

regos sistemos modeliavimas

pirma dalis

KODĖL REIKIA TIRTI REGĄ

pavzdy:rega ska

...kol nepakeičiame
įvesties formato:
kas čia pavaizduota?

pavyzdys: rega skaičiuose

001 002 003 004 005 006 007 010 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020 021 022 023
043 027 054 053 034 027 042 039 026 054 055 045 036 060 045 036 062 045 043 064 064 043 046 073 040 044 042 065 055 058 050 093 050 052 091 096 078 088 104 093
063 060 063 075 040 065 052 059 027 059 073 061 072 077 059 079 079 061 081 084 071 084 083 077 038 077 083 069 080 085 081 092 083 072 072 092 081 089 085 097
055 070 067 076 070 067 070 063 023 010 073 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020 021 022 023 024 025 026 027 028 029 030 031 032 033 034 035 036 037 038 039 040 041 042 061 098 069 099 097 100 101
060 063 072 070 072 070 065 053 033 040 073 011 012 061 016 080 017 074 082 077 065 085 042 097 081 089 077 044 032 010 089 06 094 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
053 066 038 045 067 046 079 062 033 011 074 073 079 085 078 082 069 090 072 033 011 101 079 037 059 087 095 100 073 011 039 095 097 111 109 094 068 106 103
061 050 077 072 069 067 066 048 027 048 077 082 085 074 064 064 093 043 089 048 083 100 071 042 038 074 062 052 079 098 094 076 094 075 094 102 076 068 096 087
030 033 032 034 032 029 037 035 036 038 040 030 038 045 037 036 044 039 041 046 044 047 049 045 044 047 049 052 055 053 053 056 053 057 053 055 056 060 061 061
025 062 058 061 066 069 037 043 072 059 078 048 055 040 045 045 038 045 048 095 108 105 109 108 087 087 094 083 092 095 097 066 076 075 073 093 099 095 094 100
041 064 078 075 057 090 086 090 092 048 091 083 091 087 083 040 097 094 087 090 085 078 072 082 073 072 118 095 102 112 075 053 075 097 124 092 119 094 099 079
059 074 077 066 086 048 072 085 062 083 084 081 093 055 063 093 093 090 157 158 156 039 045 108 159 131 077 074 133 097 085 073 108 073 093 098 107 101 096 088
068 064 073 055 077 091 063 091 067 081 076 075 051 104 096 137 141 156 147 167 151 030 156 169 151 085 144 156 078 063 106 063 111 096 100 106 115 111 124 131
039 060 068 090 092 085 085 073 083 058 064 045 108 104 150 097 097 152 154 157 157 031 157 163 164 161 031 160 149 099 079 103 077 117 117 104 124 119 085 133
069 054 054 089 060 085 084 097 060 043 036 104 102 157 151 154 042 152 157 159 156 169 166 166 171 045 172 170 169 159 103 080 073 113 083 094 105 135 124 095
037 036 042 041 040 040 039 039 033 029 024 103 158 068 154 154 157 170 160 161 163 164 164 168 168 170 172 172 174 164 045 080 103 070 067 067 066 066 070 073
052 075 039 074 065 066 044 055 022 019 117 136 155 159 155 157 159 160 163 165 165 167 170 171 171 174 176 177 172 184 043 060 084 146 081 097 092 121 128 115
080 099 091 079 090 088 072 073 026 064 112 121 034 145 157 159 161 162 165 167 168 170 172 173 173 176 178 179 175 041 178 055 136 133 130 123 116 113 116 131
094 082 076 084 100 056 071 047 022 104 116 072 155 054 165 160 162 164 166 169 167 178 172 174 175 179 179 180 189 184 185 169 080 091 071 081 115 133 076 114
061 071 102 080 095 086 058 054 019 124 153 053 159 158 162 162 164 166 167 168 176 164 172 178 178 180 180 182 183 184 184 184 067 084 160 141 127 139 108 136
095 082 095 090 093 075 065 035 031 120 149 142 160 160 162 164 166 168 170 085 031 177 173 033 164 180 182 183 184 187 190 186 123 089 152 139 125 138 113 138
087 072 101 045 059 090 062 034 036 128 058 152 162 162 165 165 167 168 169 168 030 030 045 165 177 184 185 185 185 182 051 051 047 125 139 111 132 123 128 111
044 047 055 049 039 040 029 022 044 131 057 028 035 039 167 167 169 170 169 166 029 036 035 178 180 181 183 185 187 193 189 188 179 131 141 093 083 082 093 080
044 051 054 049 052 042 031 024 028 130 166 158 161 165 166 167 169 170 174 033 149 133 025 025 178 182 184 185 187 188 189 189 184 126 154 086 081 078 084 075
076 094 103 095 090 071 061 051 048 125 157 171 162 164 165 161 168 059 041 162 174 174 140 041 045 182 183 185 187 187 188 188 188 097 146 080 124 105 130 110
099 090 084 086 080 073 059 056 054 118 157 162 160 163 166 177 046 102 171 173 175 177 179 113 035 165 185 184 187 187 188 187 184 091 117 072 096 107 077 116
089 071 096 100 087 086 069 052 053 113 130 154 153 163 066 019 162 170 172 173 176 178 177 179 130 040 140 180 184 094 055 185 170 137 130 144 136 157 138 136
054 078 091 103 091 085 069 053 055 047 129 151 110 037 070 164 171 170 172 173 174 176 177 179 168 047 035 183 184 183 166 053 106 137 136 146 142 158 121 100
079 089 073 065 101 061 069 050 037 034 118 145 074 151 164 167 169 170 172 173 175 177 178 179 181 190 183 178 184 182 185 169 113 064 101 138 153 140 161 120
080 080 069 085 073 071 060 062 036 020 039 121 167 164 163 167 169 163 173 173 177 177 179 179 179 200 041 191 181 168 176 088 100 098 085 123 154 081 080 099
052 059 064 060 061 054 052 043 030 028 027 045 120 168 076 168 158 042 173 174 171 175 150 178 180 176 123 074 065 193 107 126 069 066 084 086 089 068 082 086
057 088 071 090 084 096 088 055 042 048 041 049 031 118 171 155 049 164 174 172 171 166 083 182 177 179 065 048 176 102 081 128 102 109 143 106 139 136 097 126
102 076 073 101 091 098 072 086 042 055 049 039 040 044 120 140 167 026 056 167 174 176 053 190 067 047 186 175 138 091 122 094 098 136 129 080 126 119 101 127
095 100 095 097 074 103 077 066 040 058 049 063 046 053 045 100 113 136 190 168 166 181 065 172 192 161 125 137 080 130 083 111 145 094 102 148 143 141 129 132
102 091 090 108 105 105 084 112 080 068 075 080 059 062 059 040 041 041 088 127 129 128 125 129 112 050 042 070 097 059 122 096 116 120 104 151 127 068 134 134
082 085 106 091 094 102 098 059 088 101 092 108 088 072 062 047 050 049 043 040 027 026 020 028 033 070 090 124 127 152 103 093 097 111 107 094 121 151 133 104
088 030 098 073 077 075 104 073 051 060 108 054 094 085 057 078 049 085 072 057 058 068 111 106 072 108 110 107 128 113 113 127 094 106 121 121 129 119 149 142
045 049 039 055 061 058 070 064 057 054 059 067 062 063 063 067 052 063 065 068 058 062 062 065 069 074 081 083 073 076 065 085 067 060 078 071 085 094 074 064
045 052 053 056 056 058 063 057 061 057 055 060 068 069 067 070 063 063 064 074 066 069 073 067 080 062 081 082 079 077 079 081 080 076 075 078 080 089 082 075
044 087 088 055 080 075 087 041 077 081 089 095 093 083 103 065 069 083 104 112 130 083 138 076 113 091 097 120 094 135 129 123 123 085 113 112 126 124 086 089
083 078 086 089 077 095 092 068 090 090 079 109 111 105 084 071 062 049 129 117 116 137 100 102 109 097 113 122 093 080 077 052 109 070 126 067 144 122 120 136

pavyzdys: rega skaičiuose



ames room iliuzija

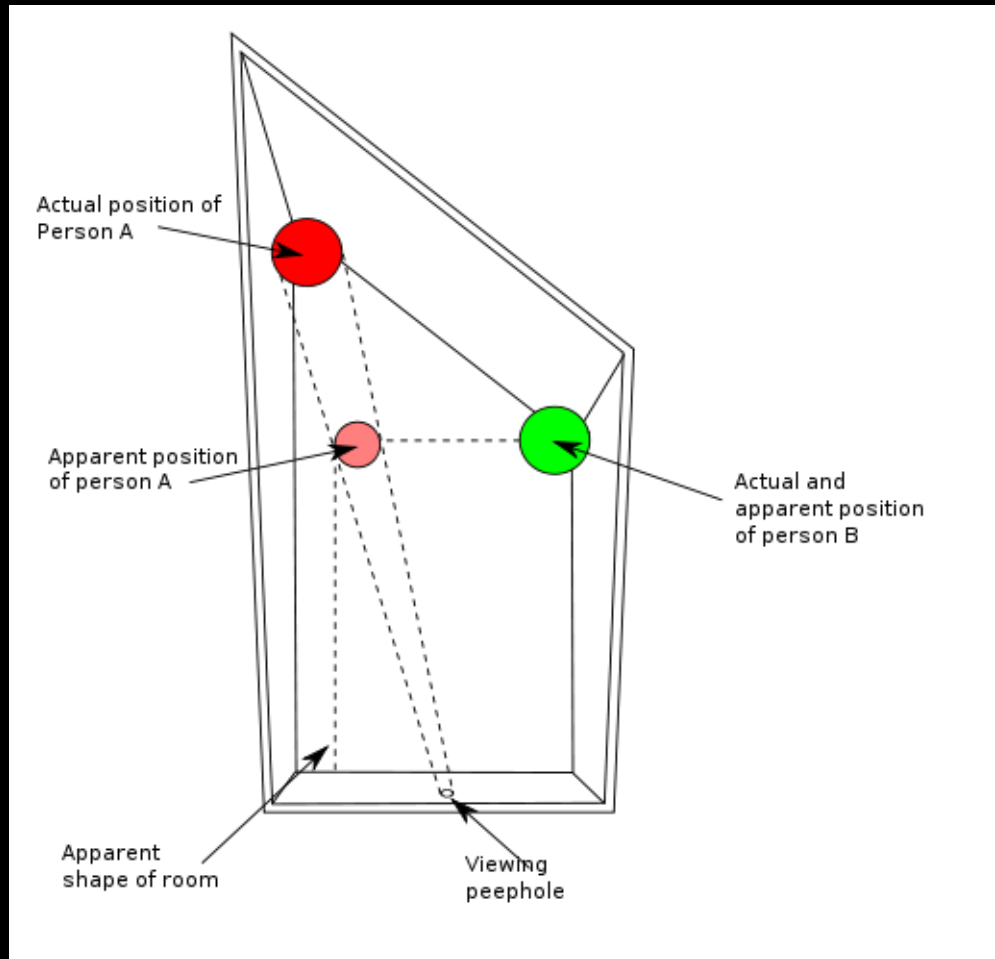
(adelbert ames, jr., 1934)



[wokka | Flickr](#)

demo: Ames Room

raudonasis atrodo mažesnis, nes stovi toliau, tačiau be trijų matmenų informacijos atrodo, kad abu žmonės yra tokiu pat atstumu nuo mūsų, bet skirtingo ūgio.



[wikimedia commons](#)

pavydys: objektas laike



objektai nuolatos keičia savo:

vieta

dydį

kampą plokštumoje

kampą gylyje

apšviestumą

sudedamųjų dalių struktūrą

} afiniosios transformacijos (lengva)

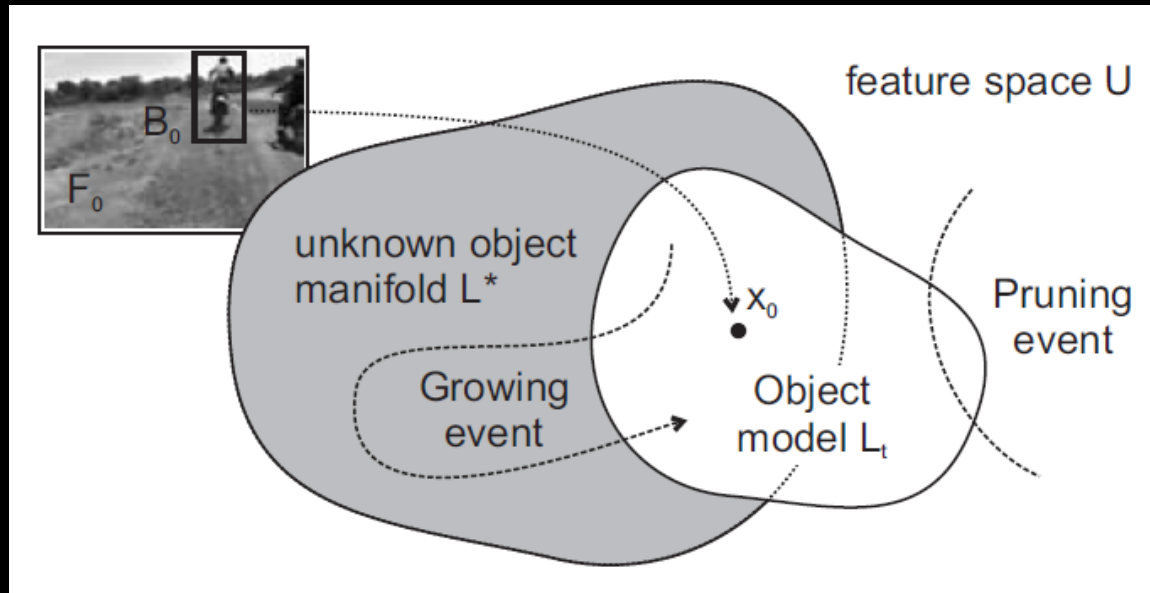
} neafiniosios transformacijos (sunku)

sistema turi sugebėti išmokti (pati!) objektą iš įvairių
kampų, įvairiose padėtyse ir t. t.

sistema turi išmokti objekto **manifoldą**

open tld

computer vision pavyzdys



kaip sistema mokosi

antra dalis

KO MUMS REIKIA?

tikslas

iš vaizdo automatiškai išskirti objektus ir juos atpažinti

objektų išskyrimas

invariantiškumas objektai keičia savo padėtį, kampą ir t. t.,
bet tai tas pats objektas

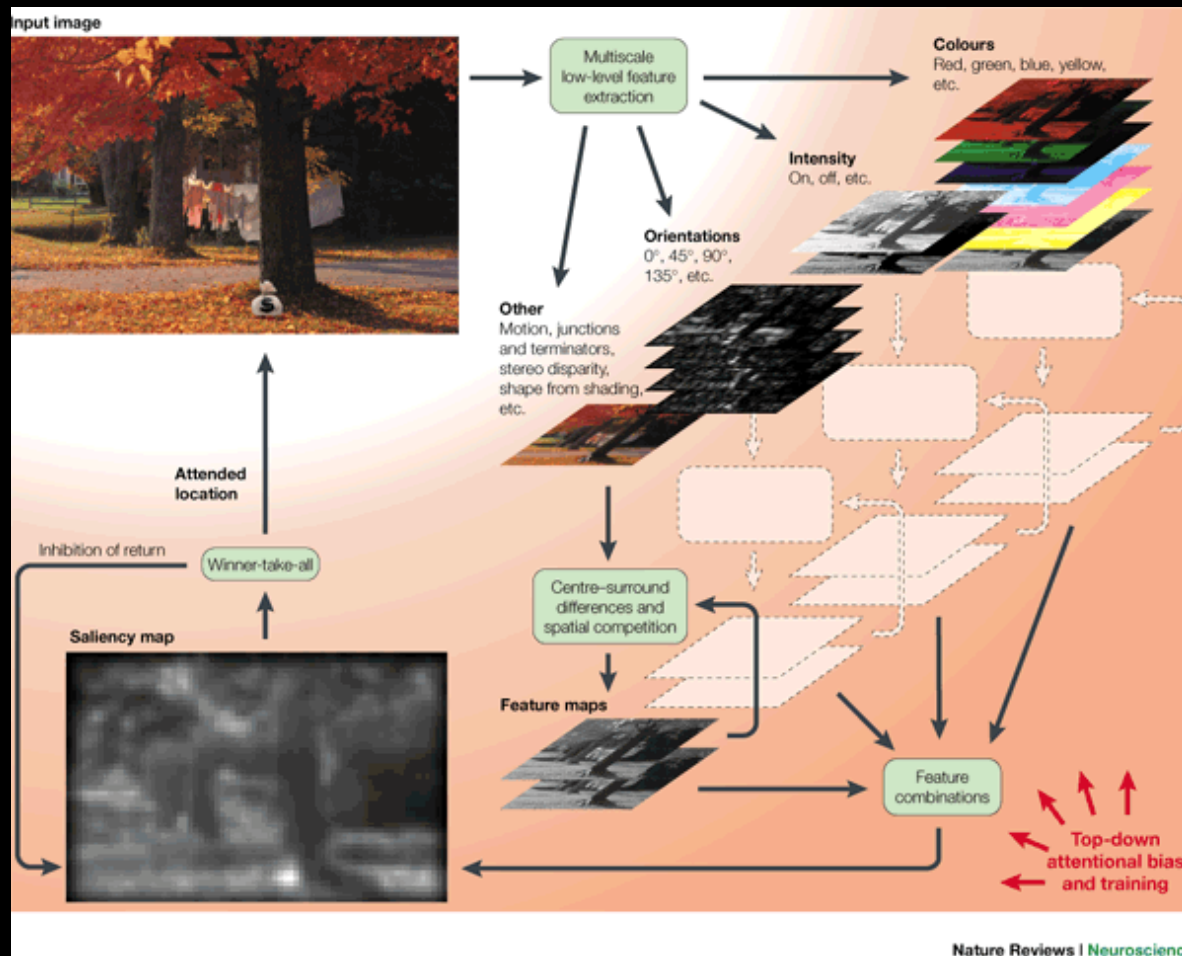
selektyvumas šuo ir katė gali atrodyti panašūs, bet reikia
sugebėti juos atskirti

aptikti objektą maždaug (proto-objektas) naudojantis

saliency (“ryškumas”)

geštalto taisyklėmis

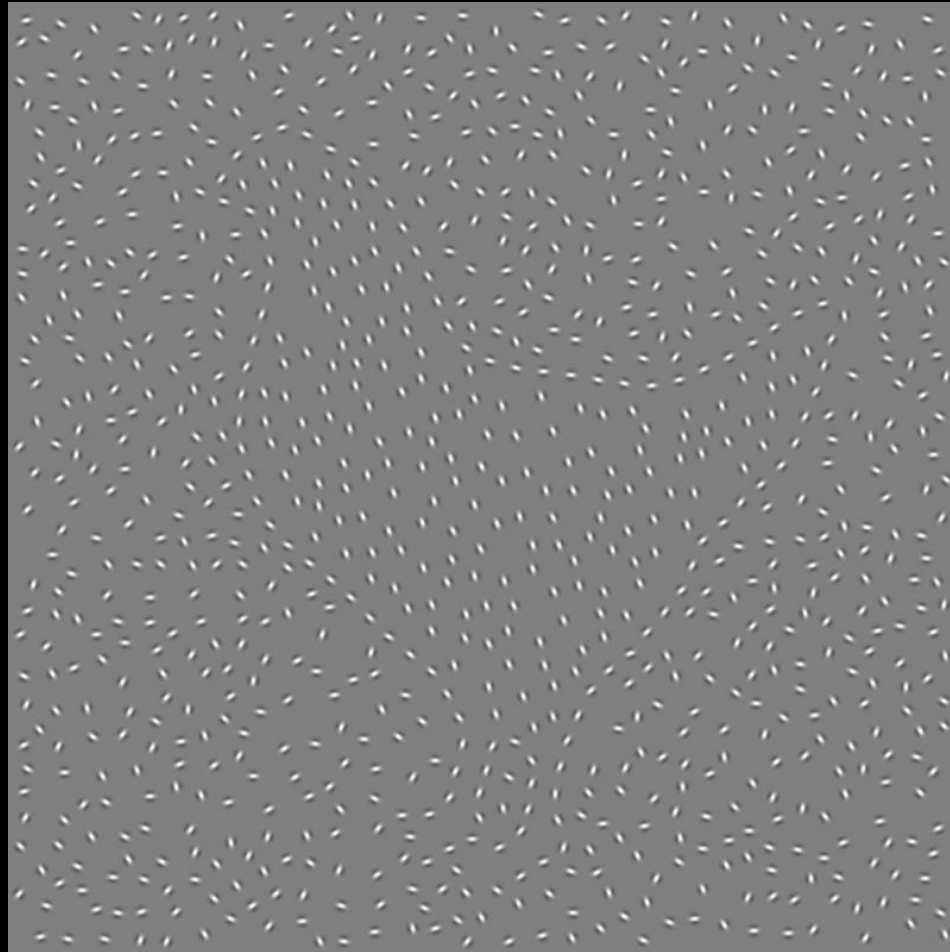
saliency



kas traukia dėmesį? = saliency

geštalto taisyklės

visuma yra daugiau nei jos
dalių suma



from B. Machilsen

biologinis judėjimas

kas čia?

kol nejuda, neaišku

judesysje: [Bio Motion Lab](#)



objektų atpažinimas

prielaidos

atmintis

grįžtamasis ryšys (feedback)

regos sistema

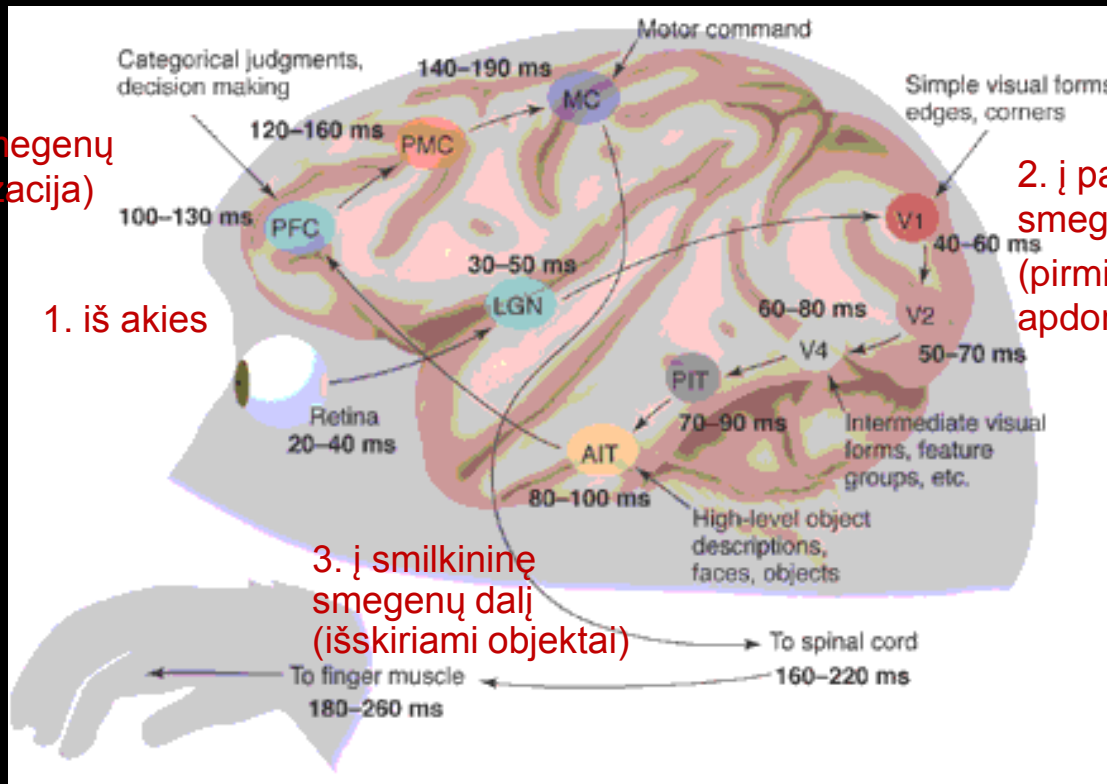
(beždžionės)

4. į kaktinę smegenų dalį (kategorizacija)

1. iš akies

2. į pakaušinę smegenų dalį (pirminis informacijos apdorojimas)

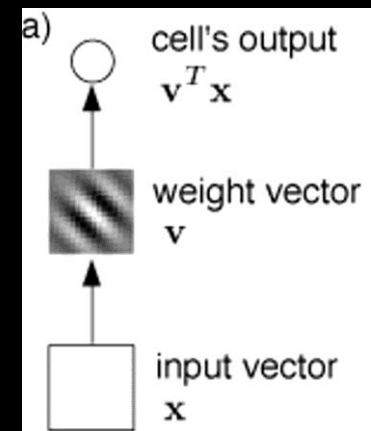
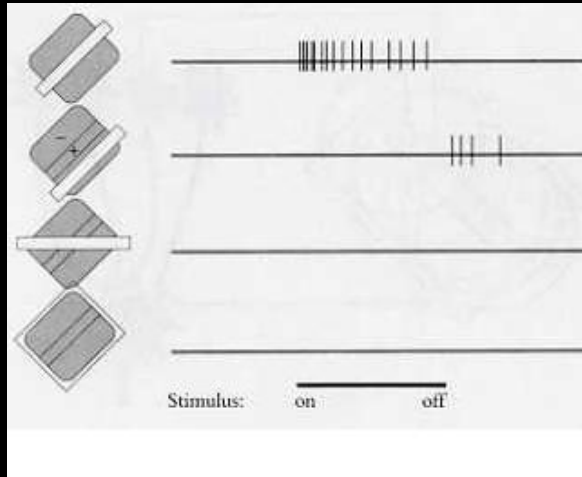
3. į smilkininę smegenų dalį (išskiriami objektai)



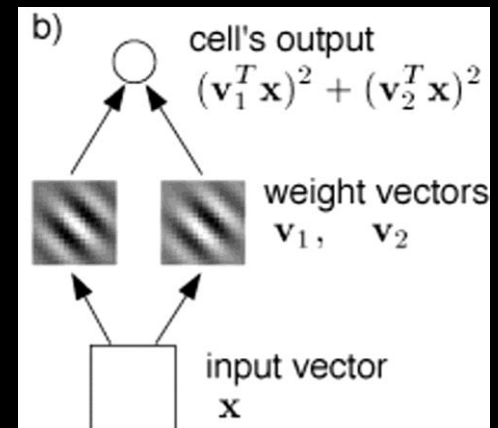
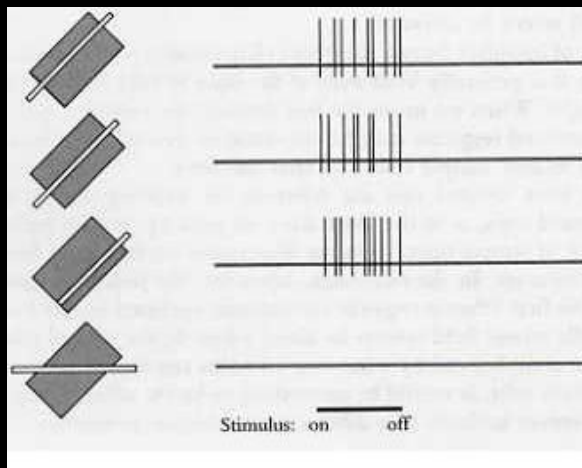
Carin Cain; iš Thorpe & Fabre-Thorpe, *Science* (2001)

pirminē regimoji žievē (V1)

simple cells: neuronai reaģoja tik ī
tam tikroje vietoje esančias ī
tam tikros krypties atkaras
toku būdu gali būti aptinkami
kraštai (selektyvumas)
demo: [Hubel & Wiesel](#) (nuo 4:09)

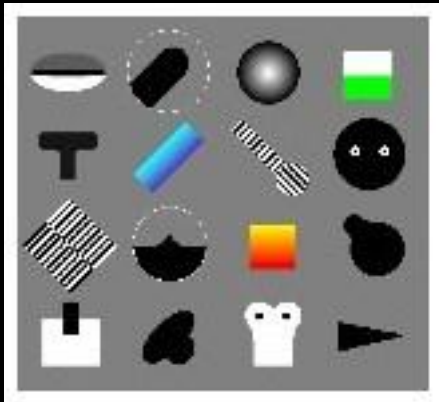


neuronai reaģoja ī bet kur (ī
recepiniame lauke) esančias ī
tam tikros krypties atkaras
toku būdu gali būti aptinkami
kraštai (invariantiškumas)
demo: [Hubel & Wiesel](#) (nuo 7:34)



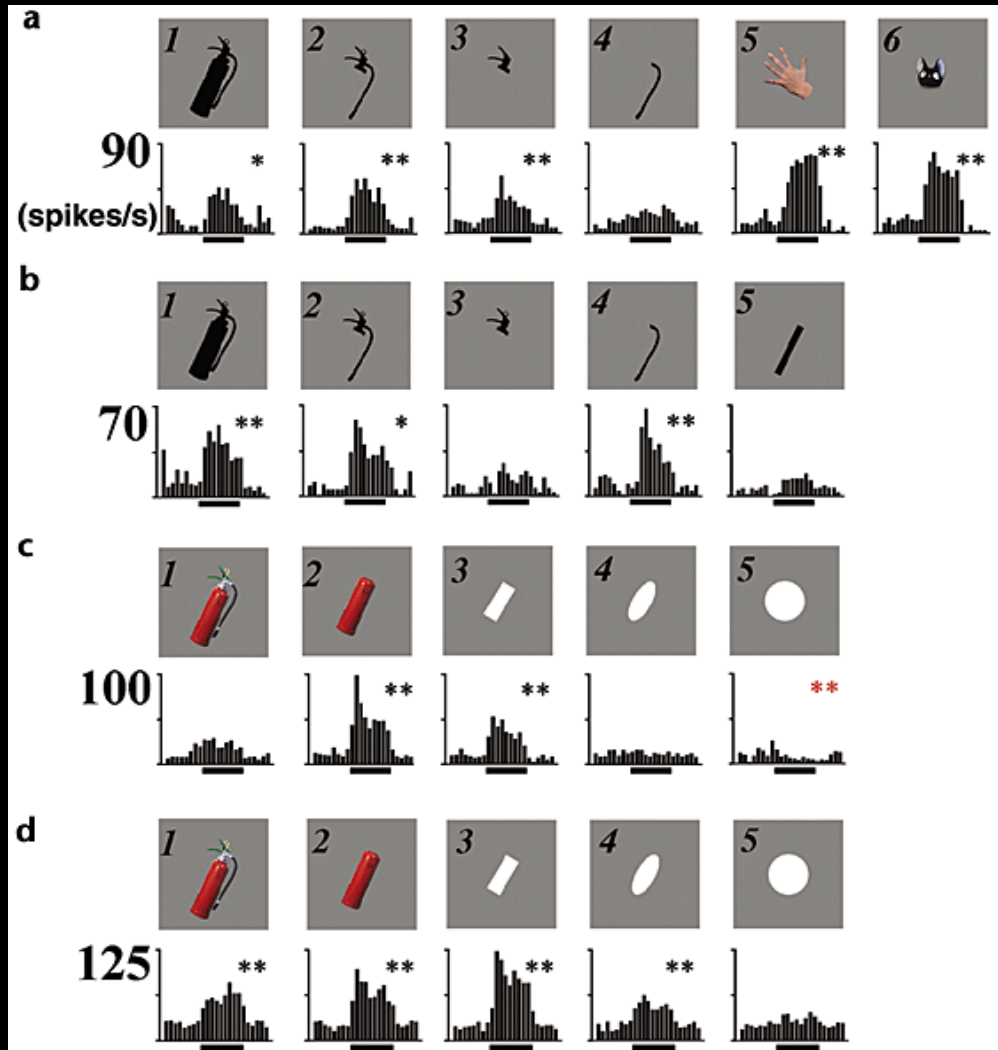
aukštesnieji regos centrai

1. neuronai
reaguoja į
vidutinio
sudėtingumo
objektus



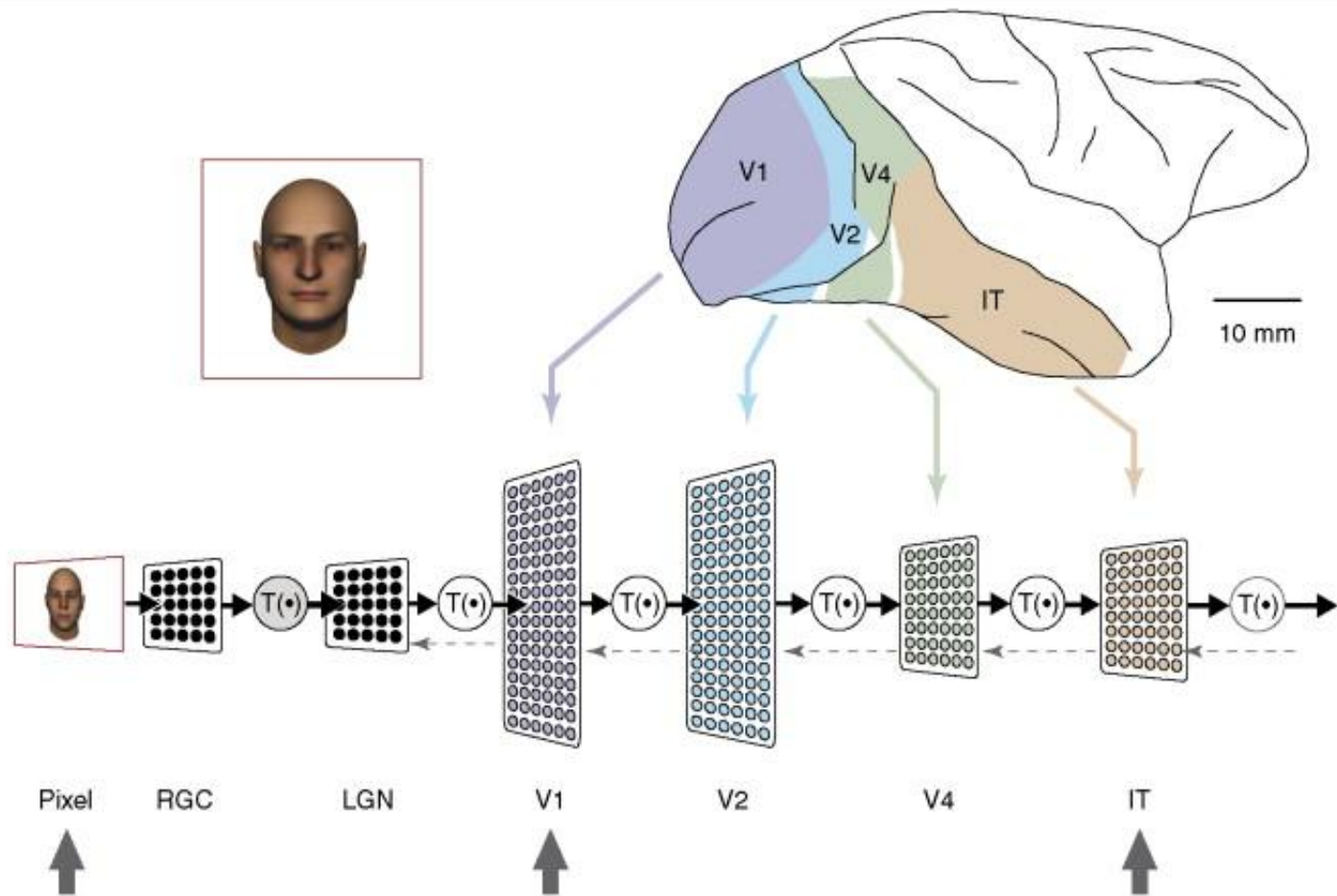
Tanaka, Annual Review of Neuroscience (1996)

2. toliau vidutinio sudėtingumo
objektai grupuojami į sudėtingus



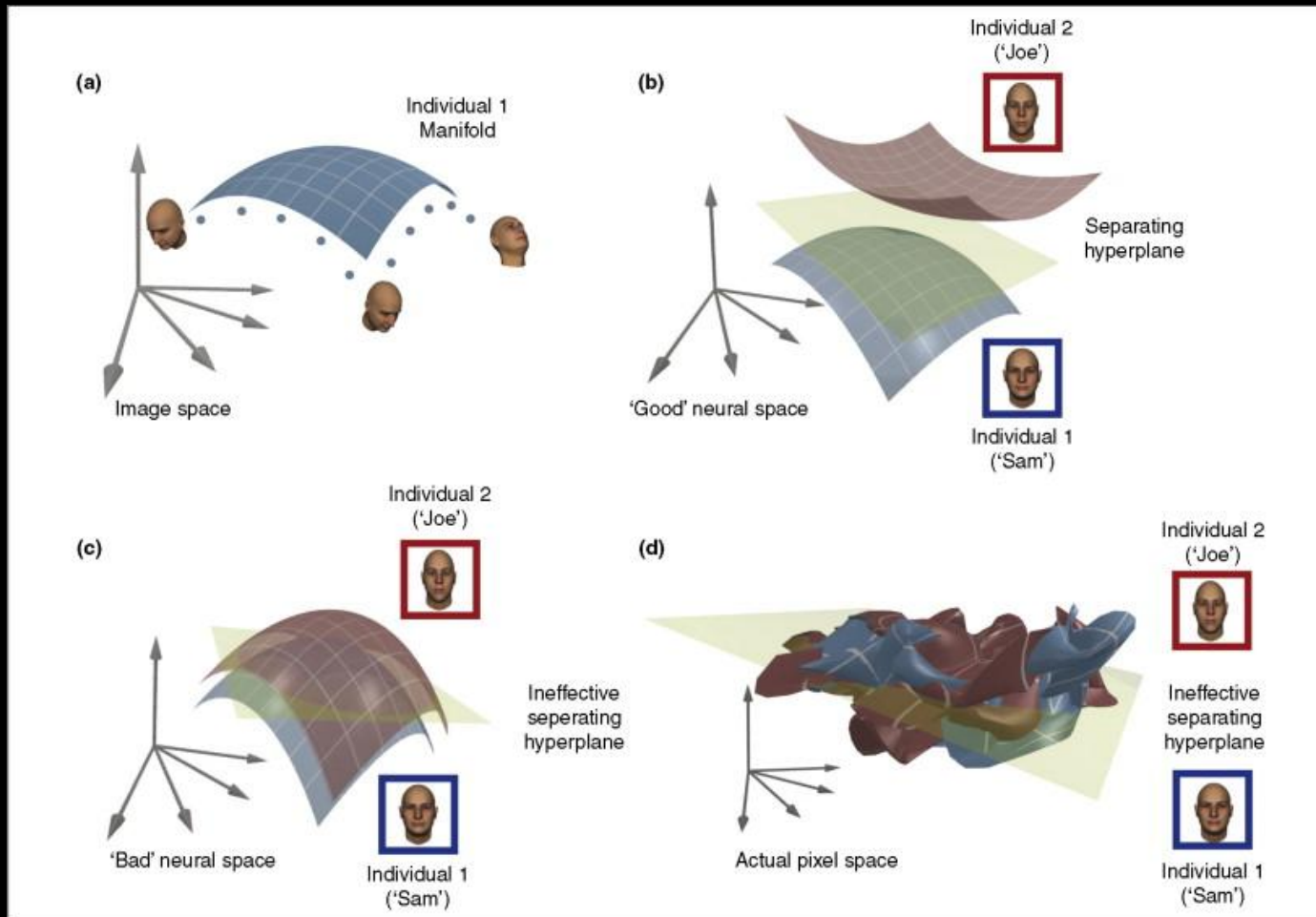
Tsunoda et al., Nature Neuroscience (2001)

regos sistema



TRENDS in Cognitive Sciences

regos sistema

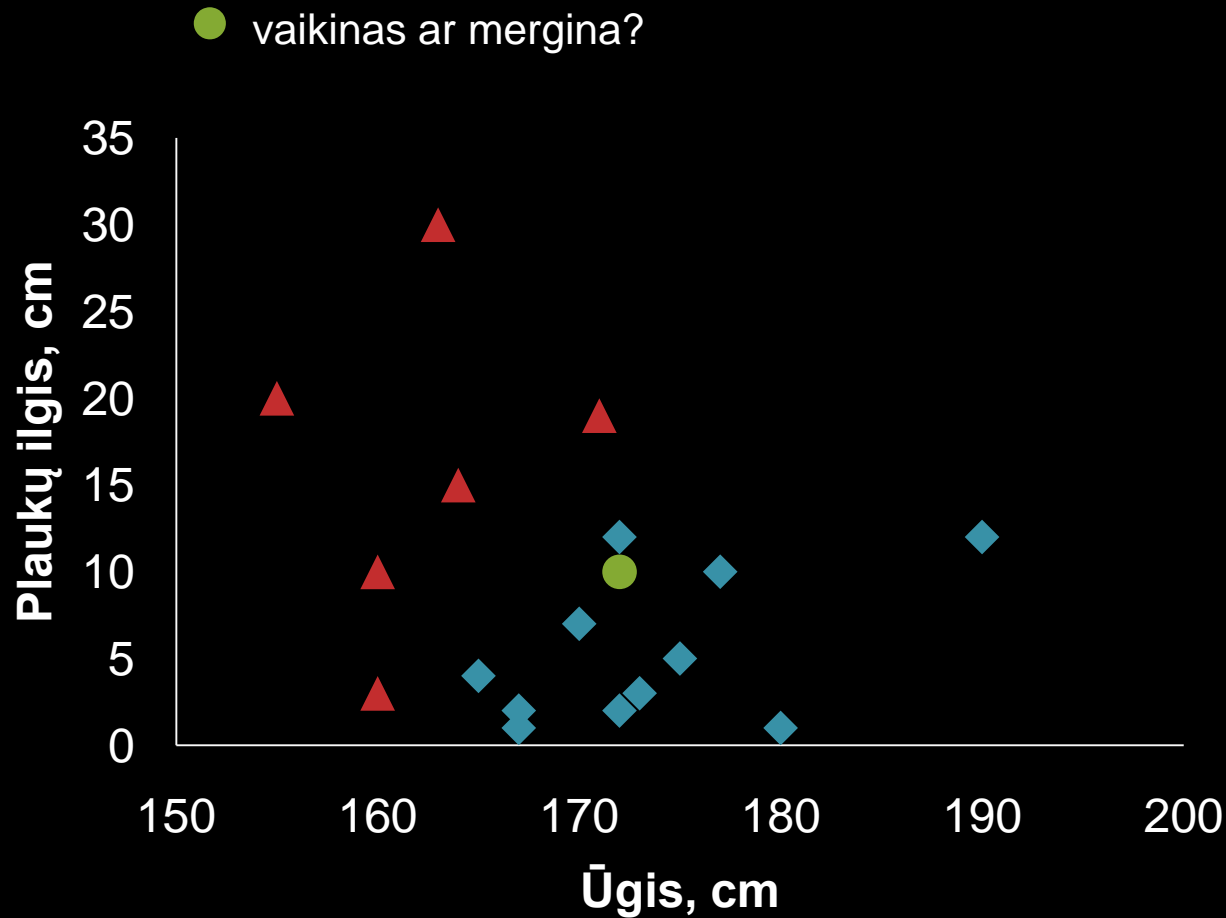


trečia dalis

NEURONINIAI TINKLAI

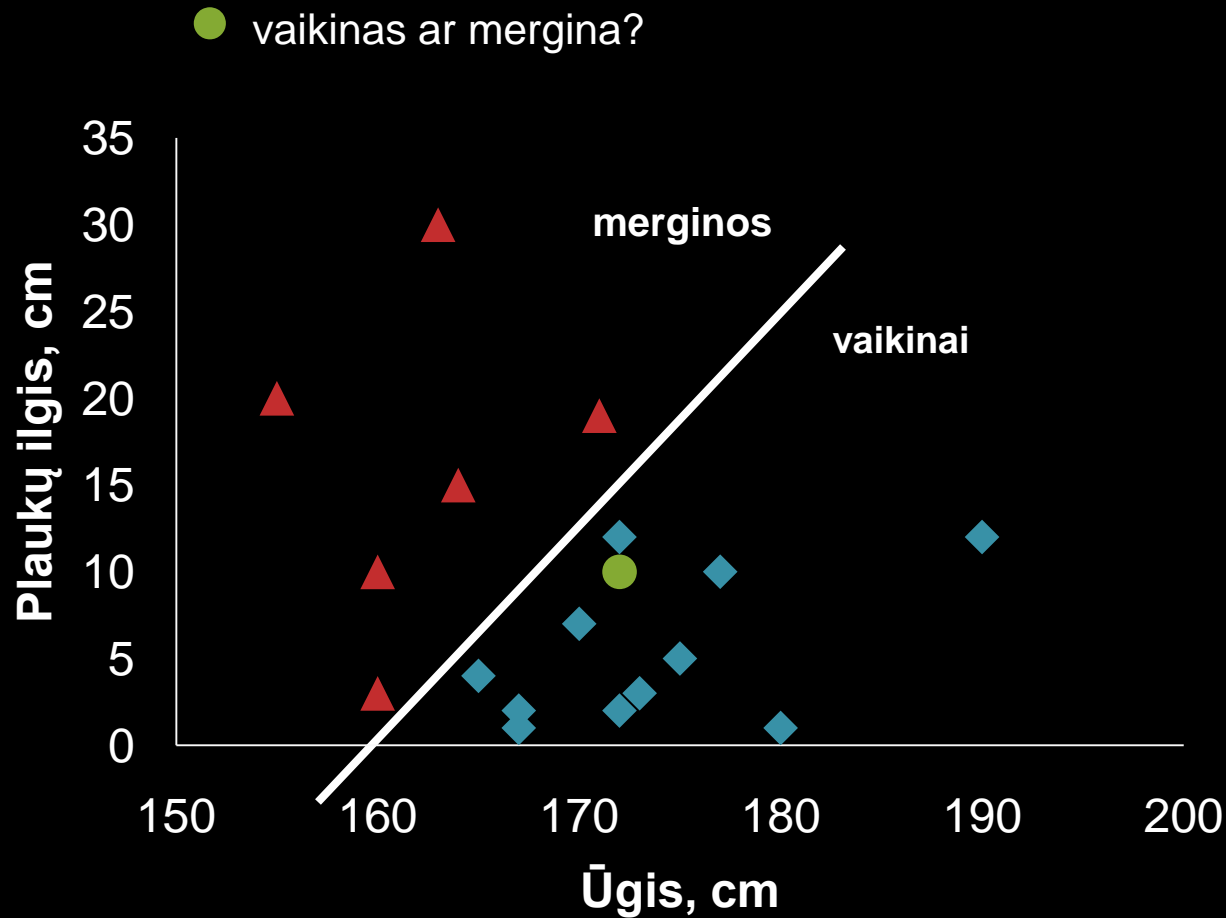
sprendimų priėmimas

(klasifikacija)



sprendimų priėmimas

(klasifikacija)



ateities numatymas

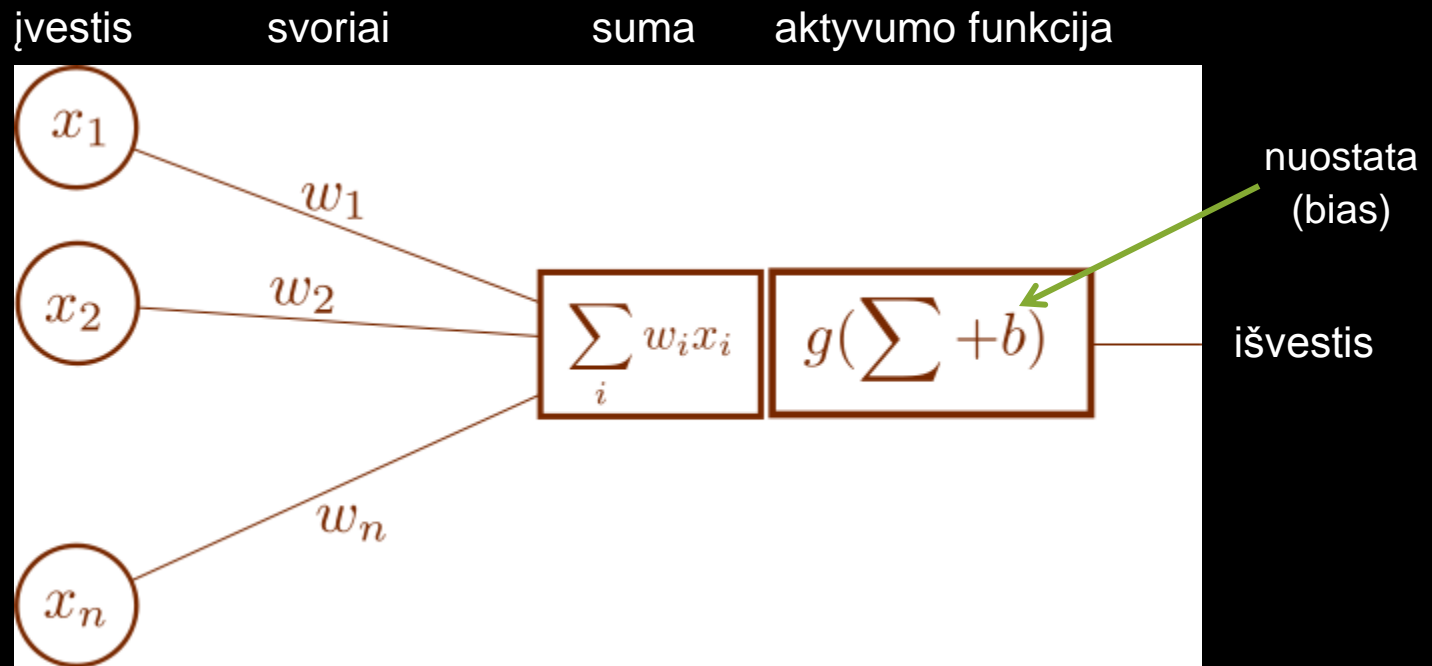
(regresija)

Google akcijų kainų kaita



perceptronas

frank rosenblatt, 1957



perceptronas

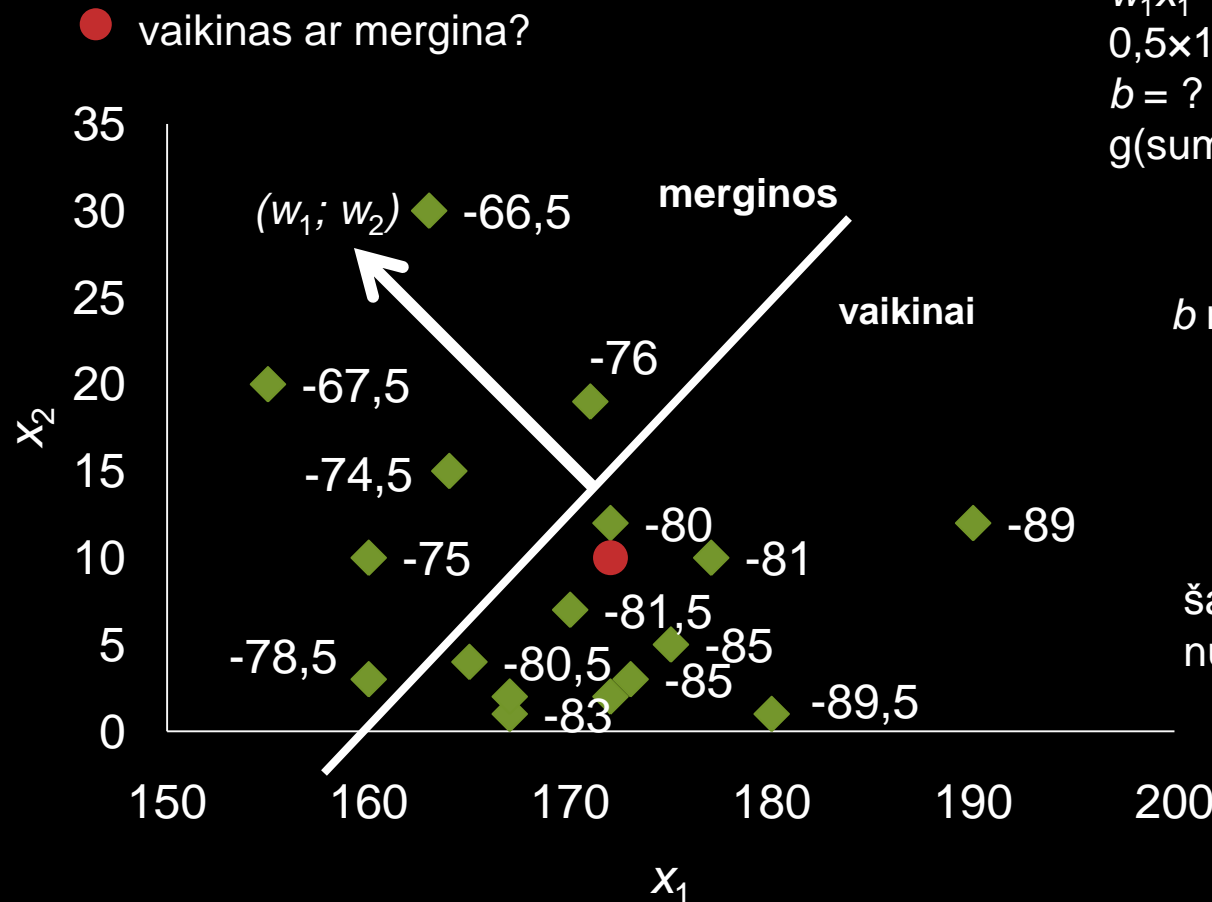
$$x_1 = 170, x_2 = 10$$

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 = -0,5 \times 170 + 0,5 \times 10 = -80$$

$$b = ?$$

$g(\text{suma} + b) =$ mergina, jei > 0
vaikinas, jei ≤ 0

$$b \text{ r\u0117\u017ai: } 78,5 < b \leq 80$$

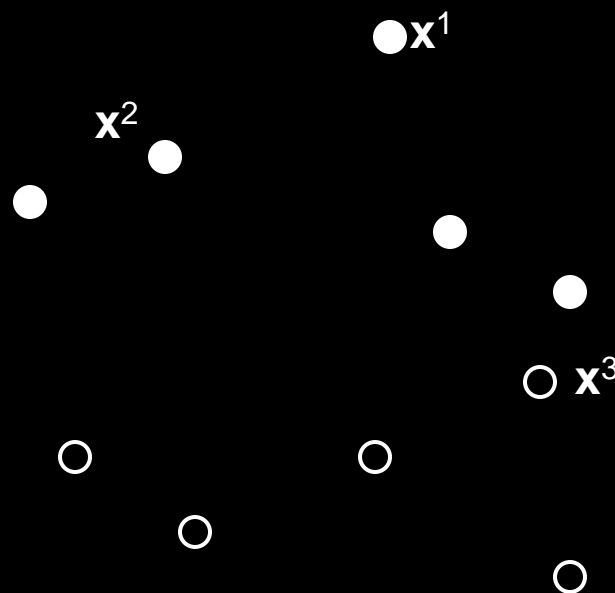


perceptrono mokymosi taisyklė

$$\Delta \mathbf{w} = \eta (o^\mu - y^\mu) \mathbf{x}^\mu$$

arba, kai $\eta = 1$,

$$\Delta \mathbf{w} = \begin{cases} \mathbf{x}^\mu \\ -\mathbf{x}^\mu \\ 0 \end{cases}$$

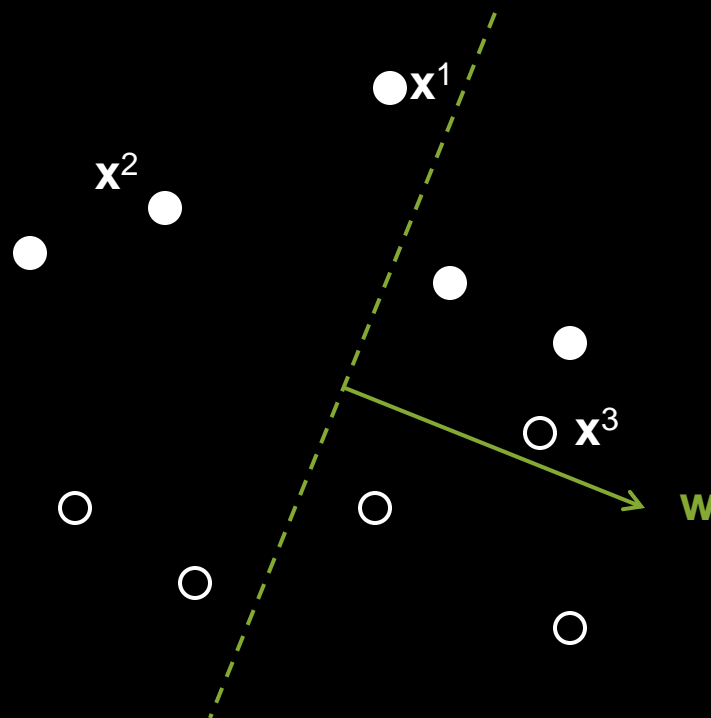


perceptrono mokymosi taisyklė

$$\Delta \mathbf{w} = \eta (o^\mu - y^\mu) \mathbf{x}^\mu$$

arba, kai $\eta = 1$,

$$\Delta \mathbf{w} = \begin{cases} \mathbf{x}^\mu \\ -\mathbf{x}^\mu \\ 0 \end{cases}$$

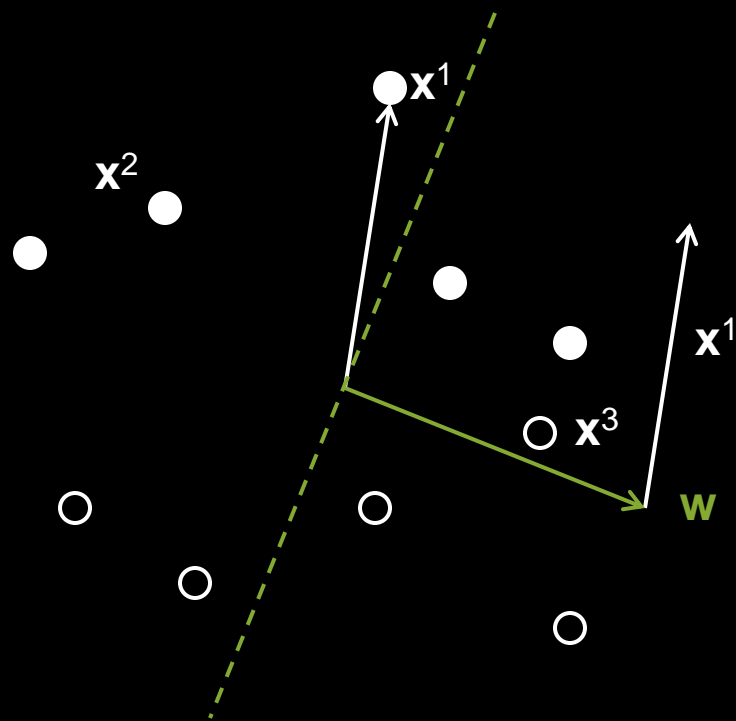


perceptrono mokymosi taisyklė

$$\Delta \mathbf{w} = \eta (o^\mu - y^\mu) \mathbf{x}^\mu$$

arba, kai $\eta = 1$,

$$\Delta \mathbf{w} = \begin{cases} \mathbf{x}^\mu \\ -\mathbf{x}^\mu \\ 0 \end{cases}$$

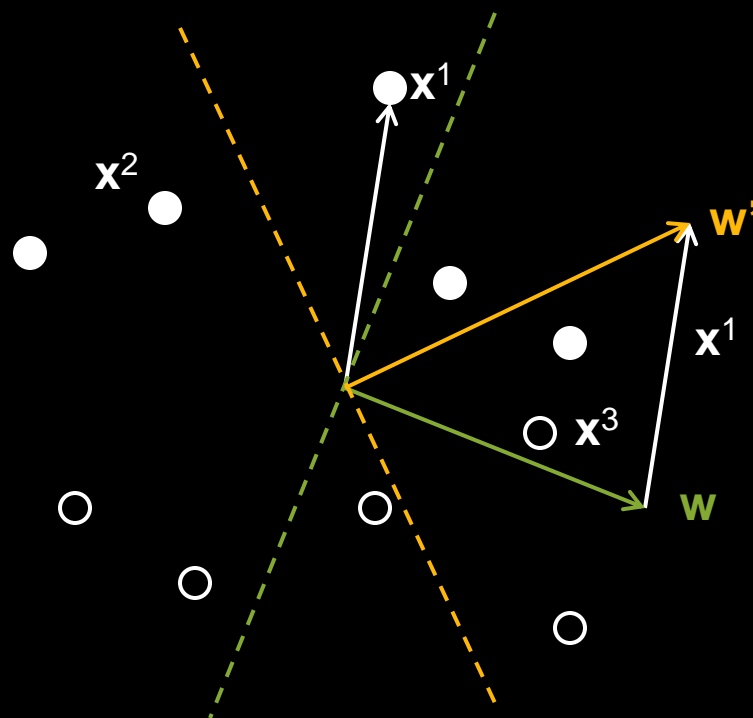


perceptrono mokymosi taisyklė

$$\Delta \mathbf{w} = \eta (o^\mu - y^\mu) \mathbf{x}^\mu$$

arba, kai $\eta = 1$,

$$\Delta \mathbf{w} = \begin{cases} \mathbf{x}^\mu \\ -\mathbf{x}^\mu \\ 0 \end{cases}$$

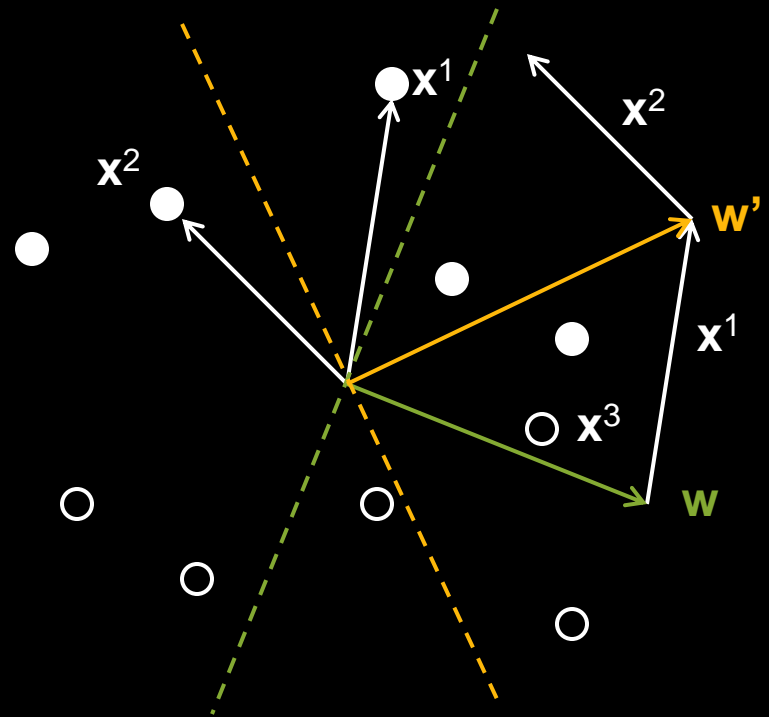


perceptrono mokymosi taisyklė

$$\Delta \mathbf{w} = \eta (o^\mu - y^\mu) \mathbf{x}^\mu$$

arba, kai $\eta = 1$,

$$\Delta \mathbf{w} = \begin{cases} \mathbf{x}^\mu \\ -\mathbf{x}^\mu \\ 0 \end{cases}$$

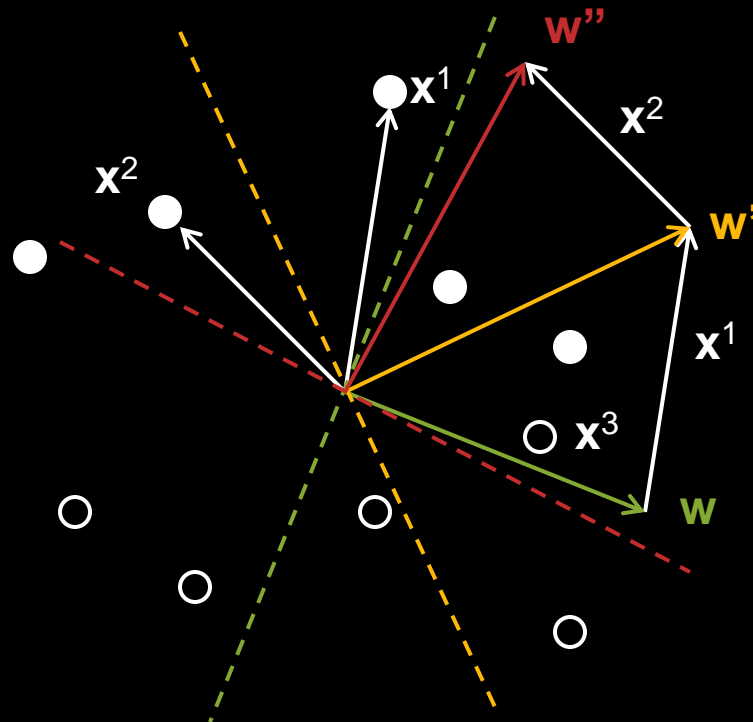


perceptrono mokymosi taisyklė

$$\Delta \mathbf{w} = \eta (o^\mu - y^\mu) \mathbf{x}^\mu$$

arba, kai $\eta = 1$,

$$\Delta \mathbf{w} = \begin{cases} \mathbf{x}^\mu \\ -\mathbf{x}^\mu \\ 0 \end{cases}$$

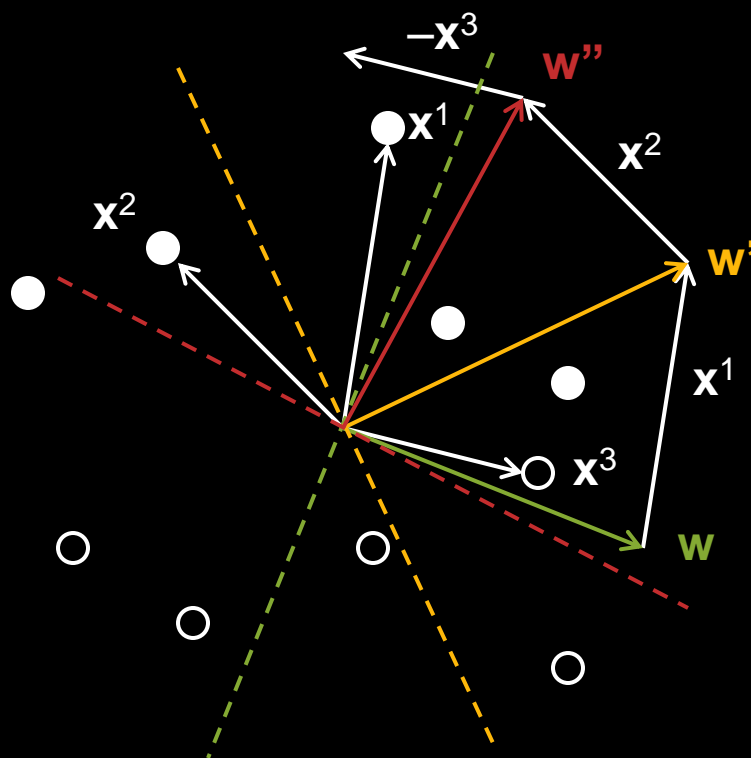


perceptrono mokymosi taisyklė

$$\Delta \mathbf{w} = \eta (o^\mu - y^\mu) \mathbf{x}^\mu$$

arba, kai $\eta = 1$,

$$\Delta \mathbf{w} = \begin{cases} \mathbf{x}^\mu \\ -\mathbf{x}^\mu \\ 0 \end{cases}$$

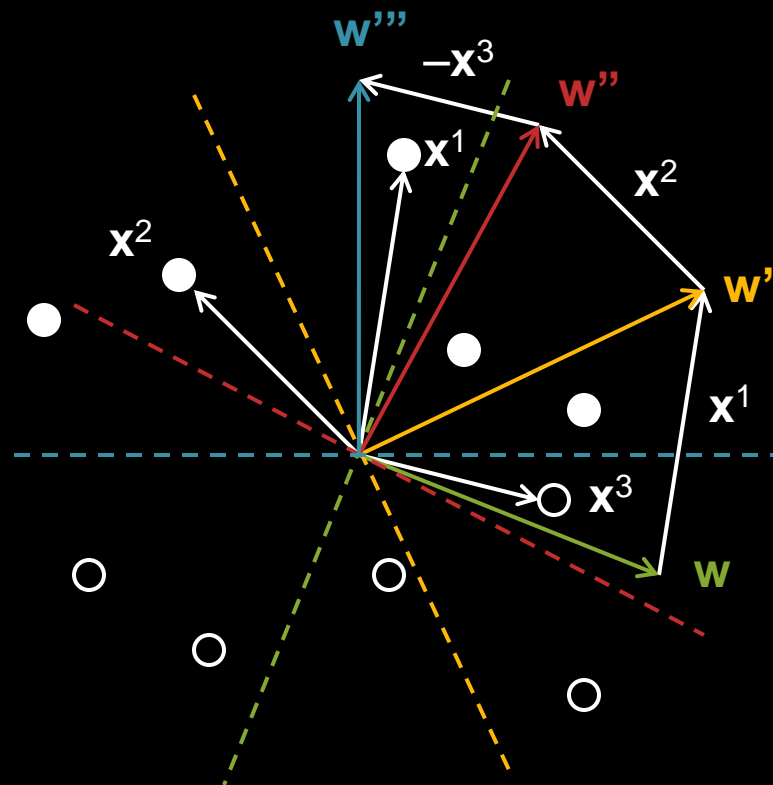


perceptrono mokymosi taisyklė

$$\Delta \mathbf{w} = \eta (o^\mu - y^\mu) \mathbf{x}^\mu$$

arba, kai $\eta = 1$,

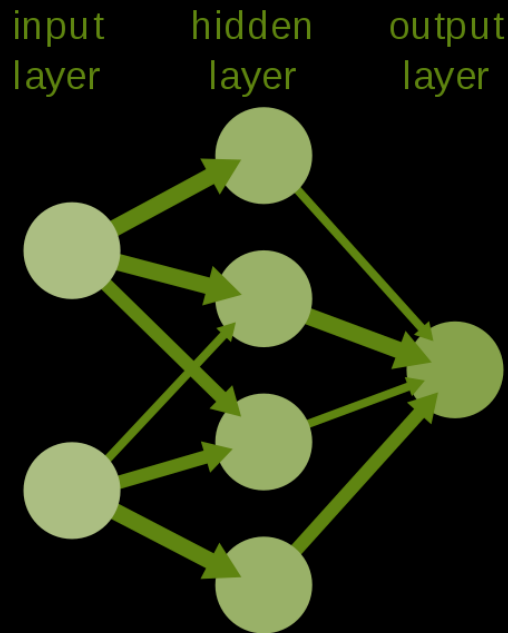
$$\Delta \mathbf{w} = \begin{cases} \mathbf{x}^\mu \\ -\mathbf{x}^\mu \\ 0 \end{cases}$$



neuroniniai tinklai

(daugiasluoksnis perceptronas)

A simple neural network



[wikimedia commons](#)

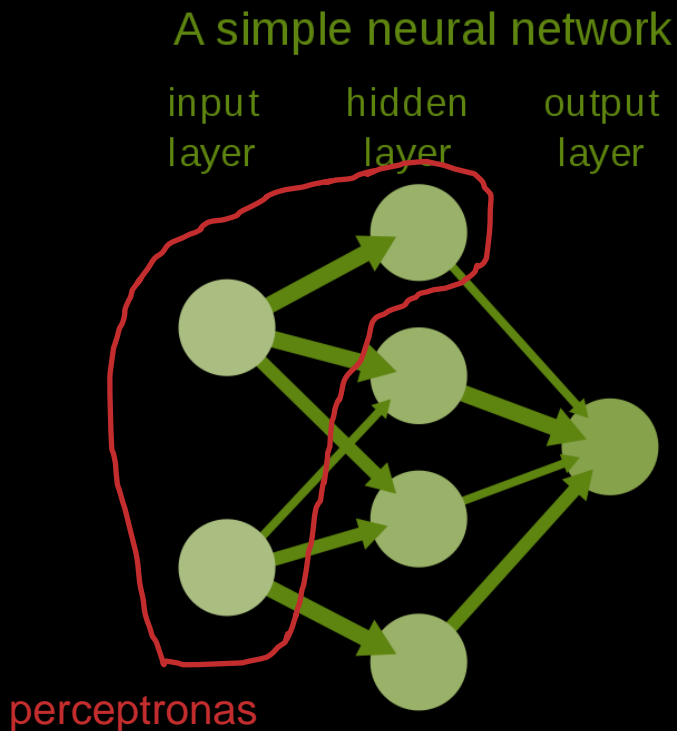
dviejų sluoksnių
pakanka bet
kokios tolygios
funkcijos
aproksimacijai

sprendimų režiai

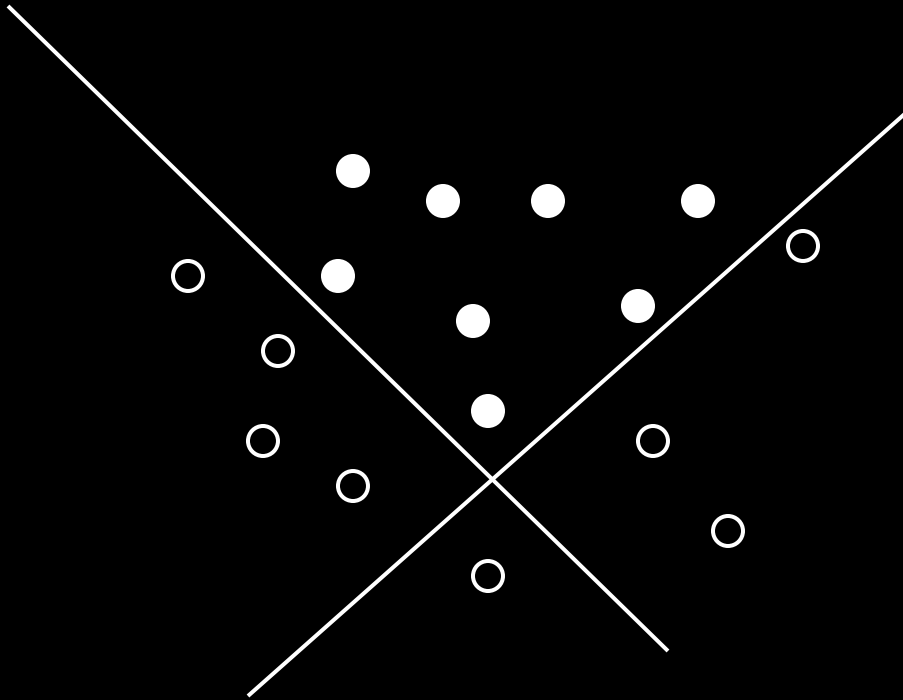
vienas perceptronas –
viena tiesė

n perceptronų – n tiesių

n tiesių – iškilasis
daugiakampis



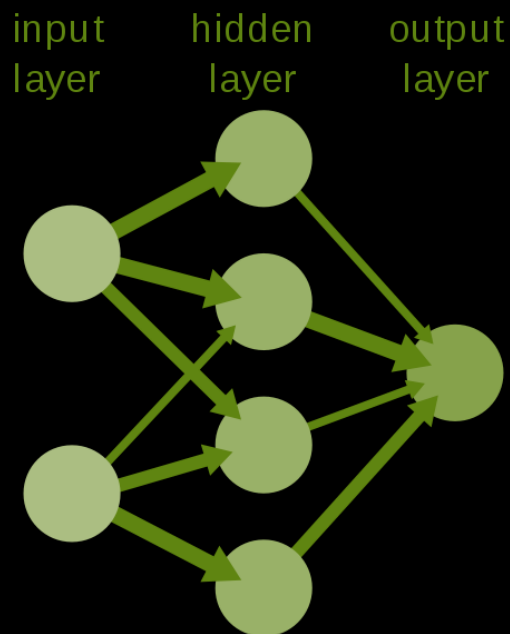
sprendimų rėžiai



gali priimti sudėtingesnius
(netiesinius) sprendimus

neuroninių tinklų trūkumai

A simple neural network

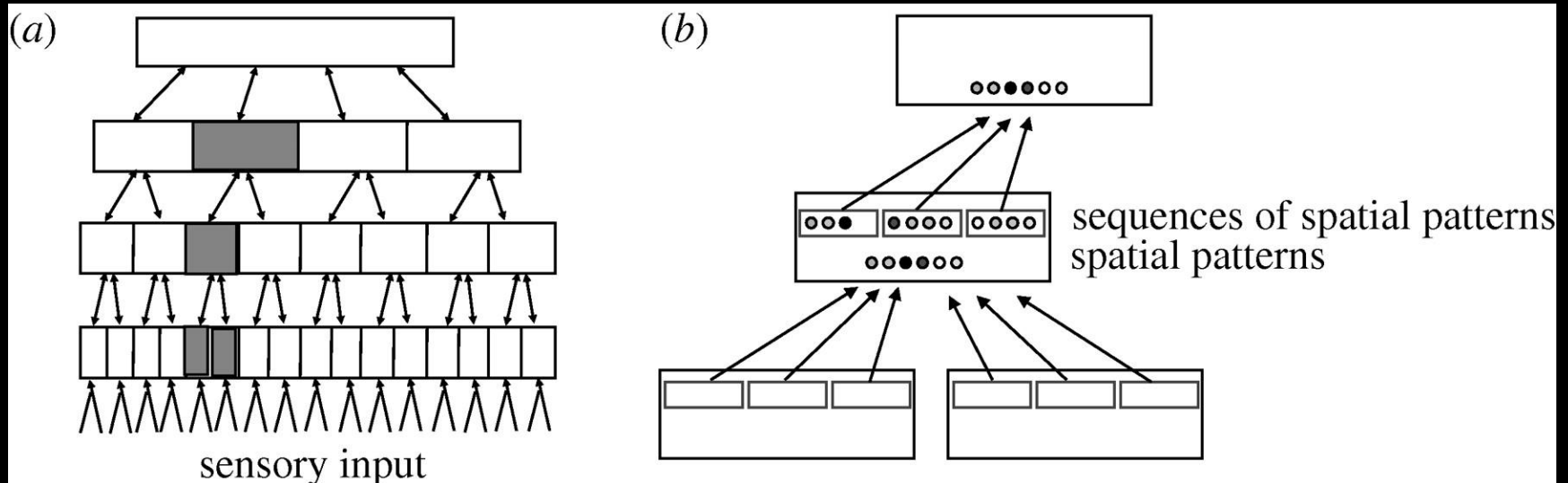


[wikimedia commons](#)

kiek reikia paslėptųjų
sluoksnių ir neuronų
juose?

sprendinys nebūtinai
optimaliausias

bendra architektūra



ketvirta dalis

ERDVĖ

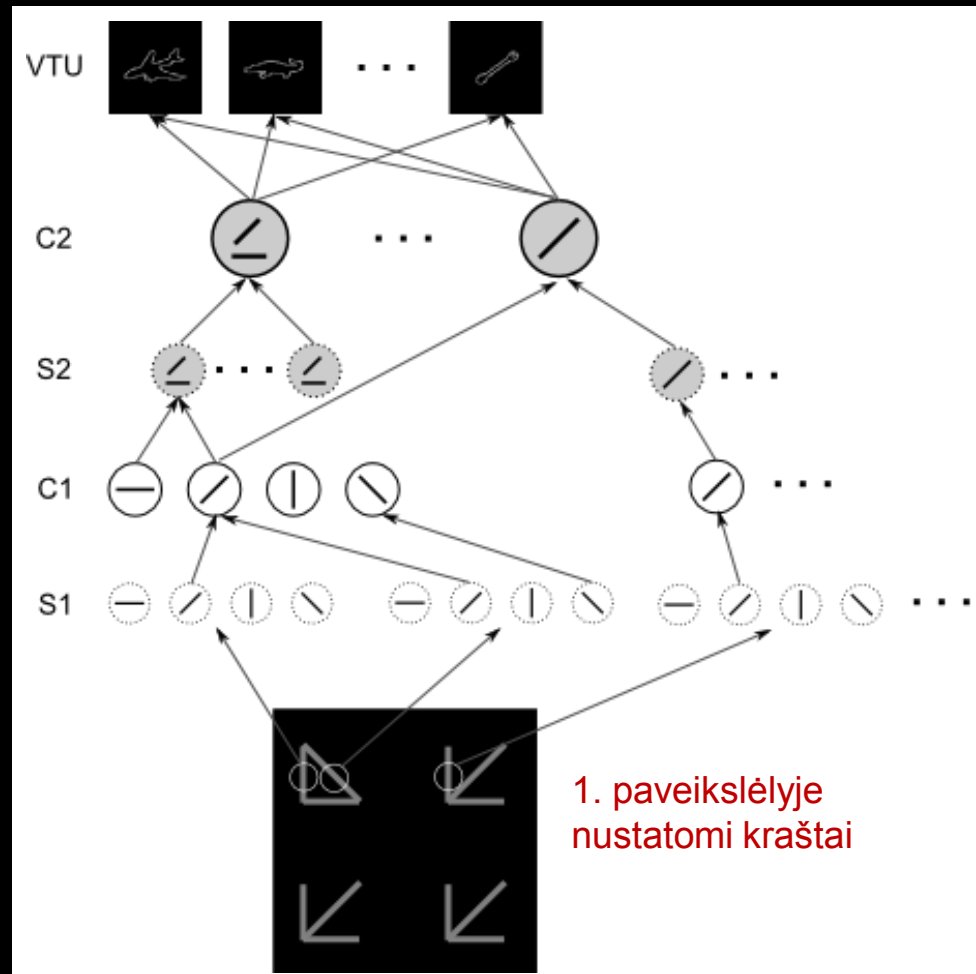
hmax: architektūra

5. atmintyje saugomi „prototipai“

4. vietas invariantiškumas

3. nustatomos sudėtingesnės savybės (du kraštai)

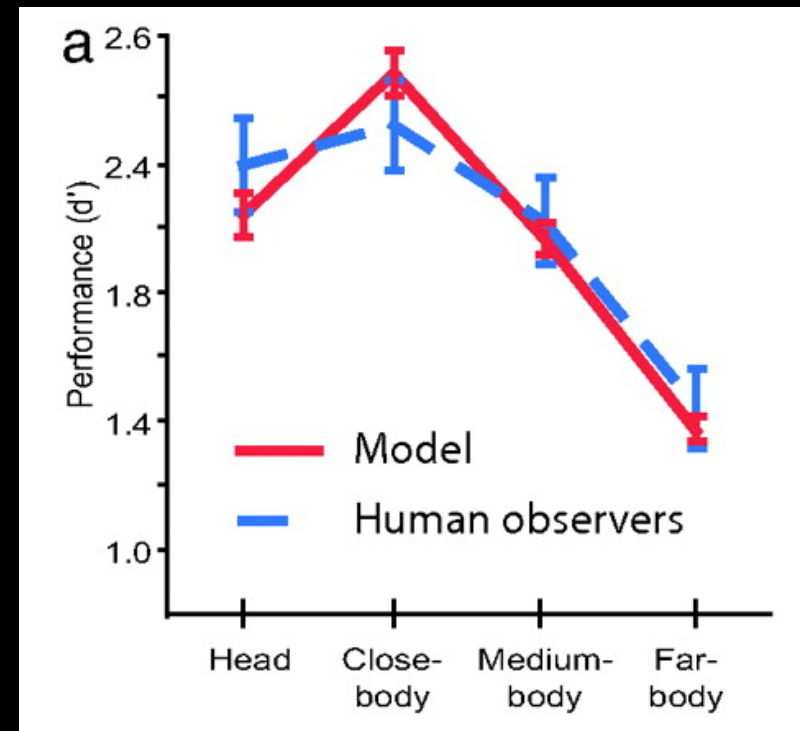
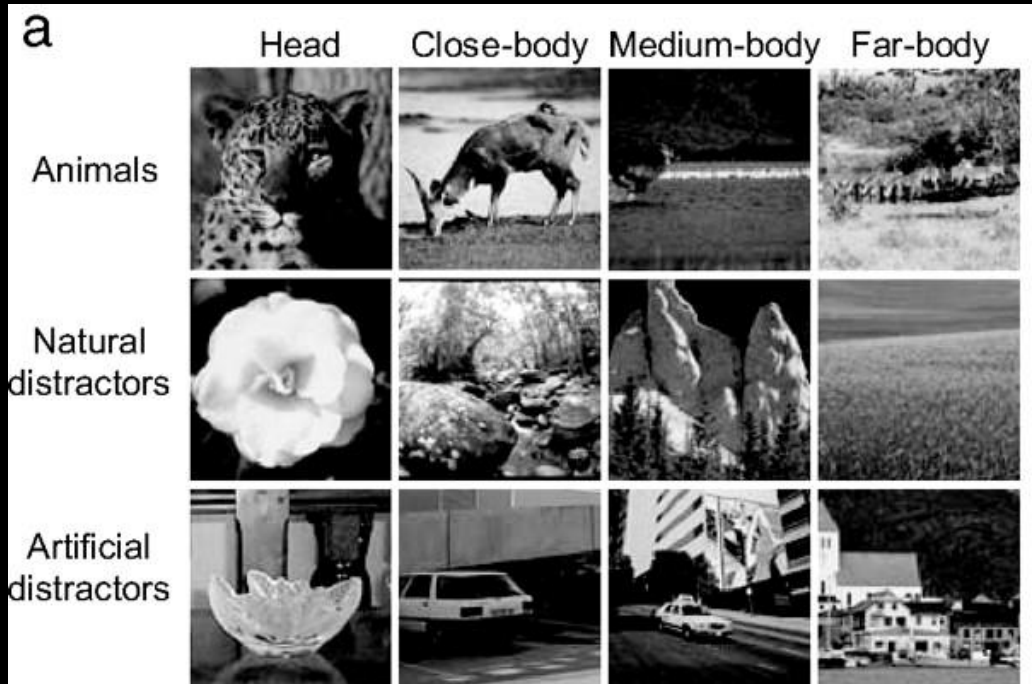
2. šiek tiek vietas invariantiškumo (nesvarbu, kurioje vietoje yra objektas)



hmax: rezultatai

paveikslėlis rodomas 20 ms

užduotis: ar paveikslėlyje yra gyvūnas?



šiuo atveju kompiuteris prilygsta žmogui

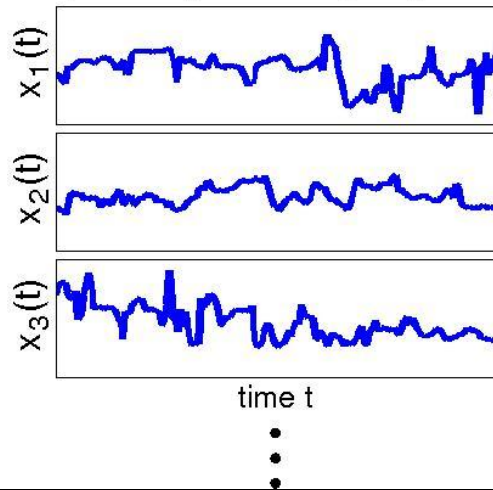
penkta dalis

ERDVĖ IR LAIKAS

lètumo principas

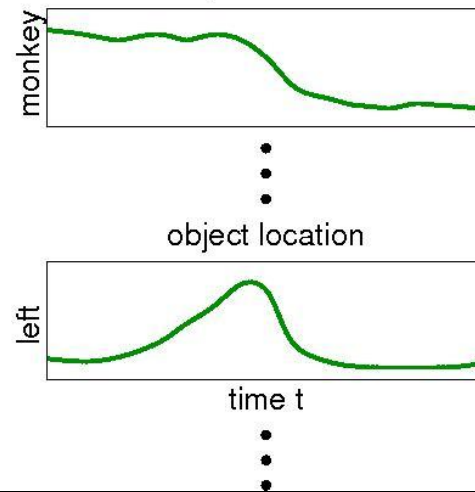


primary sensory signal

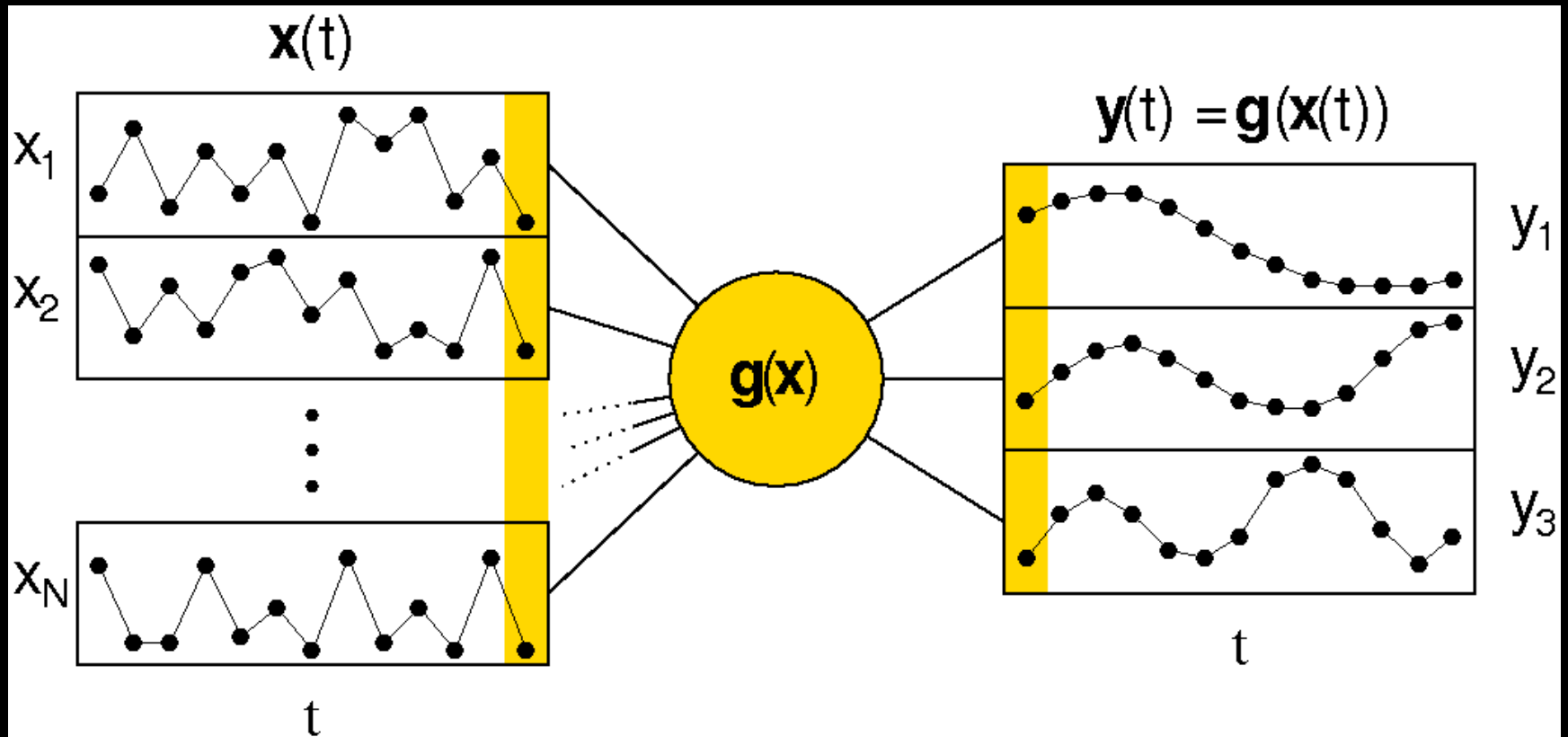


high level representation

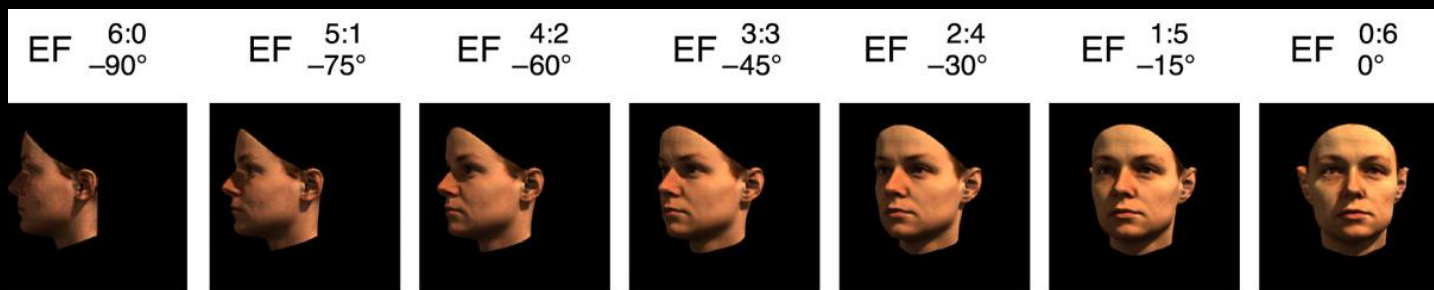
object identity



slow feature analysis **sfa**

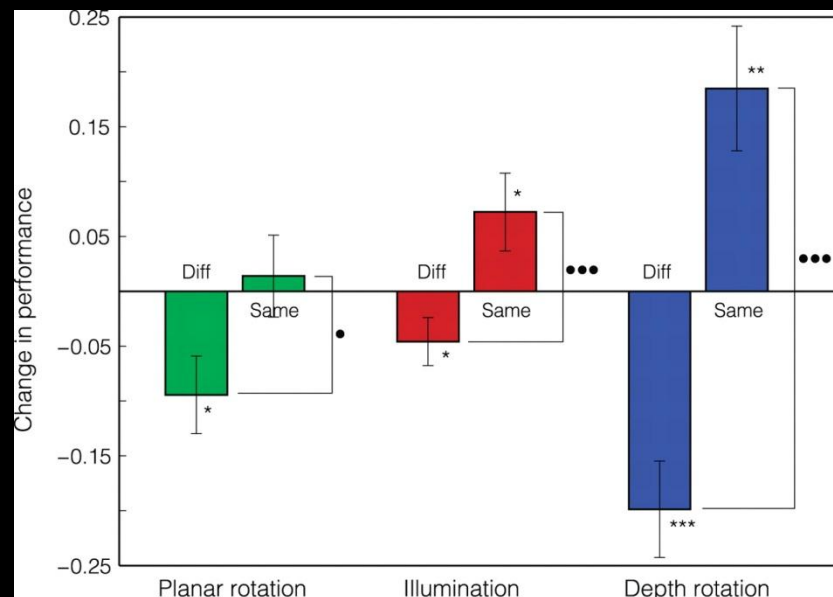


pavyzdys elgsenos pokytis

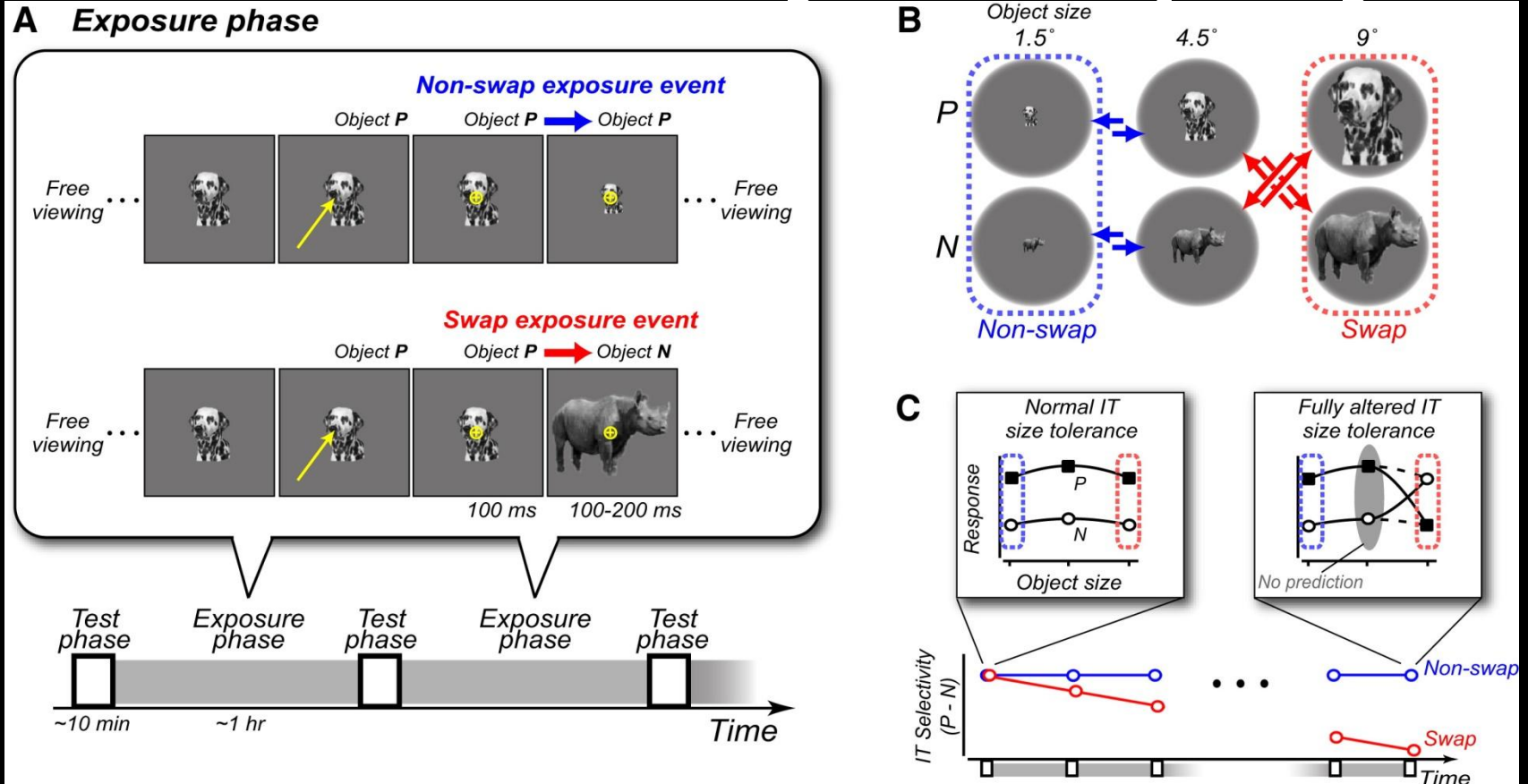


1. rodomi besisukantys veidai;
kartais veidas tas pats, kartais
sukimosi metu pasikeičia į kitą

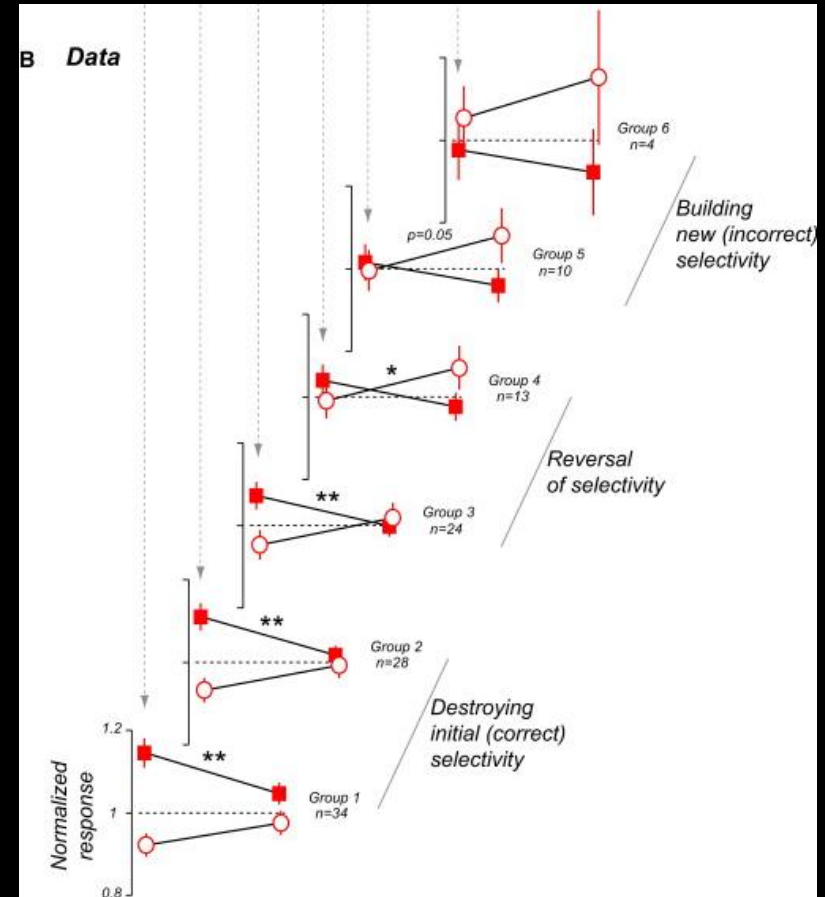
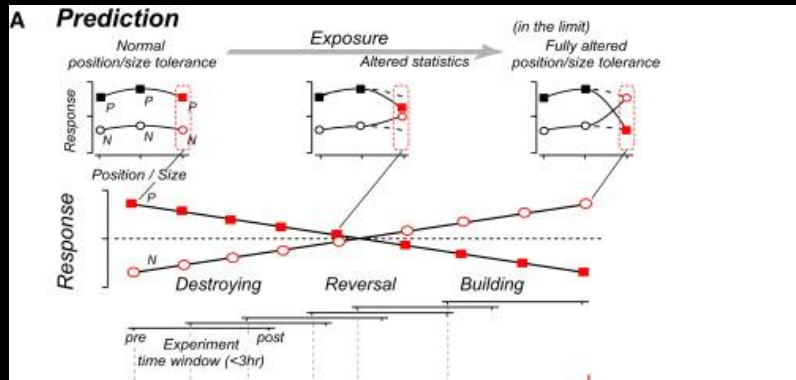
2. veidus, kurie keitėsi sukimosi
metu, dalyviai ima painioti
(mėlynas Diff)



pavyzdys neurono selektyvumo pokytis



pavyzdys neuroono selektyvumo pokytis



SFA užduotis

turint $x(t)$

rasti tokias funkcijas $g(x)$, kad išvestis $y(t) = g(x(t))$ būtų $\Delta y_j = \langle \dot{y}_j^2 \rangle_t$

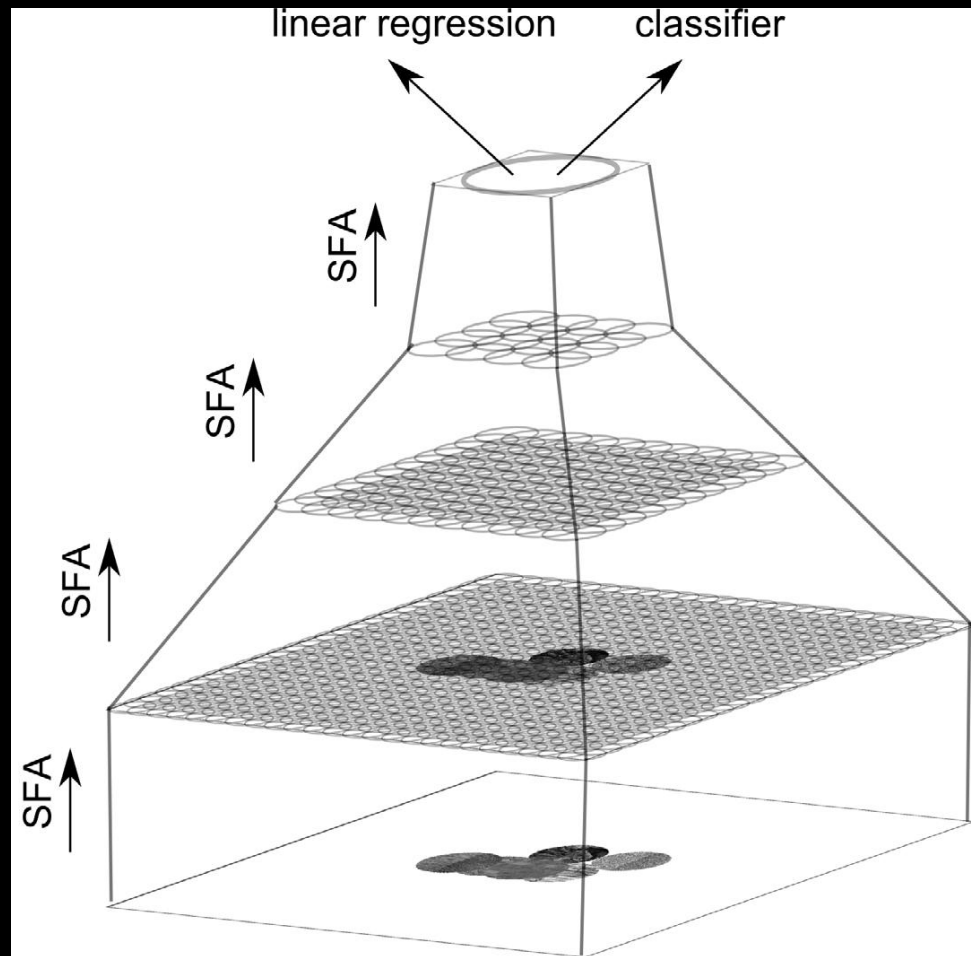
su tokiomis savybėmis:

vidurkis nulis $\langle y_j \rangle_t = 0$

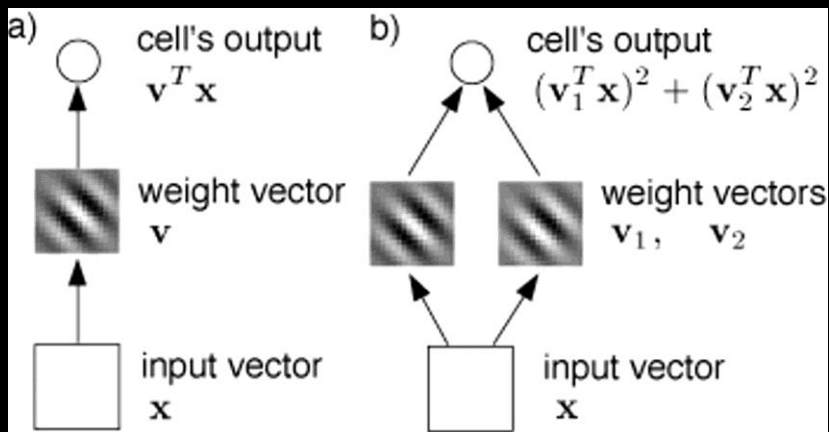
vienetinė dispresija $\langle y_j^2 \rangle_t = 1$

ortogonalumas ir eiliškumas $\forall i < j : \langle y_i y_j \rangle_t = 0$

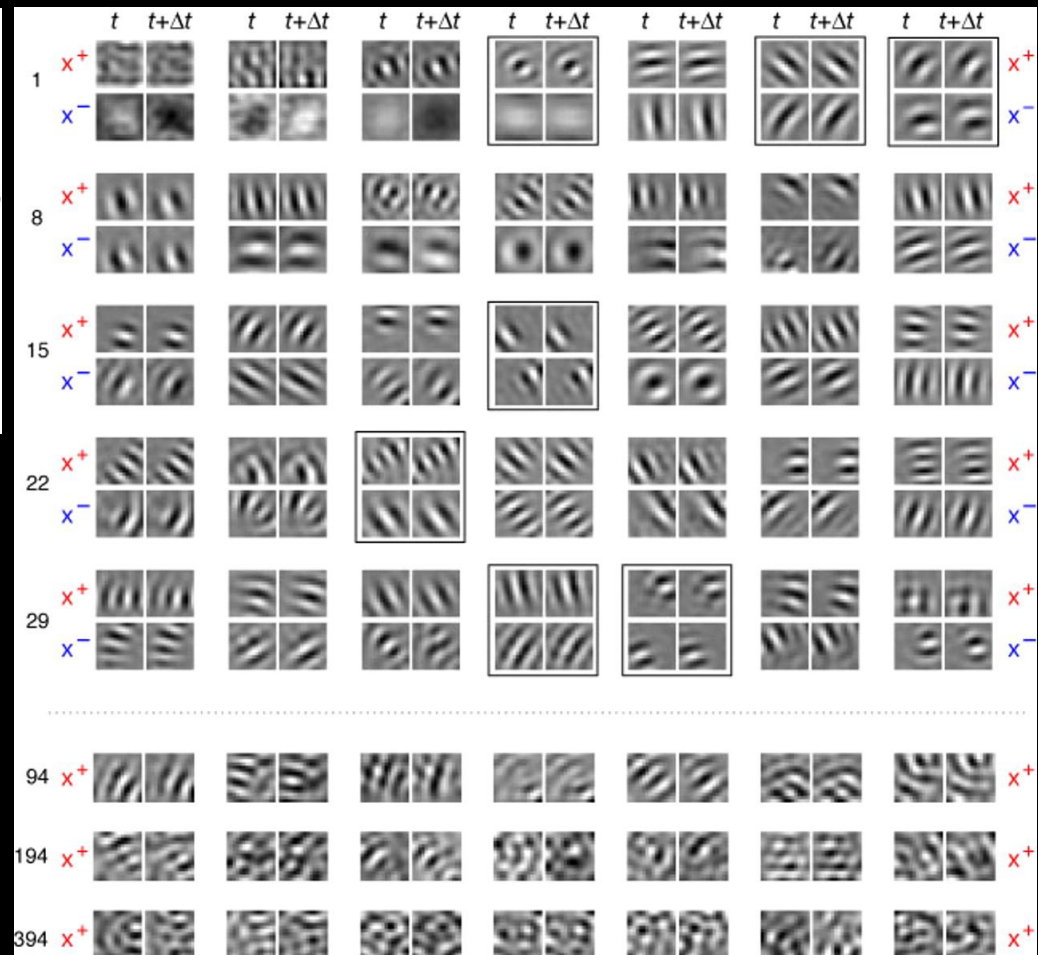
SFA architektūra



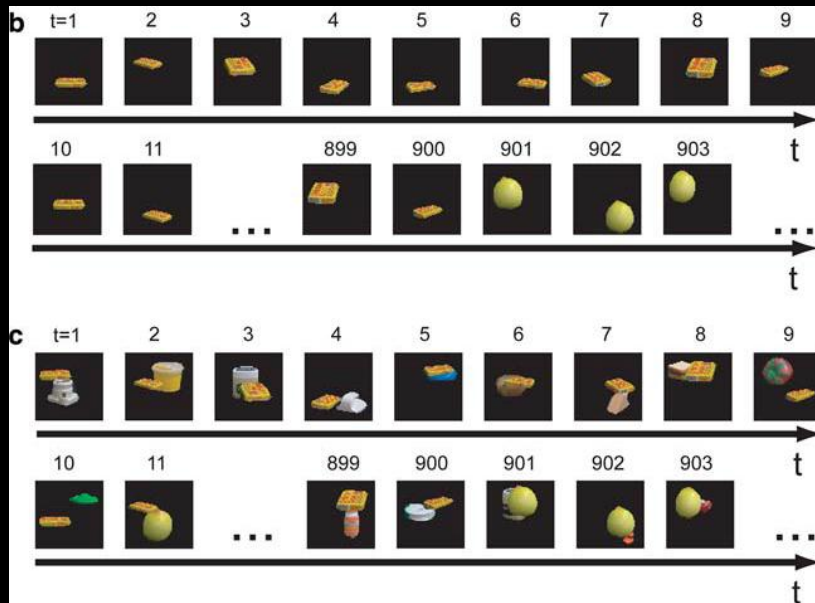
SFA complex cells



sfa išmoksta labiausiai reaguoti į panašius stimulus kaip ir regos sistema (viršuj)

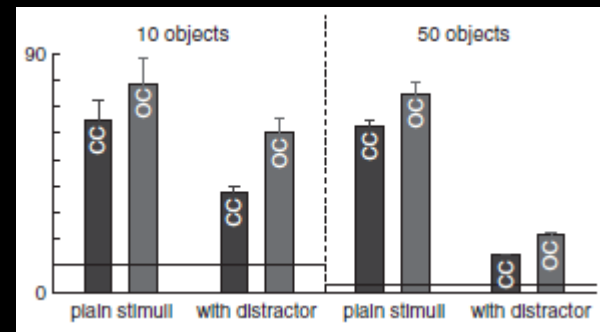


SFA invariantiškumas



1. objektai rodomi po vieną arba poromis
įvairiais kampais ir įvairiose vietose

2. algoritmas sėkmingai atskiria objektus (tiek 10, tiek 50), net gaudamas nematytus kampus/vietas ir net kai buvo rodoma porose



3. vis dēlto esant keliems objektams algoritmas veikia prastai

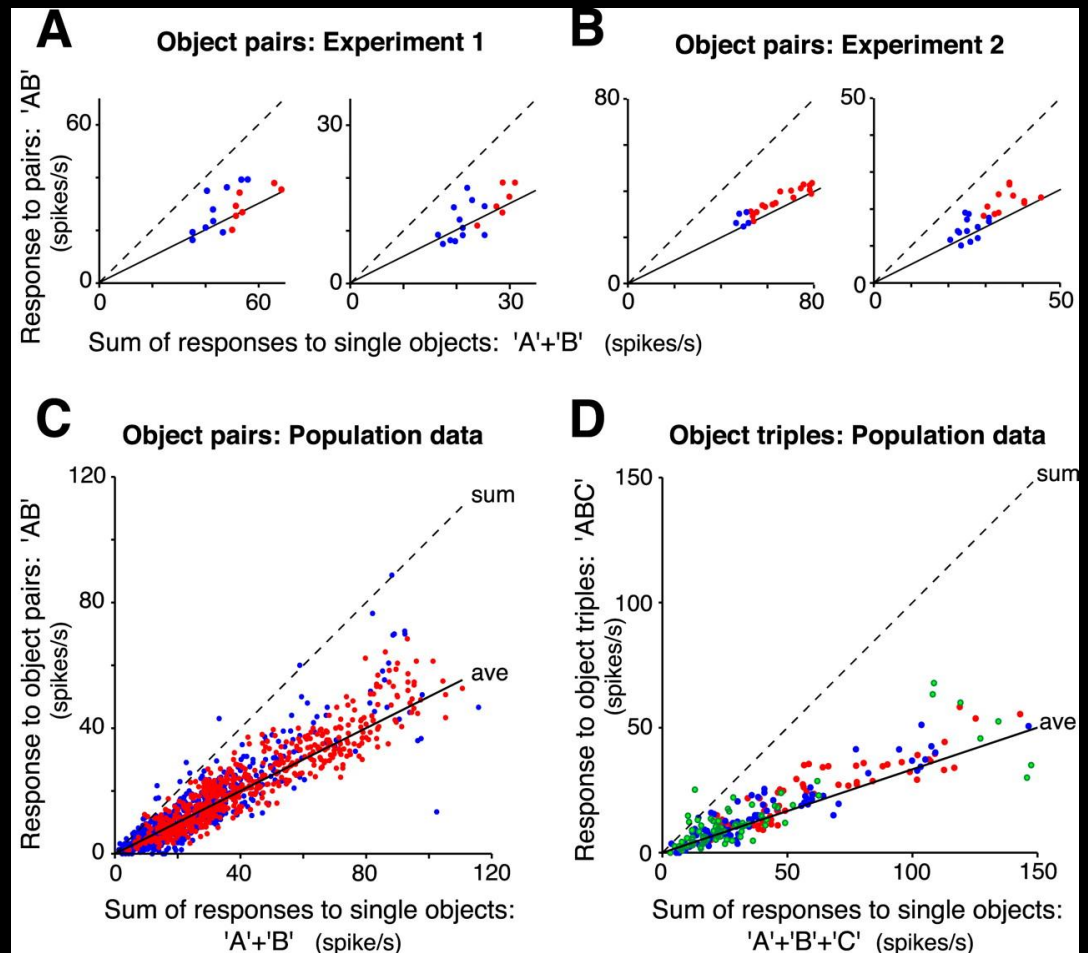
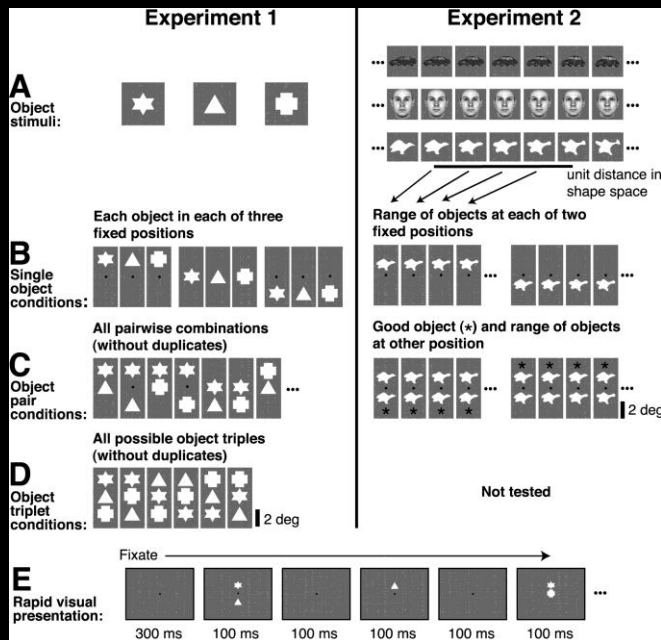
šešta dalis

TOLIMESNI ŽINGSNIAI

daugiau kaip vienas objektas

padaryti, kad veiktų su daugiau kaip vienu objektu
saliency, gešalto taisyklių, grįžtamojo ryšio naudojimas
modeliuose

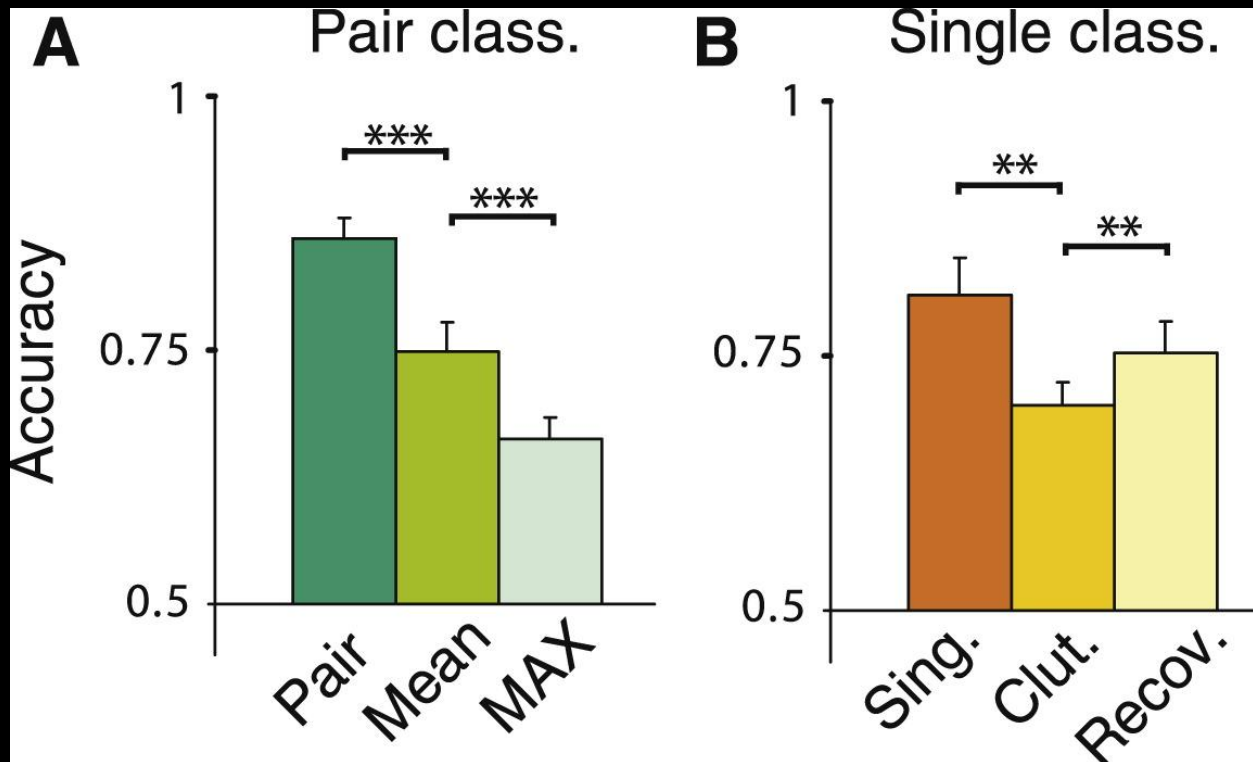
pavyzdys neuroninis atsakas



1. objektai rodomi po vieną, du ar tris

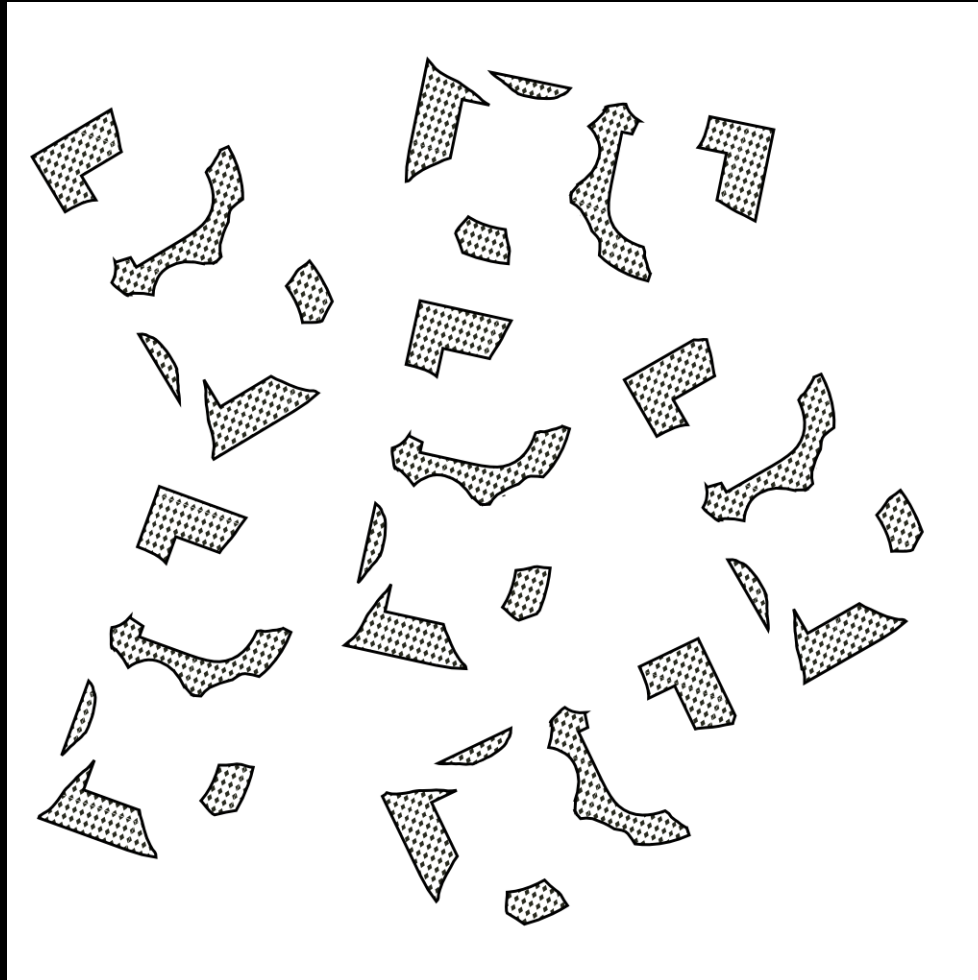
2. neuroninis atsakas į du ar tris objektus artimesnis atsakų į kiekvieną objektą atskirai vidurkiui, o ne jų sumai

pavyzdys fMRI atsakas

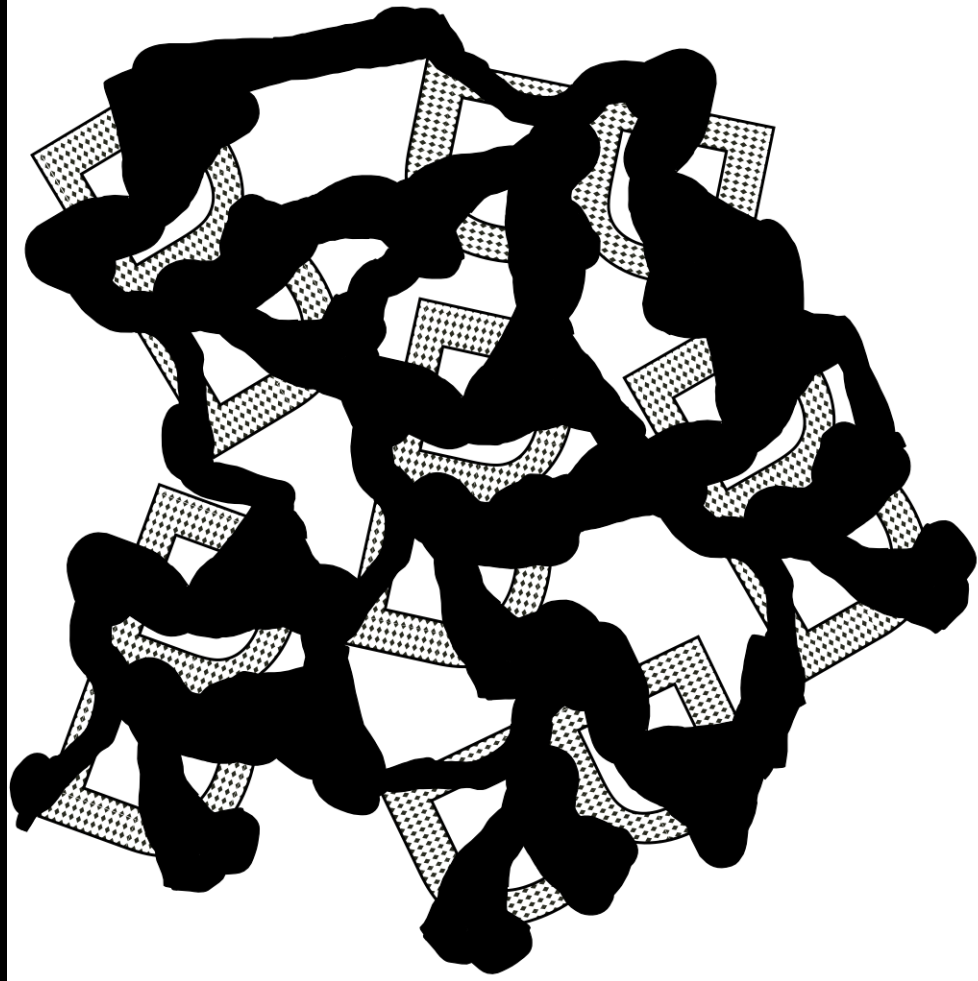


fMRI atsakas į du objektus panašesnis atsakų į kiekvieną objektą atskirai vidurkiui, o ne maksimumui

pavyzdys occlusion



pavyzdys occlusion



modal completion

pagal [Bregman \(1981\)](#)