

БИОАУТОМАТИКА

Основна својства данашњих **конвенционалних алгоритама** за обраду података су да се информација обрађује:

1. секвенцијално,
2. да постоји један канал везе,
3. по јасном тачно утврђеном алгоритму који нема ограничења у погледу структуре и може да буде веома компликован
4. уз неопходност прибављања што више информација о проблему који се решава

У поређењу са конвенционалним алгоритмима, **вештачке неуронске мреже** показују одређене карактеристике и специфичности. Код њих је изражено:

1. висок степен паралелности при обради информација (висока паралелност)
2. алгоритам обраде сигнала је веома једноставан
3. излаз из вештачке неуронске мреже представља суперпозицију свих паралелно обрађених сигнала
4. непотребне су додатне информације о проблему који се решава

Вештачке неуронске мреже се користе када:

- није могуће да се формулише алгоритамско решење,
- постоји велики број парова улазно – излазних података
- када је потребно да се установи структура из постојећих података.

Биолошки неурон може да има до 10000 различитих улаза и може да пошаље свој излаз на више других неурона. Неурони с обзиром на начин активирања представљају тродимензионалну структуру. Мозак живих организама је више

редова величине компликованији од до данас постојећих вештачких неуронских мрежа по броју елемената који обрађују сигнале и броју међусобних веза између елемената.

Као последица овакве организације, карактеристика вештачке неуронске мреже је да може да буде неостљива на шум у улазним подацима и да се адаптира на промену спољних улаза.

Неуронске мреже представљају обик мултипроцесорског рачунара са:

-једноставним процесним елементима

-високим степеном међусобне повезаности

-једноставним сигнаlima

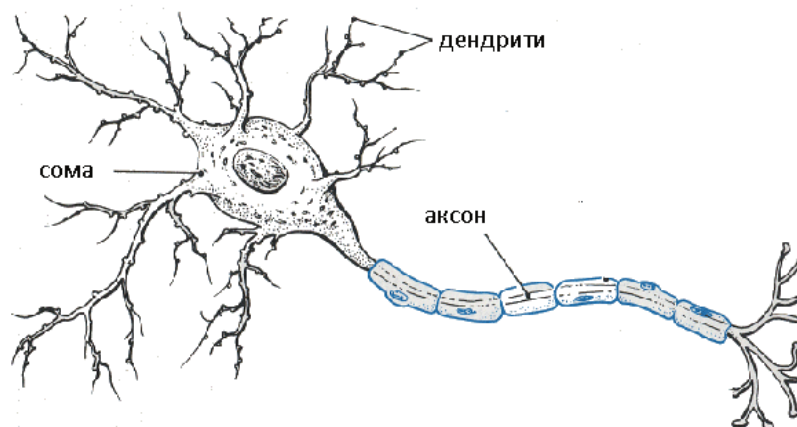
-адаптибилним међусобним везама између елемената

што значи да се улазни сигнал обрађује истовремено у великом броју паралелних грана. Излаз из неуронске мреже представља суперпозицију свих сигнала који су паралелно обрадили информацију.

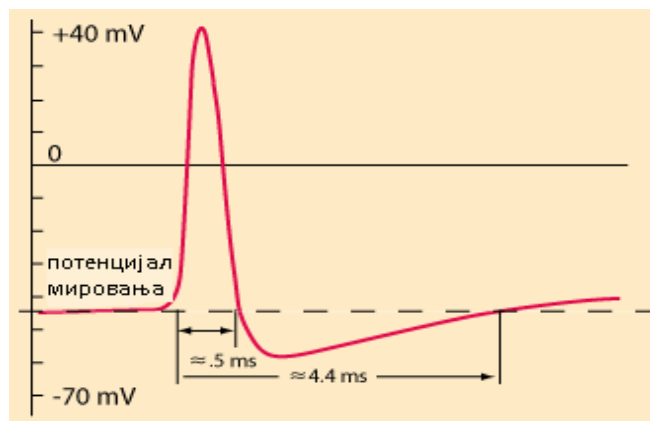
Основни елемент вештачке неуронске мреже је **вештачки неурон** или **процесни елемент**. Он обрађује улазни сигнал на принципима обраде сигнала код неуронских мрежа живих организама.

Основни елемент неуронских мрежа живих организама је неурон (Слика 1).

Он прима сигнале из спољне средине преко **дендрита**. Његова активност се огледа у стварању електричног сигнала дуж танког дела који се назива **аксон**. Електрични сигнал се са аксона може даље проследити на хиљаде других огранака. На крају сваког огранка, структура која се назива **синапса** претвара активност аксона у електрични импулс који може да инхибира (дезактивише) или ексцитира (појача) активност неурона на који делује. Електрични сигнал који генерише неурон се назива акциони потенцијал и увек је истог облика и дужине трајања (Слика 2).



Слика 1. Биолошки неурон [mindcreators.com]



Слика 2. Акциони потенцијал [hyperphysics.phy-astr.gsu.edu]

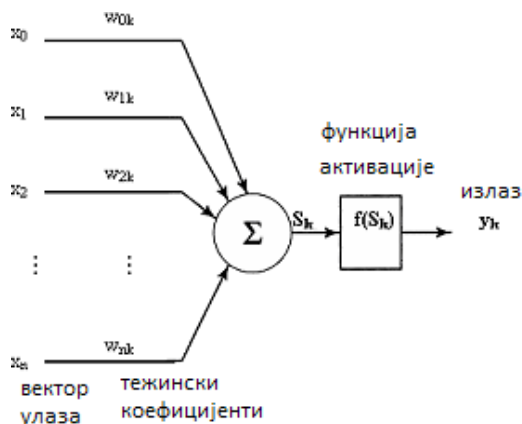
Упростијено, може да се уочи да је основна активност неурона да генерише акциони потенцијал као одговор на спољни надражај. Већа или мања активност неурона се огледа у чешћем или ређем генерисању акционог потенцијала на спољне надражаје. Између генерисања два узастопна сигнала неопходно је да протекне период рефракције. С обзиром на непроменљив облик криве акционог потенцијала и негово временско трајање, може да се закључи да постоји максимална учестаност са којом може да се генерише ($\sim 227\text{Hz}$). Та учестаност је више редова величине мања од учестаности процесора данашњих рачунара. Са тако малом учестаношћу, квалитет рада неуронских мрежа код живих организама се постиже великим бројем неурона у неуронској мрежи, њиховој структурној повезаности и паралелном истовременом обрадом улазних сигнала на великом броју неурона.

Овакве особине рада неурона живих организама су довеле до развоја вештачких неуронских мрежа са циљем да се основне карактеристике обраде и преноса сигнала код живих организама обезбеде и код ових структура.

Код вештачких неуронских мрежа основна идеја је да се преузму основна својства обраде сигнала неуронских мрежа живих организама. С обзиром на њихову изузетну комплексност (неуронских мрежа живих организама), преузете су само неке основне функције обраде сигнала биолошких неурона.

ВЕШТАЧКИ НЕУРОН

Као што је биолошки неурон основни елемент неуронске мреже живих организама, тако је вештачки неурон основни елемент вештачке неуронске мреже (Слика 3).



Слика 3. Вештачки неурон [rslab.movsom.com]

Вештачки неурон је елемент који има неограничени број улаза и само један излаз. Улази могу да буду излази другх неурона или спољни улаз у неуронску мрежу. Излаз може да буде улазна величина неограниченом броју других неурона или да представља излаз целе мреже.

Подела неурона према месту у неуронској мрежи:

Ради лакше анализе рада неуронске мреже, неурони се групишу у слојеве и то:

- неурони који примају улазе из спољне средине, припадају **улазном слоју** неуронске мреже.

- неурони чији излаз представља и излаз целе мреже чине **излазни слој** мреже.

- остали неурони, у колико их има, чине **унутрашњи слој** мреже

Неуронска мрежа има улазне и излазне величине и може да се поједностављено дефинише као структура за пресликавање улазно-излазних величина.

Подела неуронских мрежа према начину рада:

С обзиром на начин рада, неуронска мрежа може да буде у **процесу обучавања и процесу рада**.

Током процеса обучавања врши се подешавање параметара мреже тако да оствари задовољавајуће пресликавање улазно-излазних величина. По завршетку обучавања, параметри мреже се више не мењају и на даље је спремна за процес рада, када обавља улазно – излазно пресликавање .

Подела неуронских мрежа према начину обучавања:

С обзиром на постојање спољњег утицаја током процеса обучавања, обучавање може да буде **надгледано** и **не надгледано**. У колико је обучавање надгледано, значи да постоји информација о паровима улазно-излазних података који се доводе мрежи тако да се на основу тих информација мењају параметри мреже. У случају не надгледаног обучавања, не постоји никаква додатна информација о улазно-излазним паровима података, већ мрежа само на основу улазних података формира излазе.

ПРИНЦИП РАДА ВЕШТАЧКОГ НЕУРОНА

Вештачки неурон какав се данас примењује представља модел McCulloch and Pitts-a, [1], [2]. Уобичајено је да се вештачке неуроске мреже представљају у облику усмереног графа, при чему се чворови представљају кружићима, а везе између чворова линијама.

Приликом деловања вектора улазних сигнала, свака компонента се доводи на по један од чворова улазног слоја. Свакој компоненти вектора улаза се придружује **тежински коефицијент**, што значи да дејство сваке компоненте улаза зависи од вредности њеног тежинског коефицијента. Тежински коефицијент улаза је број који помножен са спољним улазом даје прави улаз чвора неурона. Сви такви улази се сабирају и у колико њихов збир прелази унапред дефинисану скаларну вредност која се назива праг или осетљивост, неурон ствара излаз. У супротном, неурон није активан. Постојање тежинских коефицијената који се придружују улазима и прага чини овај модел неурона веома флексибилним. Овакав тип неурона има својство да се адаптира на конкретну ситуацију променом тежинских коефицијената и/или прага. Постоји више различитих алгоритама за адаптацију неурона, а најчешћи је делта правило које се користи у повратном простирању грешке.

Подела неуронских мрежа према начину преноса сигнала:

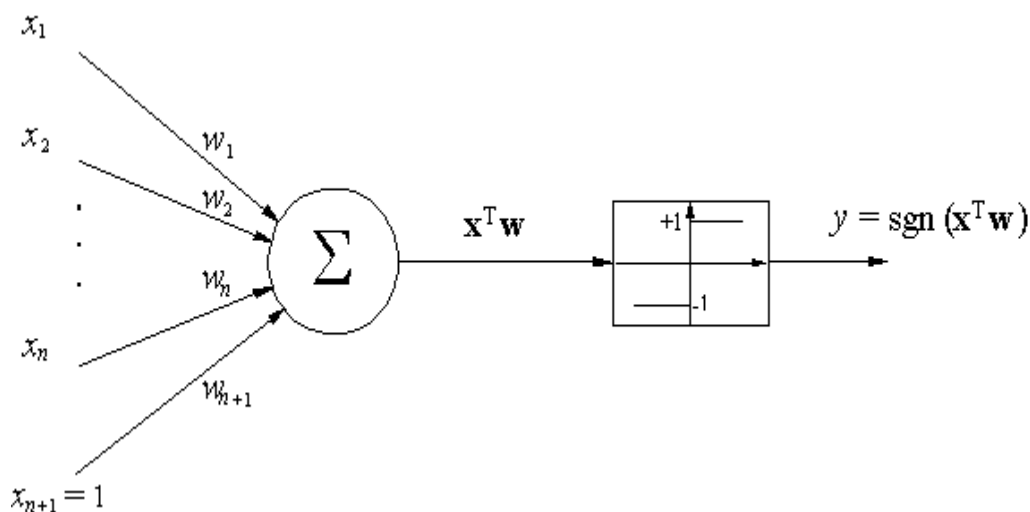
У колико се сигнали преносе само од улазног слоја ка излазном, може рећи да је у питању мрежа са **једносмерним током сигнала**.

Код мрежа са **повратним простирањем грешке** се на основу срачунате грешке на излазу мреже, сигнал грешке преноси од излазног слоја кроз све слојеве ка улазном и при томе се мењају тежински коефицијенти у смислу смањења грешке на излазу. То значи да би после једне такве обраде улазног вектора (и повратног простирања грешке), при поновљеном вектору улаза, грешка мреже била мања .

Неуронске мреже са повратним простирањем грешке представљају моћну алатку и могу да буду изузетно компликоване структуре.

ПЕРЦЕПТРОНИ

Током 60-тих година, најважнији рад на пољу неуронских мрежа је био са перцептронима. Овај име је дао Франк Розенблат, [3]. То је назив за модел неуронске мреже McCulloch and Pitts-a са одређеним додатним препроцесирањем.



Слика 4.Перцептрон [neuron.eng.wayne.edu]

Перцептрон примењује основни принцип којим се формира слика код сисара.

Највише се користе у препознавању облика.

Преликавање мреже зависи од вредности тежинских коефицијената који су груписани у матрицу. Процес обучавања подразумева постављање тежинских коефицијената на нове вредности. На основу поступка обучавања мреже, могу да се дефинишу две главне групе мрежа:

- фиксирани мреже, са непроменљивим тежинским коефицијентима. Овде се тежински коефицијенти бирају пре пуштања мреже према проблему који треба да решава.

- адаптивне мреже, чији се тежински коефицијенти мењају током рада мреже.

Од мрежа са променљивим тежинским коефицијентима, најширу примену има мрежа са повратним простирањем грешке.

МРЕЖА СА ПОВРАТНИМ ПРОСТИРАЊЕМ ГРЕШКЕ

Назив је добила по процедури којом се мењају вредности тежинских коефицијената током процеса обучавања. Зависно од вредности тежинских коефицијената је дефинисан излаз мреже за дати улаз. Како су тежински коефицијенти на почетку рада мреже случајне вредности, мрежа ствара на излазу сигнал са грешком. Та грешка се на основу жељене вредности излаза израчунава, а затим почевши од излазног слоја ка улазном мења тако да се смањи грешка. Овај поступак се стога назива "повратно простирање грешке".

Укупна вредност сигнала који је стигао у чвор назива се `активација`, према појму преузетом из неурофизиологије. Тај сигнал се у чвору даље обрађује према унапред дефинисаној функцији која се назива `функција активације`.

Уобичајена подела функција активације је на:

- линеарну функцију активације
- функција прага
- сигмоидалну функцију активације

Код линеарне функције активације излаз је пропорционалан укупном улазу у чвор. Код функције типа `праг`, излаз може да има две вредности зависно од тога да ли је укупни улаз већи или мањи од вредности прага. Сигмоидална функција је било која функција која има следеће особине:

1. непрекидна функција $f(x) \in C$
2. кодомен $f(x) \in \{0,1\}$
3. диференцијабилна $f(x) \in C^1$
4. монотono растућа $f'(x) > 0 \forall x \in R$

Најчешће се користи облик: $\frac{1}{1+e^{-x}}$. Ако се прихвати да се са инжењерског становишта активност биолошког неурона састоји у генерисању акционог потенцијала и да се већа активност неурона огледа у већој учестаности његовог генерисања уз постојање максималне вредности те учестаности, онда је ова функција најближа биолошким неуронима.

Неуронска мрежа може да се обучи обавља одређен задатак према следећој процедури:

- 1) мрежи се доводе парови улазно – излазних података
- 2) дефинише се захтевана тачност рада мреже
- 3) мењају се сви тежински коефицијенти мреже у циљу смањења грешке на излазу.

Поступак обучавања мреже подразумева да се на почетку тежински коефицијенти постављају на почетне, случајне вредности. Како излаз зависи од вредности матрице тежинских коефицијената (а они имају случајне вредности), мрежа ће за дати улаз да прави грешку на излазу. Према интензитету сигнала грешке, врши се промена вредности тежинских коефицијената у смислу смањења грешке за дати улаз.

Овај поступак обучавања може да се илуструје на примеру мреже која препознаје руком исписане цифре. За решавање овог проблема коришћено је 256 сензора који су препознавали присуство или одсуство мастила на хартији. Стога је мрежа имала 256 чворова у улазном слоју (по један за сваки сензор), 10 чворова у излазном слоју (по један за сваку цифру) и одређен број чворова у унутрашњем слоју.

Овај проблем је успешно решен помоћу алгоритма са повратним простирањем грешке [4].

КОХОНЕНОВА НЕУРОНСКА МРЕЖА - САМООРГАНИЗУЈУЋЕ МАПИРАЊЕ

Од мрежа код којих се користи не надгледано учење, најпознатија је Кохоненова мрежа – самоорганизуће пресликавање или самоорганизујуће мапирање. Ова мрежа се састоји од једног слоја чворова који се постављају у простор вектора улаза. Принцип рада ове мреже је да је за дати вектор улаза активан само један чвор мреже и то онај који је најближи датом улазу (победник). Под појмом блискости овде се посматра Еуклидско растојање. После сваке итерације, када се изабере `победник`, сви чворови у околини `победника` мењају своје тежинске коефицијенте тако да буду што сличнији `победниковим`. На тај начин ће улаз близак претходном, активирати чвор близак претходном `победнику`. Задатак је да се чворови мреже поставе што ближе векторима улаза и да својим положајем у простору улаза покривају све векторе улаза. Њихова густина и распоред су у сразмери са густином и распоредом вектора улаза. После завршеног процеса обучавања (који се обавља довођењем читавог скупа улаза мрежи), чворови

остају фиксирани и немају више могућност померања. Мрежа ће после обучавања за улаз близак неком вектору улаза на коме је обучавана, да активире чвор близак `победнику` за познати вектор улаза.

ПРИМЕНА ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА

Неуронске мреже показују одличне карактеристике у препознавању облика и процени тренда података и погодне су за предвиђање или прогнозу у случају решавања проблема:

- апроксимације функција или регресионој анализи

- класификације, препознавања облика, одлучивања

- обrade података, укључујући филтрирање и сортирање у класе, компресију података

Области примене су код идентификације параметара процеса и обављање функције корекционих органа у системима аутоматског управљања, препознавања облика (радарске слике, препознавање лица), медицинске дијагностике [97], [102], препознавања секвенци (говора, руком писаног текста), примене у финансијама, претраживања података, филтрирања шума у електронској комуникацији.

Велики успех вештачких неуронских мрежа и експертских система је омогућио да вештачка интелигенција нађе широку примену у предузећима. За препознавање превара најчешће се користи вештачка интелигенција.