

Eelmisel korral: iseorganiseeruvad võrgud

- sisendruumi klasterdamine ilma välise tagasisideta/järelvalveta
- mõningad probleemid ja omadused:
 - stabiilsuse probleem
 - õppimisele avatuse (*plasticity*) probleem
 - (*stability-plasticity dilemma*)
 - „naabruse“ vähendamist iseõppivates võrkudes võib võtta kui välist tegurit
 - analoogia bioloogilise poolega nõrk

ART – Adaptive Resonance Theory

- iseorganiseeruvate närvivõrkude klass
 - püstitatud eesmärkide hulk laiem
 - tulemuseks keerulisemad võrgud
- põhiomaduseks peetakse eraldi õppimis- ja testimisfaaside puudumist, ART võrgud jäävad avatuks õppimisele ilma eelnevalt õpitud unustamata

ART – eesmärgid

- parameeter granulaarsuse mõjutamiseks
- tihe side neurobioloogilise poolega
- minimaalne väline kontroll otsustusprotsessi üle
- tugevad matemaatilised alused

ART – realiseerimine

- väga ambitsioonikad eesmärgid
- ART1 (Grossberg, Carpenter, 1973)
- tegemist on keeruka süsteemiga
- Gurney annab „sissejuhatava ülevaate“, lähenedes tasemete kaupa

Tasemed

- toodud sisse, andmaks paremat ülevaadet keerulisest süsteemist
- *computational* (arvutuslik)
- *algorithmic* (algoritmiline)
- *implementation* (realisatsioon)

ART1

- esimene ja lihtsaim ART
- kahekihiline võrk mustri-mallide (šabloonide) eraldamiseks tõeväärtus/kahendrastritest (*boolean pattern*)

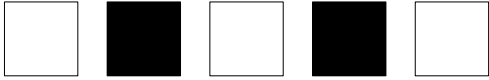
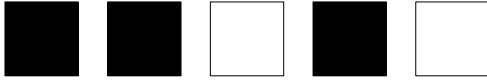
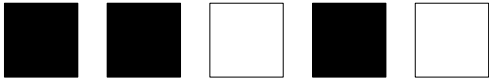

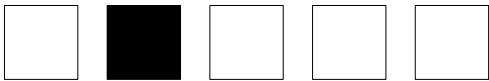
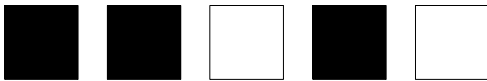


ART1 arvutuslikul tasemel

- sama eesmärk eelmise seminari SOM'idega – sisendmustrid väljundmallideks (*pattern – template*)
- aga:
 - erinevate väljundmallide arv ette määramata
 - *pattern-template* seostamised peavad jääma stabiilseks, ei tohi läbi aja muutuda

ART1 arvutuslikul tasemel

- sisendiks kahendmustrid
- väljundiks kahendmallid
- tõest väärtust (1) nimetatakse tunnuseks (*feature*)
- $d = \text{ühiste tunnuste arv} / \text{tunnuste arv}$ sisendmustris
- d – sisendmustri ja väljundmalli lähedus (*proximity*)

ART1 – lähedus (*proximity*)

<i>Muster</i>	<i>Mall</i>	<i>Lähedus</i>
		2/2
		2/3
		1/1
		3/4

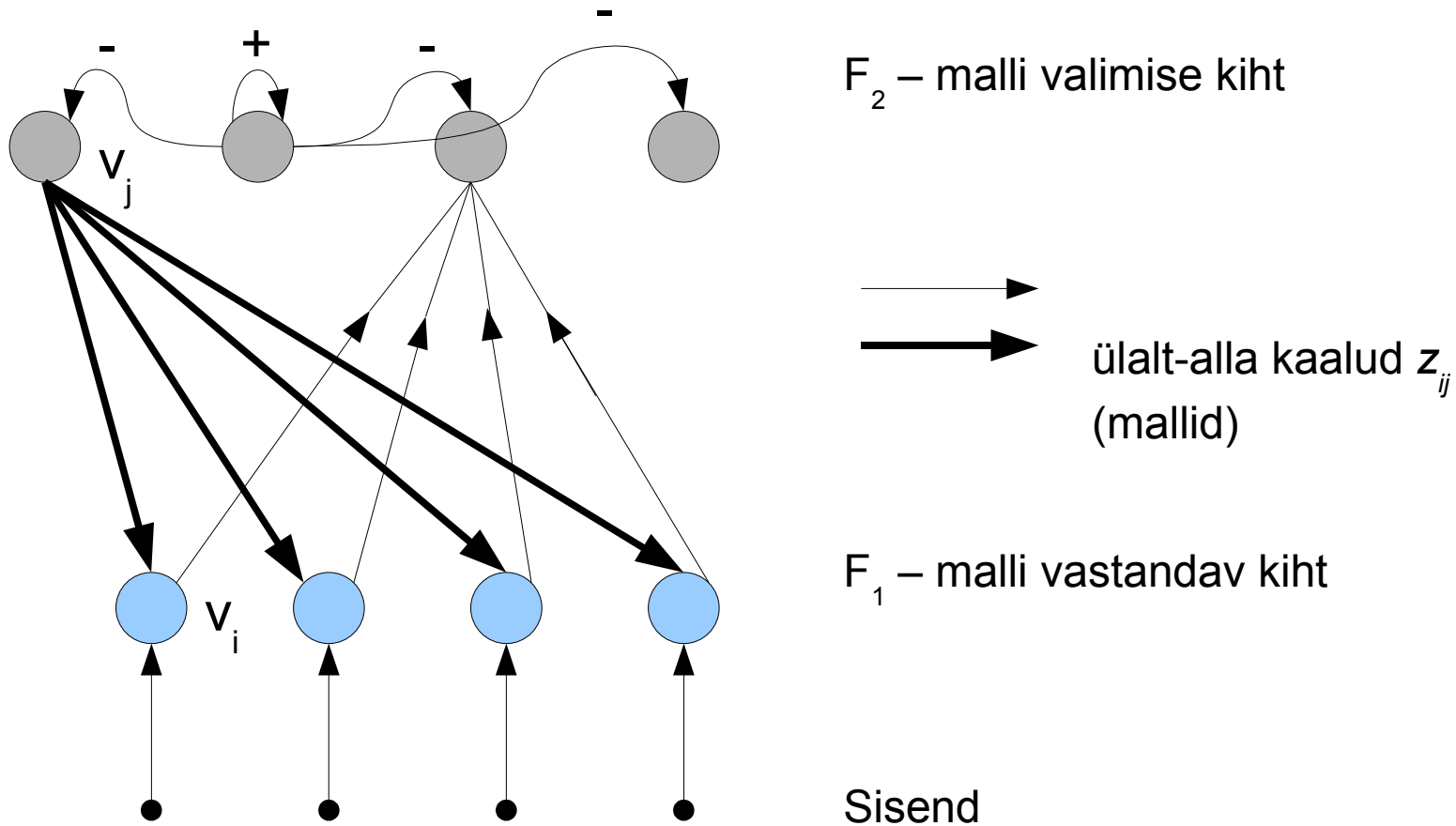
ART1 arvutuslikul tasemel

- sisendmuster tuleb seostada väljundmalliga nii, et nende lähedus oleks suurem, kui mingi etteantud suurus ρ
- ρ ongi see parameeter, mis mõjutab granulaarsust
- ART terminoloogias ρ – *vigilance*

ART1 – võrgu ülesehitus (arhitektuur)

- kaks kihti: F_1 (M neuronit, indeksiks i) ja F_2 (N neuronit, indeksiks j)
- *leaky-integrator* neuronid
- F_1 - sisend väljast ja F_2 -lt
- F_2 – võistlevate neuronite kiht
- F_1 -
- z_{ji} – ülalt-alla (*top-down*) kaalud
- z_{ij} – alt-üles (*bottom-up*) kaalud

ART1 – võrgu ülesehitus



ART1 – algoritmiline tase, üldkirjeldus

- otsime mustriga kõige paremini sobiva malli
- kas $d < \rho$ (*resonance*)?
 - kui jah, siis muudame malli nii, et jätame mallist välja kõik tunnused, mis pole sisendmustriga ühised
 - kui ei, siis loome juurde sisendmustriga võrdse malli
- kõige paremini sobiva malli otsing: alt-üles kaalud
- mallid: ülalt alla-kaalud

ART1 – algoritmiline tase

- pseudokoodis kasutatud tähistused
- vektorid: kaldkirjas suurtähed: V
- V – vektori V nullist suuremate komponentide indeksid
- $V = (1, 0, 0.7, 0, 0.5)$, $V = \{1, 3, 5\}$
- $|V|$ - V elementide arv, tõeväärtusvektori puhul tunnuste (*feature*) arv
- $Z^{(j)}$ koosneb z_{ji} 'dest
- kui I on sisend, siis $X = I \cap Z^{(j)}$ – sisendi ja malli ühiste tunnuste indeksite hulk

ART1 – algorithm line tase

/* Initialization – top-down weights */

put all $z_{ji} = 1$

/* Initialization – bottom-up weights */

Choose constant $L > 1$

Choose random values for z_{ij} ensuring all $z_{ij} < L/(L - 1 + M)$

repeat

Apply input I

/ Initialize eligibility set to include all F_2 nodes */*

Put $\mathbf{J} = \{v_1, \dots, v_j, \dots, v_N\}$

Resonance = FALSE

repeat */* search for match */*

find v_j in F_2 with largest value of $I \cdot Z^{(k)}$, where $k \in \mathbf{J}$

/ $I \cdot Z^{(k)}$ is what we call the activation */*

compute $\mathbf{X} = \mathbf{I} \cap \mathbf{Z}^{(j)}$

if $|\mathbf{X}|/|\mathbf{I}| > \rho$ */* template matches pattern */*

Resonance = TRUE

else

delete v_j from \mathbf{J}

/ v_j no longer eligible for template searched */*

endif

until Resonance or \mathbf{J} is empty

if Resonance then /* weight update */

z_{ji}

$(i \in \mathbf{X}) = 1$

otherwise = 0

z_{ij}

$(i \in \mathbf{X}) = L (L - 1 + |\mathbf{X}|)$

otherwise = 0

endif

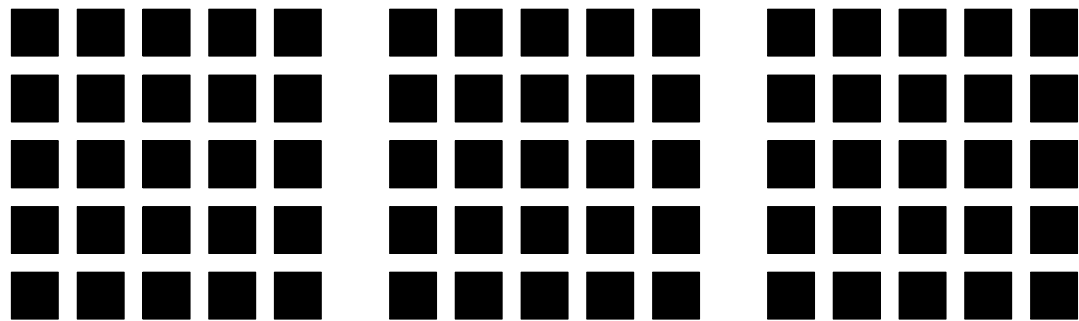
until ...

ART1 – algoritmiline tase, selgitused

- $|\mathbf{X}|/|\mathbf{I}| > \rho$ – kui tunnuste hulk sisendis (ja seega talle lähimas mallis) on suurem, siis on vaja ka rohkem erinevusi, et sarnasuse testis läbi kukkuda
- otsing on korraldatud nii, et kõigepealt proovitakse läbi juba treenitud neuronid ja seejärel treenimata; tänu algväärtustamisele tekib treenimata neuronil suvalise sisendile alati resonants (*resonance*)
- kui jõutakse seisu, kus resonantsi ei teki ja hulk \mathbf{J} on tühi, siis ei suuda meie võrk sisendmustreid nõutud granulaarsusega klassifitseerida
- pärast teatud arvu kordade treeninghulga läbitöötamist muutuvad kaalud stabiilseteks (ei muutu treenides)
- tulemuseks saadud mallide hulk sõltub mustrite järjestusest treenimisel

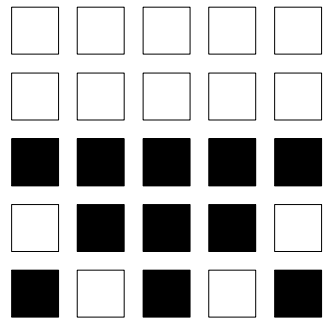
ART1 – näide

- algseis, ülalt-alla (*top-down*) kaalud (ehk mallid)

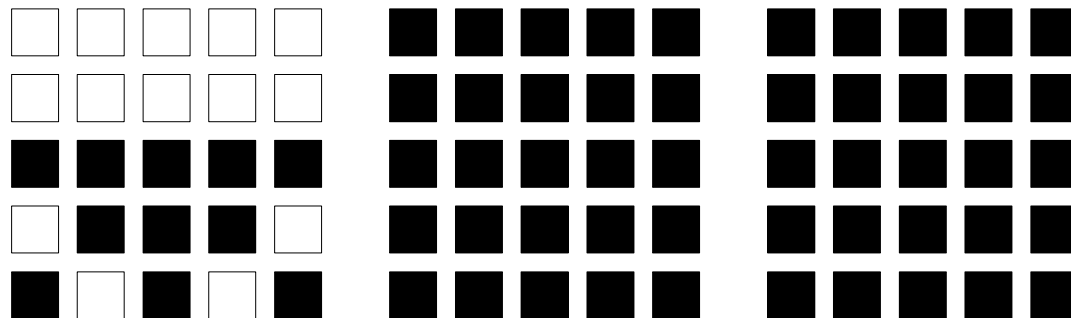


ART1 näide

- sisendmuster A

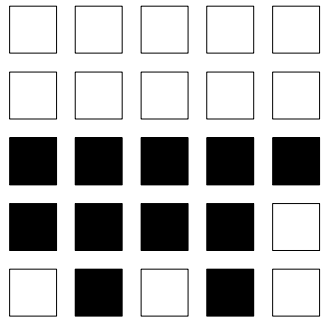


- mallid pärast A õpetamist

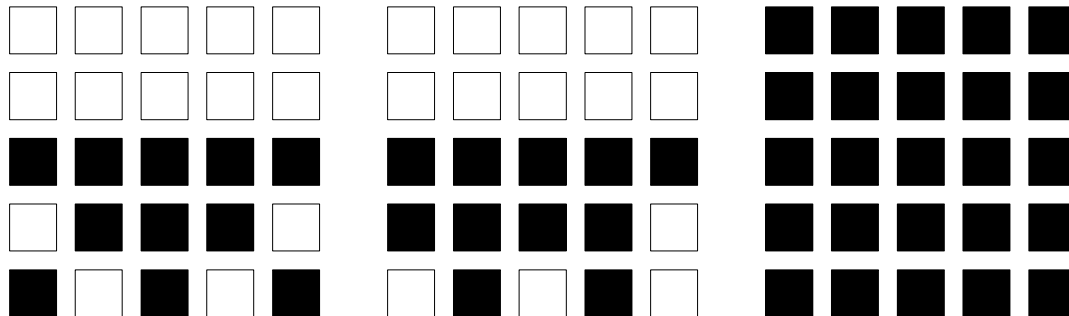


ART1 näide

- sisendmuster B

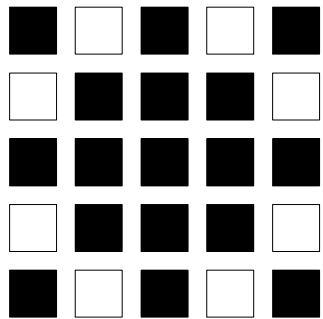


- mallid pärast B õpetamist

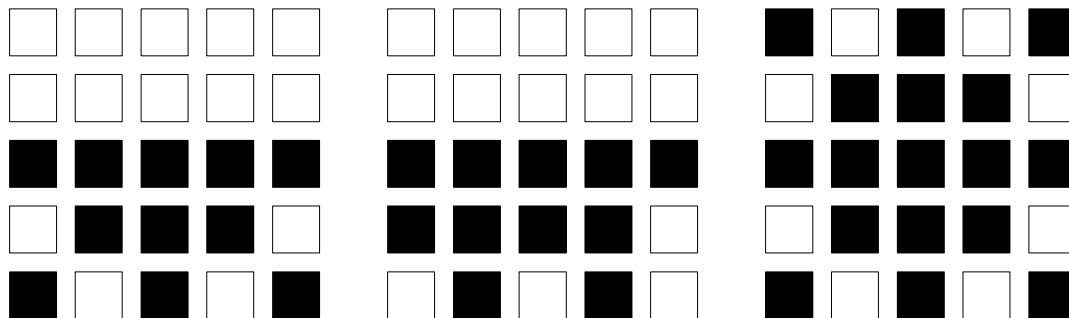


ART1 näide

- sisendmuster C

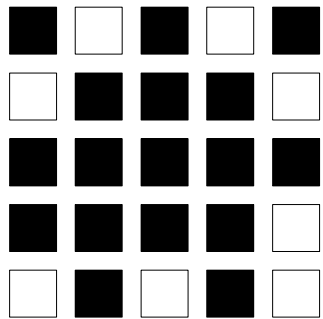


- mallid pärast C õpetamist



ART1 näide

- sisendmuster D



- mallid pärast D õpetamist

