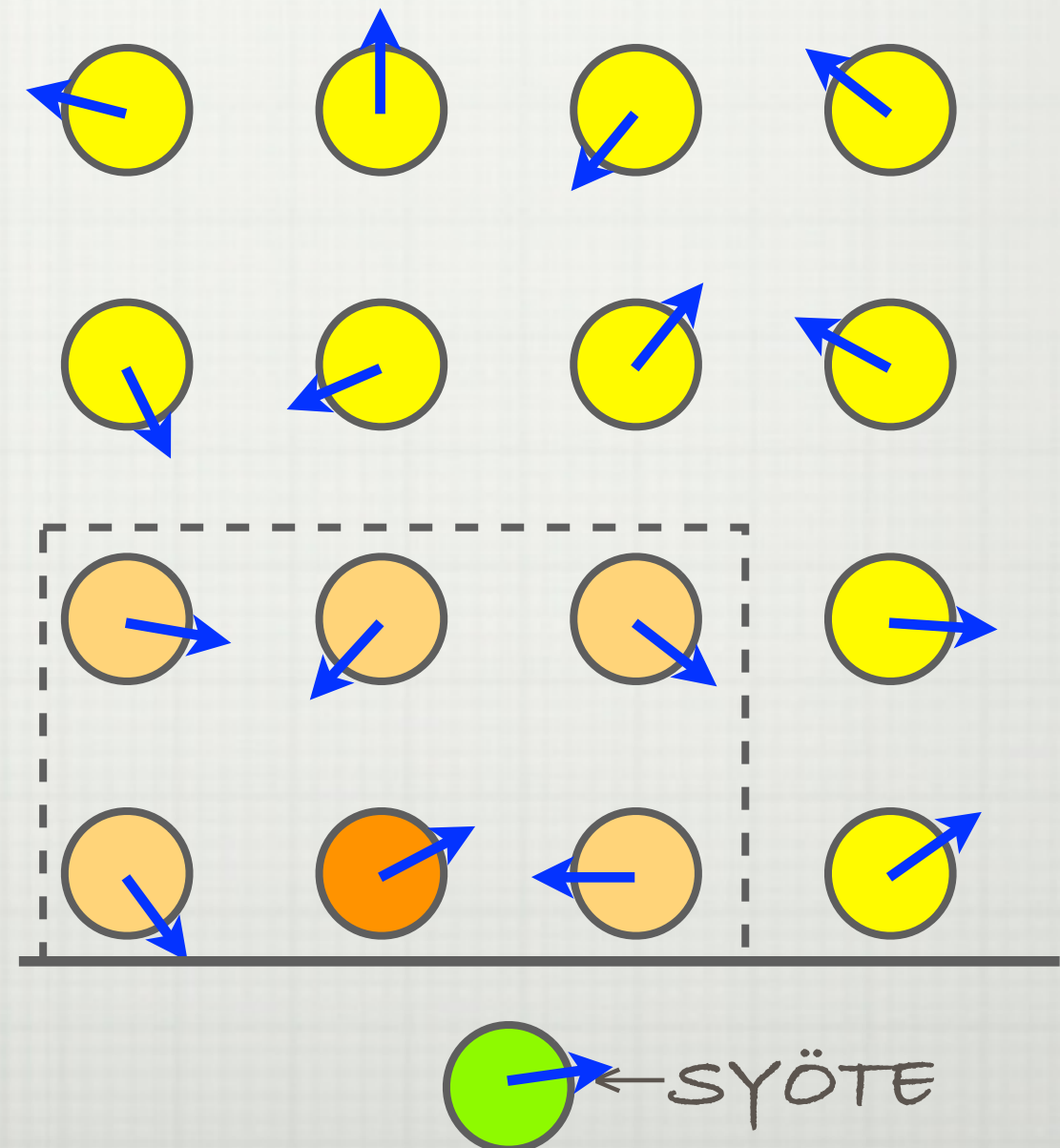
- \* KARTAN POINTTINA ON, ETTÄ SAMALLA KUN VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN, MUOKATAAN MYÖS NAAPUREIDEN TILAA





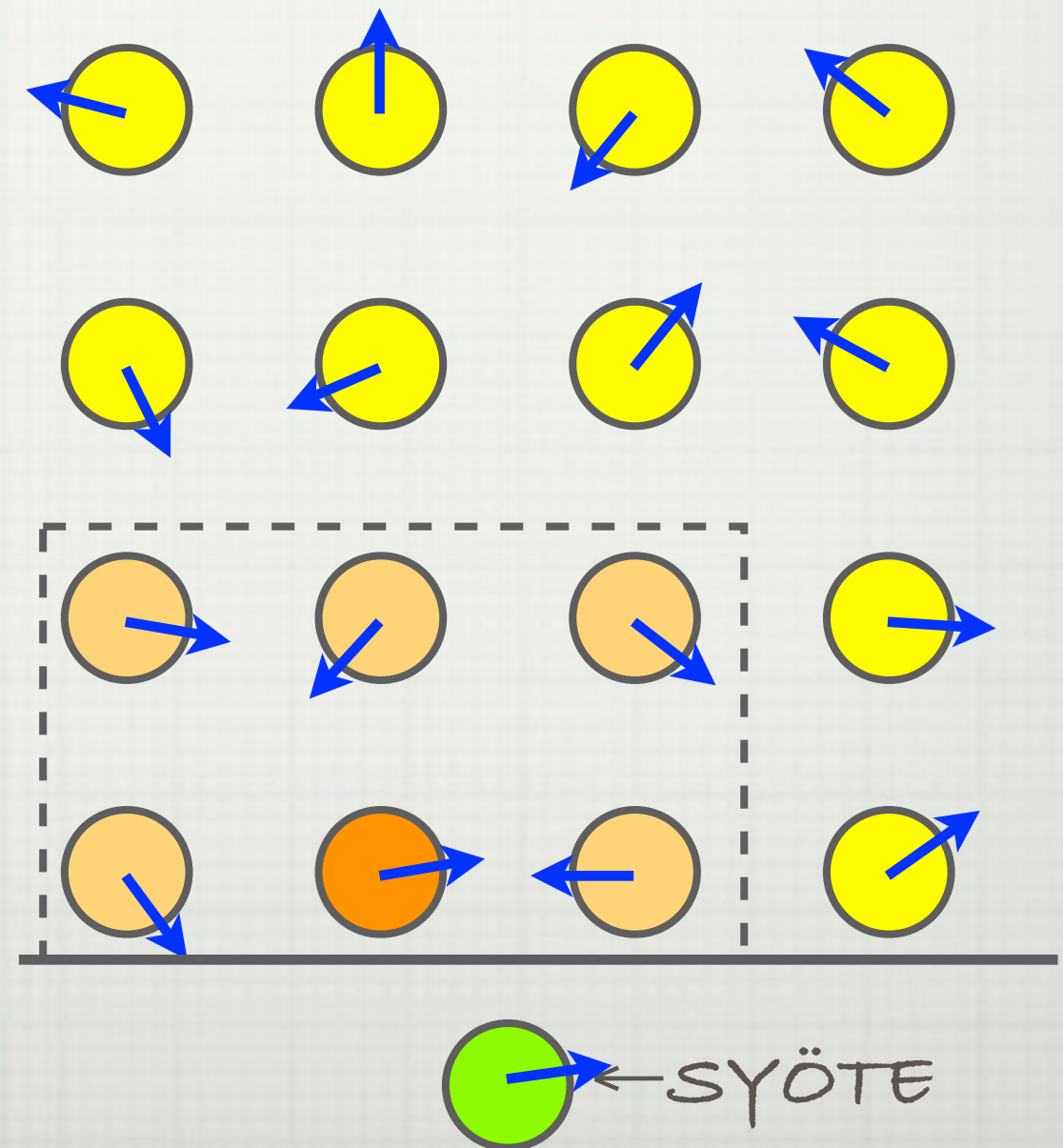
# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

- \* KARTAN POINTTINA ON, ETTÄ SAMALLA KUN VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN, MUOKATAAN MYÖS NAAPUREIDEN TILAA



# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

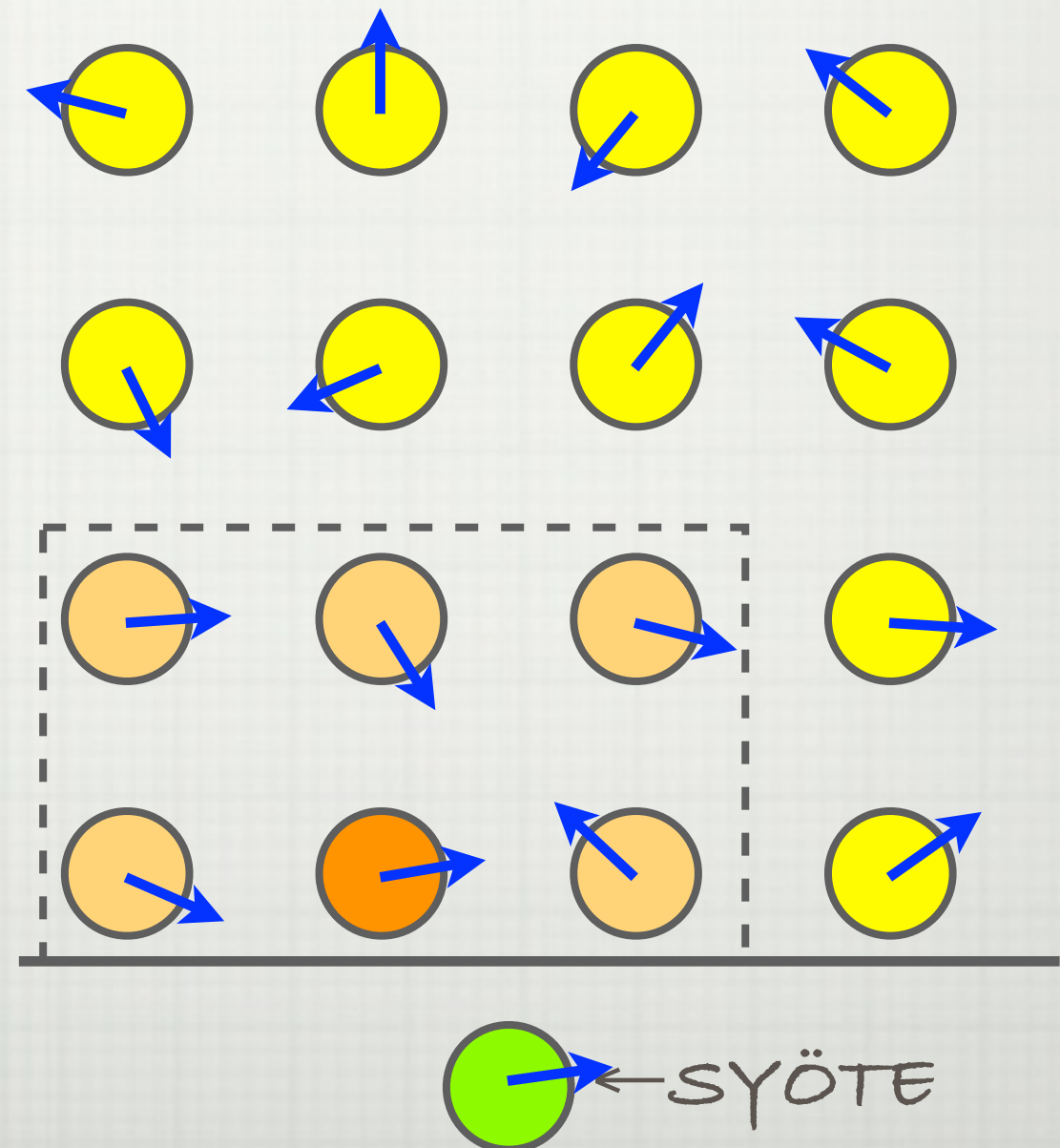
- \* KARTAN POINTTINA ON, ETTÄ SAMALLA KUN VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN, MUOKATAAN MYÖS NAAPUREIDEN TILAA





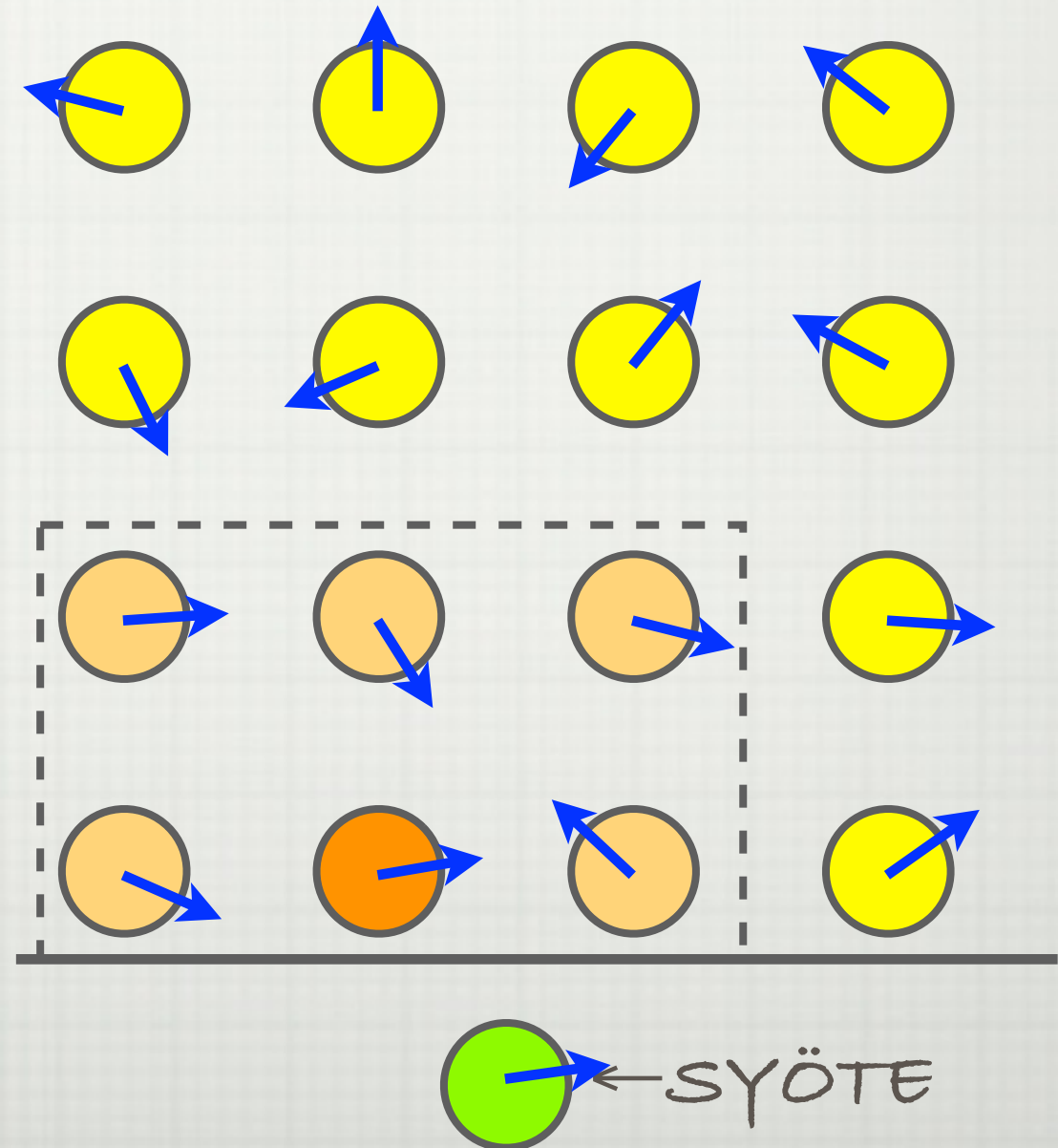
# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

- \* KARTAN POINTTINA ON, ETTÄ SAMALLA KUN VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN, MUOKATAAN MYÖS NAAPUREIDEN TILAA



# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

- \* KARTAN POINTTINA ON, ETTÄ SAMALLA KUN VOITTAJAN TILAA MUOKATAAN, MUOKATAAN MYÖS **NAAPUREIDEN** TILAA
- \* NAAPURIT ALKAVAT MUISTUTTAA TOISIAAN
- \* OPPIMISEN EDETESSÄ NAAPURUSTON KOKOA VOIDAAN PIENENTÄÄ
- \* NEURONIEN TILOIHIN TEHDÄÄN MYÖS PIENEMPIÄ JA PIENEMPIÄ MUUTOKSIA





# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSEN KARTTA

- \* SYÖTE  $X$  VOI OLLA MIKÄ TAHANSA VEKTORI

- \* ESIMERKKEJÄ:

- \* PUHEENTUNNISTUS:

$X = \text{PUHESIGNAALI}$

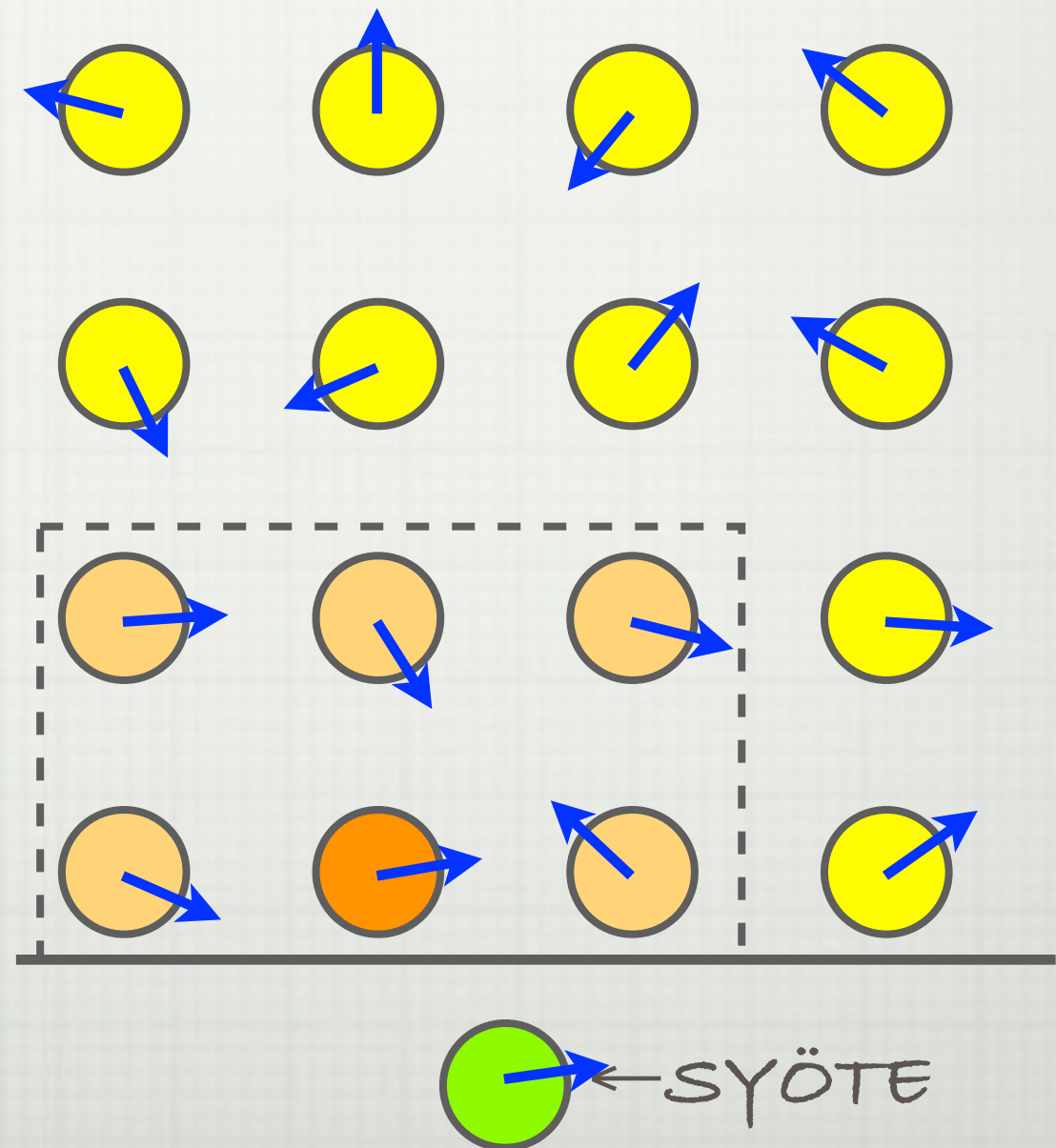
- \* PROSESSINVALVONTA:

$X = (\text{PAPERI- YMS.})$

KONEEN TILA

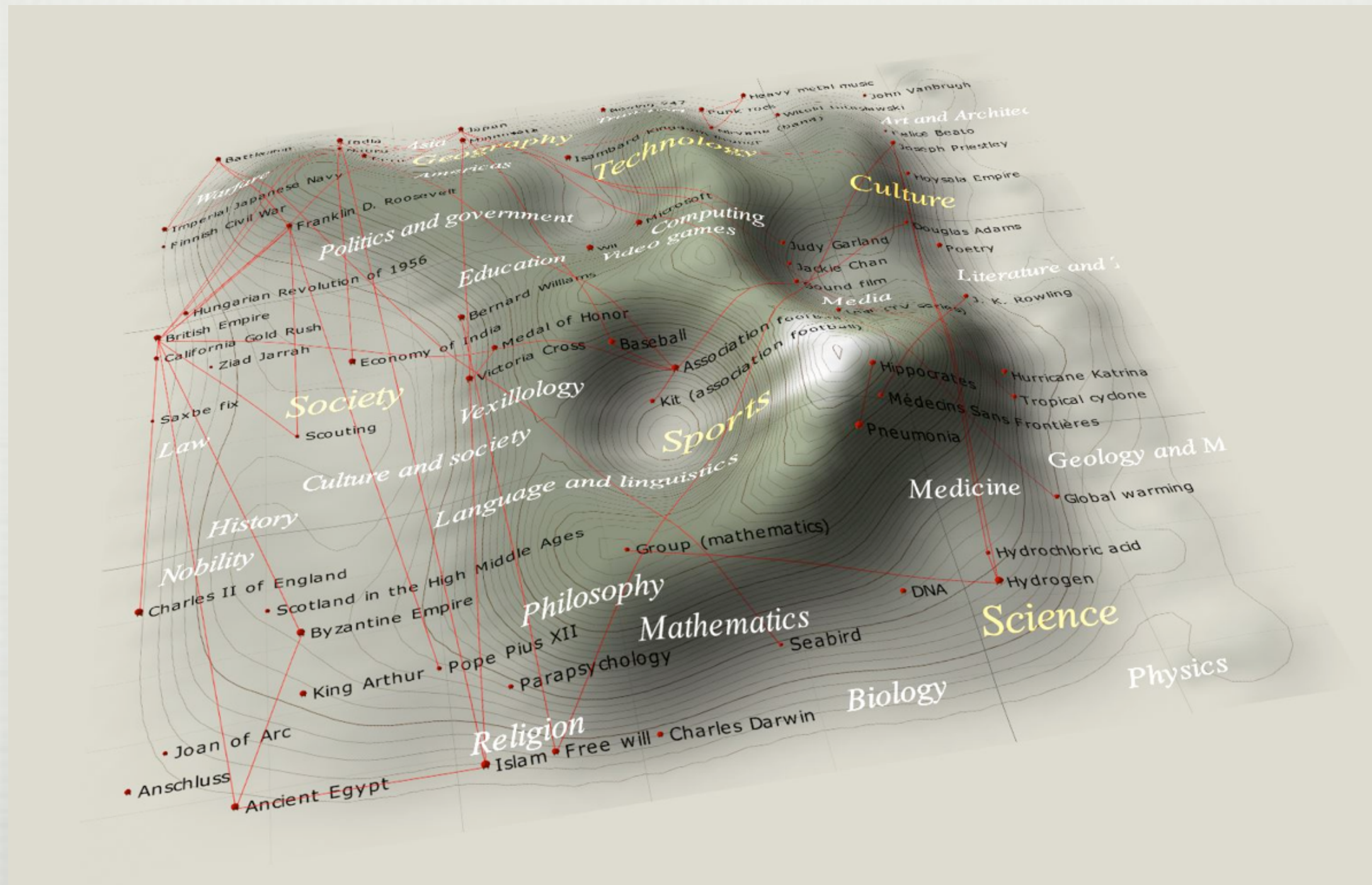
- \* TIEDONHAKU:

$X = \text{SANOJEN ESIINTYMISS-}$   
MÄÄRÄT DOKUMEN-  
TISSA





# ITSEORGANISOIVA VERKKO: KOHOSSEN KARTTA





# NEUROVERKKOTYYPIT

---

# NEUROVERKKOTYYPIT

---

## 1. ETEENPÄINSYÖTTÄVÄ VERKKO:

- PERSEPTRONI
- MONIKERROSPERSEPTRONI
- ...

## 2. TAKAISINKYTKETTYVÄ VERKKO:

- HOPFIELDIN VERKKO
- BOLTZMANNIN KONE
- ...

## 3. ITSEORGANISOIVA KARTTA

- KOHOSEN SOM




# NEUROVERKKOJEN SOVELLUKSET

---

- \* ERI NEUROVERKKOTYYPEILLÄ ON OMAT SOVELLUKSENSA
- \* ETEENPÄIN SYÖTTÄVIÄ VERKKOJA VOI KÄYTTÄÄ MM. OHJATTUUN KONEOPPIMISEEN JA FUNKTIOIDEN APPROKSIMOINTIIN
- \* TAKAISINKYTKETYVIÄ VERKKOJA VOI KÄYTTÄÄ MM. VIKASIETOISINA MUISTEINA
- \* ITSEORGANISOIVIA KARTTOJA VOI KÄYTTÄÄ DATAN VISUALISOINTIIN

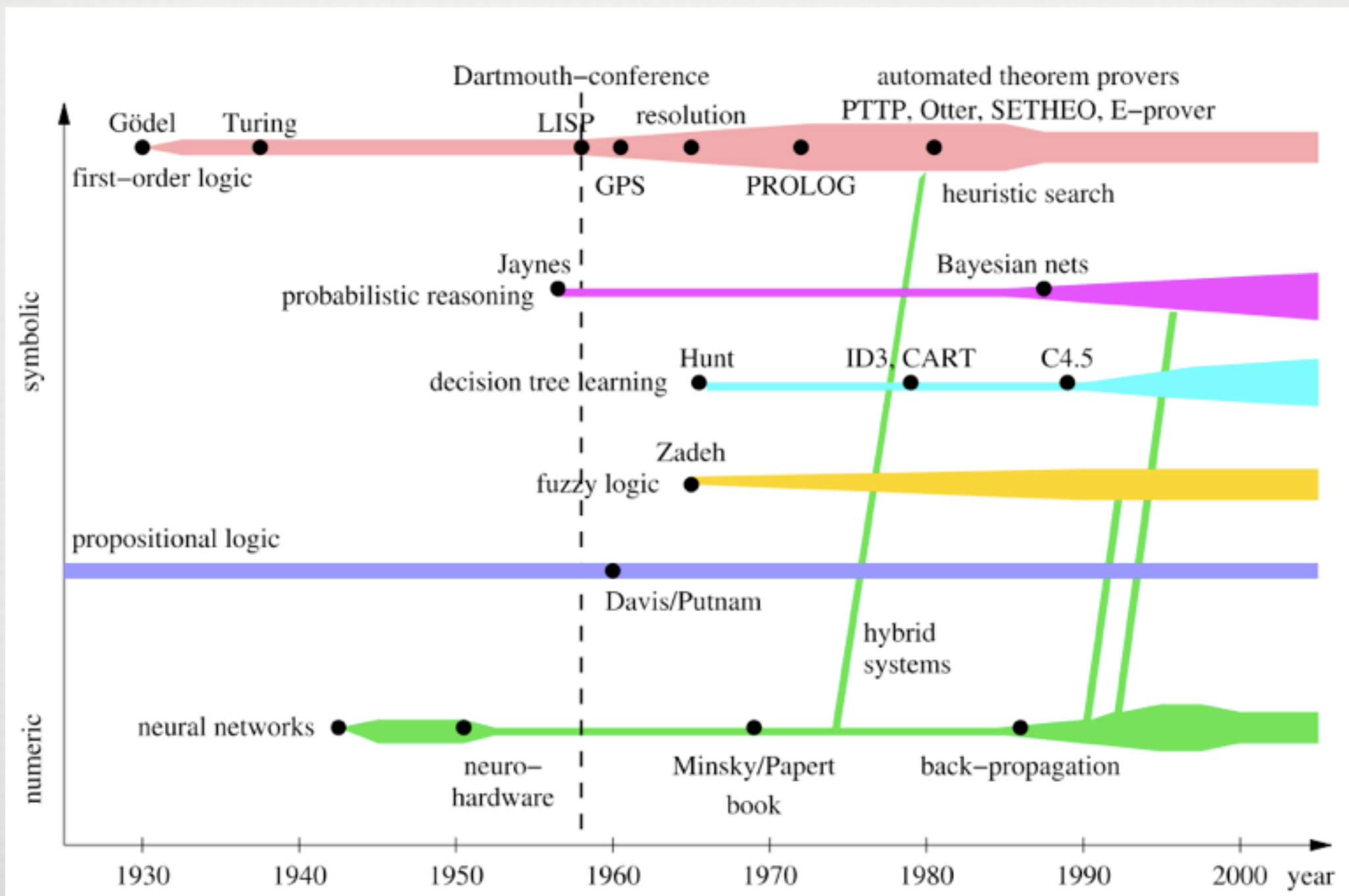
# NEUROVERKOT SUHTEESSA MUIHIN MENETELMIIN

---

- \* NEUROVERKOT KUULUVAT JAOTTELUSSA  
"GOFAI" VS "MODERNI AI" JÄLKIMMÄISEEN RYHMÄÄN  
  
(SYMBOLINEN VS "SUBSYMBOLINEN" TAI DIGITAALINEN)
- \* JOTKUT NEUROVERKOT OVAT PROBABILISTISIA (ESIM.  
BOLTZMANNIN KONE), JOTEN PROB. MENETELMIÄ VOI  
SOVELTAA NIIHIN
- \* VOIDAAN SOVELTAA ESIM. KONEOPPIMISESSA  
JA VISUALISOINNISSA (SOM)
- \* PERINTEINEN TEKOÄLYN OSA-ALUE, MUTTA NYKYÄÄN  
EHKÄ JÄÄMÄSSÄ VAIN YHDEKSI MALLIKSI MONIEN MUIDEN  
JOUKOSSA



# NEUROVERKOT SUHTEESSA MUIHIN MENETELMIIN



LÄHDE: ERTEL: INTRODUCTION TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE, SPRINGER, 2011.