Vilniaus Universitetas

Dirbtinio intelekto pagrindai

3 užduotis. Tiesioginio sklidimo DNT naudojant sistemą WEKA

Darbą atliko:

Vilniaus universiteto matematikos ir informatikos fakulteto

duomenų mokslo 3 kurso 2 grupės studentas

Matas Amšiejus

Vilnius, 2021 11 16

Turinys

[Tikslas 3](#_Toc87964010)

[1 užduotis. Duomenų paruošimas 4](#_Toc87964011)

[2 užduotis. Mokslinio darbo sekos sukonstravimas 4](#_Toc87964012)

[3 užduotis. Neuroninio tinklo parametrų parinkimas 5](#_Toc87964013)

[4 užduotis. Naujų duomenų klasifikavimas 6](#_Toc87964014)

[5 užduotis. Klasifikavimas ir testavimas 6](#_Toc87964015)

[6 užduotis. Neurono išėjimo reikšmių perskaičiavimas Excel 8](#_Toc87964016)

[Išvados 12](#_Toc87964017)

[Priedai 13](#_Toc87964018)

[4 užduoties testinio failo klasifikavimo rezultatai 13](#_Toc87964019)

# Tikslas

Sukurti ir apmokyti dirbtinį neuroninį tinklą, skirtą klasifikuoti vilkdalgių duomenis į tris grupes. Išbandyti tinklo veikimą praktiškai. Palyginti sistemos WEKA ir rankiniu būdų gautus rezultatus.

# 1 užduotis. Duomenų paruošimas

Šiame projekte bus naudojami modifikuoti Iris.arff duomenys, paimti iš WEKA duomenų aplanko. Sukursiu 2 naujus duomenų failus: *iris\_train\_test.arff* ir *iris\_new.arff*. Pirmajame bus atsitiktinai parinkti 40 įrašų (gėlių) kiekvienai klasei (viso 120), o antrajame – likę 10 (viso 30). Duomenų atrinkimui naudosiu R programinę kalbą. Pirma sukūriau *iris.arff* failo kopiją *iris - Copy.csv* (taip pat ištryniau nereikalingą informaciją). Sukūrus failą, jis buvo .*csv* formate, todėl rankiniu būdų įklijavau būtiną .*arff* failo veikimui kodą, nustačiau atitinkamus pavadinimus. Duomenis įkėliau atgal į WEKA duomenų aplanką. Programos kodas:

library**(**readr**)**

library**(**dplyr**)**

#nuskaitome duomenis

iris\_Copy **<-** read\_csv**(**"iris - Copy.csv", col\_names **=** **FALSE)**

#priskiriame laukeliams id

iris\_Copy**$**id **<-** 1**:**nrow**(**iris\_Copy**)**

#atrenkame tik setosa geles

setosa **<-** iris\_Copy %>% filter**(**X5 **==** "Iris-setosa"**)**

#sukuriame setosu mok\_test ir new aibes

trte\_setosa **<-** setosa %>% dplyr**::**sample\_frac**(**.80**)**

test\_setosa **<-** dplyr**::**anti\_join**(**setosa, trte\_setosa, by **=** 'id'**)**

#atrenkame tik setosa geles

versicolor **<-** iris\_Copy %>% filter**(**X5 **==** "Iris-versicolor"**)**

#sukuriame setosu mok\_test ir new aibes

trte\_versicolor **<-** versicolor %>% dplyr**::**sample\_frac**(**.80**)**

test\_versicolor **<-** dplyr**::**anti\_join**(**versicolor, trte\_versicolor, by **=** 'id'**)**

#atrenkame tik setosa geles

virginica **<-** iris\_Copy %>% filter**(**X5 **==** "Iris-virginica"**)**

#sukuriame setosu mok\_test ir new aibes

trte\_virginica **<-** virginica %>% dplyr**::**sample\_frac**(**.80**)**

test\_virginica **<-** dplyr**::**anti\_join**(**virginica, trte\_virginica, by **=** 'id'**)**

#sujungiame train test (trte) i viena faila, test i kita

trte **<-** rbind**(**trte\_setosa, trte\_versicolor, trte\_virginica**)**

test **<-** rbind**(**test\_setosa, test\_versicolor, test\_virginica**)**

#ismetame nebereikalinga id stulpeli

trte **<-** trte**[-**ncol**(**trte**)]**

test **<-** test**[-**ncol**(**test**)]**

#issaugome i naujus duomenu failus

write.table**(**trte,"iris\_train\_test.csv", quote **=** F, sep **=** ",", row.names **=** F, col.names **=** F**)**

write.table**(**test,"iris\_new.csv", quote **=** F, sep **=** ",", row.names **=** F, col.names **=** F**)**

# 2 užduotis. Mokslinio darbo sekos sukonstravimas

Sistemoje WEKA sukūriau mokslinio darbo seką. *ArffLoader* atlieka failo parinkimo funkciją, *ClassAssigner* pasako, kad paskutinis atributas yra klasė, *Cross Validation Foldmaker* pasako, kad bus atliekama kryžminė patikra (aš visur naudosiu numatytąją – dešimties blokų). *Multilayer Perceptron* yra daugiasluoksnis perceptronas (pas mus jis bus naudojamas kaip tiesioginio sklidimo neuroninis tinklas). Šioje dalyje bus keičiami mūsų neuroninio tinklo parametrai (paslėptų sluoksnių skaičius, mokymosi greitis, momentas...). *TextViever* mums parodys jau po apmokymo parinktus svorius (kiekvienam kryžminės patikros etapui). *SerializedModelSaver* išsaugo visus apskaičiuotus modelius (mūsų atveju 10). *ClassifierPerformaceEvaluator* atlieka klasifikatoriaus įvertinimo funkciją – mums parodo klasifikavimo tikslumą, klasifikavimo matricą ir daug kitų parametrų. *PredictionAppender* spausdina testavimo duomenis ir tikimybes būti priskirtiems kokiai nors klasei (jei *Append Probabilities* yra *TRUE*).

Diagram

Description automatically generated

1 pav. Mokslinio darbo seka trečiai užduočiai

# 3 užduotis. Neuroninio tinklo parametrų parinkimas

Užduočiai naudosime ankstesniame punkte sukurtą darbo seką su mokymosi greičiu *η=0,3* ir momento konstanta *α=0,2*. Su 1 paslėptu neuronu iš 120 gėlių klaidingai išskirstomos 4-ios (klas. tikslumas 96,67 %). Su 2 paslėptas neuronais – 1 klaida (klas. tikslumas 99,17 %). Toliau iki 10 (daugiau netestavau) klasifikavimo tikslumas išlieka toks pats (119 teisigai suklasifikuotų, 1 neteisingai). Toliau naudosiu 5 paslėptus neuronus.

Pabanžius padidinti sluoksnių skaičių (su 5 paslėptais neuronais kiekviename) klasifikavimo tikslumas nepakito, o paėmus 2 sluoksnius su 3 paslėptais neuronais – nukrito iki 98,33 %. Toliau imsiu vieną sluoksnį paslėptų neuronų.

Pabandžius keisti mokymosi greitį gavau tuos pačius klasifikavimo tikslumo rezultatus nuo *η=0,1* iki *0,9* lygius 99,17 %. Sumažinus mokymosi greitį iki 0,01 gavau prastesnius rezultatus: teisingai suklasifikuota buvo tik 112 gėlių. Toliau imsiu *η=0,3*.

Keičiant momento konstantą (*α*) klasifikavimo tikslumas išlieka toks pats nuo 0,1 iki 0,8 (119 teisingai ir 1 neteisingai (99,17 %)), o nuo 0,9 klaidingai suklasifikuotų duomenų skaičius didėja. Tolimesniam tikrinimui fiksuosiu *α*=0,2.

Galima padaryti išvadą, kad mūsų uždaviniui parametrų keitimas neturėjo didelės įtakos. Svarbiausia nepaimti per daug ekstremalių reikšmių, kaip labai mažas ar didelis mokymosi greitis, vienas paslėptas neuronas ar panašiai. Išsaugome neuroninio tinklo modelį su mūsų užfiksuotais parametrais.

A picture containing diagram

Description automatically generated

2 pav. Parinkto neuroninio tinklo vaizdas.

# 4 užduotis. Naujų duomenų klasifikavimas

Šiai užduočiai naudosime naują darbo seką. ArffLoader dabar panaudosime iris\_new.arff duomenis (30 gėlių), kurie bus lyg realaus neuroninio tinklo simuliacija. Atsiranda nauja komponentė TestSetMaker, kuri nurodo, kad duomenys bus skirti tik testavimui. Multilayer Perceptron sluoksnyje nurodome 3 užduotyje sukurtą modelį.

Diagram

Description automatically generated

3 pav. Mokslinio darbo seka ketvirtai užduočiai

Gauname, kad naudojant 3 užduoties modelį ant mūsų „naujų“ vilkdalgių duomenų, klasifikavimo tikslumas yra 90 %, t. y. 27 teisingai suklasifikuotos gėlės iš 30. Kaip ir buvo galima tikėtis iš trečios uzduoties modelio klasifikavimo matricos, problematiškiausios buvo virginica ir versicolor klasės (žr. 4 užduoties testinio failo klasifikavimo rezultatai)

# 5 užduotis. Klasifikavimas ir testavimas

Šiai užduočiai naudosime naują darbo seką. ArffLoader panaudosime iris\_train\_test.arff, o ArffLoader2 panaudosime iris\_new.arff duomenis. Pirmieji bus naudojami mokymui (120 gėlių), o pastarieji – testavimui (30 gėlių). Taip pat su ScatterPlotMatrix brėšime vilkdalgių požymių porų vaizdus Dekarto koordinačių sistemoje. Paduodame duomenis į daugiasluoksnį perceptroną. Gausime 2 duomenų failus. Viename bus rasti svoriai kiekvienam neuronui, kitame – testavimo duomenų klasifikavimo rezultatai (su tikimybėmis būti priskirtai kiekvienam gėlės tipui). Gauname, kad teisingai suklasifikuota 93,33% (28 iš 30 duomenų). Žvelgiant į duomenis matome, kad vieną kartą versicolor buvo priskirta virginica, o antrą kartą priešingai. Taip pat 25 eilutėje matome, kad virginica buvo priskirta teisingai, tačiau gana „neužtikrintai“ – tik su 66 % tikimybe.

Diagram

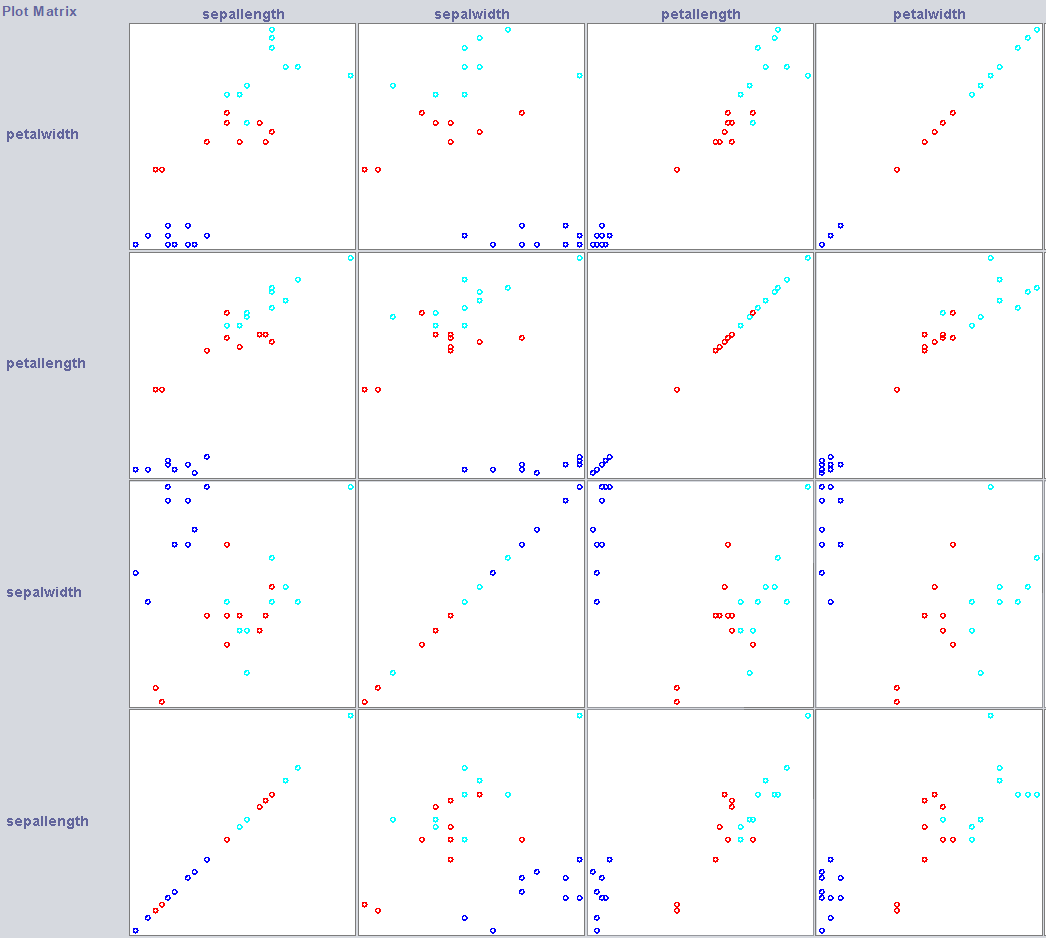
Description automatically generated

4 pav. Mokslinio darbo seka penktai užduočiai

Chart, scatter chart

Description automatically generated

pav. Vilkdalgių iris\_train\_test požymių porų vaizdai Dekarto koordinačių sistemoje. Čia ir toliau tamsiai mėlyna yra setosa, raudona – versicolor, žydra - virginica



pav. Vilkdalgių iris\_new požymių porų vaizdai Dekarto koordinačių sistemoje

# 6 užduotis. Neurono išėjimo reikšmių perskaičiavimas Excel

lentelė. 5 užduotyje gauti testuojamų gėlių parametrai, sunormuoti parametrai, tikrosios reikšmės ir priskyrimo tikimybės

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **x1** | **x2** | **x3** | **x4** | **Norm x1** | **Norm x2** | **Norm x3** | **Norm x4** | **Tikra reikšmė** | **Setosa tik.** | **Versicolor tik.** | **Virginica tik.** |
| X1 | 5,4 | 3,7 | 1,5 | 0,2 | -0,515152 | 0,8666667 | -0,921569 | -1 | Iris-setosa | 0,989222 | 0,010777 | 0,000001 |
| X2 | 5,7 | 3,8 | 1,7 | 0,3 | -0,333333 | 1 | -0,843137 | -0,913043 | Iris-setosa | 0,988445 | 0,011555 | 0,000001 |
| X3 | 5,1 | 3,8 | 1,5 | 0,3 | -0,69697 | 1 | -0,921569 | -0,913043 | Iris-setosa | 0,989317 | 0,010683 | 0,000001 |
| X4 | 5,1 | 3,7 | 1,5 | 0,4 | -0,69697 | 0,8666667 | -0,921569 | -0,826087 | Iris-setosa | 0,988582 | 0,011418 | 0,000001 |
| X5 | 5,2 | 3,4 | 1,4 | 0,2 | -0,636364 | 0,4666667 | -0,960784 | -1 | Iris-setosa | 0,988643 | 0,011356 | 0,000001 |
| X6 | 5,4 | 3,4 | 1,5 | 0,4 | -0,515152 | 0,4666667 | -0,921569 | -0,826087 | Iris-setosa | 0,986265 | 0,013735 | 0,000001 |
| X7 | 5,5 | 3,5 | 1,3 | 0,2 | -0,454545 | 0,6 | -1 | -1 | Iris-setosa | 0,988895 | 0,011104 | 0,000001 |
| X8 | 4,8 | 3 | 1,4 | 0,3 | -0,878788 | -0,066667 | -0,960784 | -0,913043 | Iris-setosa | 0,985939 | 0,01406 | 0,000001 |
| X9 | 5,1 | 3,8 | 1,6 | 0,2 | -0,69697 | 1 | -0,882353 | -1 | Iris-setosa | 0,989504 | 0,010496 | 0,000001 |
| X10 | 4,6 | 3,2 | 1,4 | 0,2 | -1 | 0,2 | -0,960784 | -1 | Iris-setosa | 0,988512 | 0,011487 | 0,000001 |
| X11 | 6,5 | 2,8 | 4,6 | 1,5 | 0,1515152 | -0,333333 | 0,2941176 | 0,1304348 | Iris-versicolor | 0,003164 | 0,995309 | 0,001526 |
| X12 | 4,9 | 2,4 | 3,3 | 1 | -0,818182 | -0,866667 | -0,215686 | -0,304348 | Iris-versicolor | 0,025301 | 0,974617 | 0,000082 |
| X13 | 6,6 | 2,9 | 4,6 | 1,3 | 0,2121212 | -0,2 | 0,2941176 | -0,043478 | Iris-versicolor | 0,005098 | 0,994555 | 0,000347 |
| X14 | 6,7 | 3,1 | 4,4 | 1,4 | 0,2727273 | 0,0666667 | 0,2156863 | 0,0434783 | Iris-versicolor | 0,005962 | 0,993772 | 0,000266 |
| X15 | 6 | 2,9 | 4,5 | 1,5 | -0,151515 | -0,2 | 0,254902 | 0,1304348 | Iris-versicolor | 0,003785 | 0,995035 | 0,00118 |
| X16 | 6 | 2,7 | 5,1 | 1,6 | -0,151515 | -0,466667 | 0,4901961 | 0,2173913 | Iris-versicolor | 0,000408 | 0,104949 | 0,894643 |
| X17 | 6 | 3,4 | 4,5 | 1,6 | -0,151515 | 0,4666667 | 0,254902 | 0,2173913 | Iris-versicolor | 0,005758 | 0,993722 | 0,00052 |
| X18 | 5 | 2,3 | 3,3 | 1 | -0,757576 | -1 | -0,215686 | -0,304348 | Iris-versicolor | 0,018736 | 0,981164 | 0,0001 |
| X19 | 5,7 | 2,9 | 4,2 | 1,3 | -0,333333 | -0,2 | 0,1372549 | -0,043478 | Iris-versicolor | 0,007627 | 0,99213 | 0,000243 |
| X20 | 6,2 | 2,9 | 4,3 | 1,3 | -0,030303 | -0,2 | 0,1764706 | -0,043478 | Iris-versicolor | 0,00647 | 0,993275 | 0,000255 |
| X21 | 7,1 | 3 | 5,9 | 2,1 | 0,5151515 | -0,066667 | 0,8039216 | 0,6521739 | Iris-virginica | 0,00009 | 0,000635 | 0,999275 |
| X22 | 6,2 | 2,8 | 4,8 | 1,8 | -0,030303 | -0,333333 | 0,372549 | 0,3913043 | Iris-virginica | 0,000407 | 0,107874 | 0,891719 |
| X23 | 7,9 | 3,8 | 6,4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,5652174 | Iris-virginica | 0,000135 | 0,001629 | 0,998235 |
| X24 | 6,3 | 2,8 | 5,1 | 1,5 | 0,030303 | -0,333333 | 0,4901961 | 0,1304348 | Iris-virginica | 0,00122 | 0,914696 | 0,084083 |
| X25 | 6 | 3 | 4,8 | 1,8 | -0,151515 | -0,066667 | 0,372549 | 0,3913043 | Iris-virginica | 0,000626 | 0,343308 | 0,656066 |
| X26 | 6,9 | 3,1 | 5,4 | 2,1 | 0,3939394 | 0,0666667 | 0,6078431 | 0,6521739 | Iris-virginica | 0,000117 | 0,001165 | 0,998718 |
| X27 | 6,7 | 3,1 | 5,6 | 2,4 | 0,2727273 | 0,0666667 | 0,6862745 | 0,9130435 | Iris-virginica | 0,000083 | 0,000545 | 0,999371 |
| X28 | 6,7 | 3,3 | 5,7 | 2,5 | 0,2727273 | 0,3333333 | 0,7254902 | 1 | Iris-virginica | 0,000083 | 0,000529 | 0,999388 |
| X29 | 6,7 | 3 | 5,2 | 2,3 | 0,2727273 | -0,066667 | 0,5294118 | 0,826087 | Iris-virginica | 0,000096 | 0,000696 | 0,999208 |
| X30 | 6,3 | 2,5 | 5 | 1,9 | 0,030303 | -0,733333 | 0,4509804 | 0,4782609 | Iris-virginica | 0,000125 | 0,001598 | 0,998278 |

Lentelėje tikra rekšmė reiškia tikrąją gėlės reikšmę (tačiau WEKA šios informacijos nepanaudojo, ji skirta tik mums suprasti klasifikavimo tikslumą). Priskiriu spalvas gėlėms, kad būtų lengviau suprasti informaciją tolimesniame tyrime. Taip pat iš lentelės matome, kad X16, nors turėtų būti žalia (versicolor), yra priskirta raudonai (virginica) su labai didele, 89,5 % tikimybe. Priešingai priskirtas X24 objektas (vietoje virginica - versicolor) su 91,4 % tikimybe. Taip pat galime atkreipti dėmesį į X25, kur, nors ir gėlė buvo priskirta teisingai klasei, tačiau gana „neužtikrintai“ – 65,6 % tikimybe. Dabar iš WEKA nurašome svorius neuronams.

lentelė. Paskutinio sluoksnio neuronų svoriai

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Threshold | Node 3 | Node 4 | Node 5 | Node 6 | Node 7 |
| Neuronai | w0 | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 |
| Node 0 | -0,46004 | -5,00900 | -1,93836 | -2,42913 | 1,03119 | 4,52073 |
| Node 1 | -0,71707 | 4,76901 | -0,09237 | -11,60537 | 3,36924 | -7,29546 |
| Node 2 | -3,18934 | 1,52096 | 1,18877 | 9,78636 | -7,40802 | -3,83918 |

lentelė. Paslėpto sluoksnio neuronų svoriai

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Threshold | Sep. Len | Sep. Wid | Pet. Len | Pet. Wid |
| Neuronai | w0 | w1 | w2 | w3 | w4 |
| Node 3 | 2,10198 | 0,78622 | -2,07917 | 2,85404 | 3,03306 |
| Node 4 | -0,52353 | 0,03716 | -0,85810 | 1,25524 | 1,16635 |
| Node 5 | -7,33565 | -1,51306 | -3,91129 | 10,25556 | 9,24504 |
| Node 6 | 3,85133 | 0,99114 | 1,89742 | -5,43278 | -4,91406 |
| Node 7 | -2,31444 | -0,94251 | 2,35735 | -3,27227 | -3,34406 |

Paslėptuose neuronuose buvo skaičiuojamos sumos. Kiekviename langelyje buvo laikomasi tipinio neurono sumos skaičiavimo (svoriai sudauginta su įęjimais), tačiau svoriai atitinkamai keitėsi kieviename stulpelyje (pagal node, t. y. WEKA priskirtus svorius kiekvienam neuronui (žr. 3 lentelę)). Įėjimai prieš tai buvo sunormaliuoti (žr. 1 lentelę).

lentelė. Sumos gautos paslėptuose neuronuose

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Sumos a** | | | | |
| k j | node 3 | node 4 | node 5 | node 6 | node 7 |
| X1 | -5,76824 | -3,60949 | -28,6422 | 14,90592 | 6,5738119 |
| X2 | -5,41493 | -3,51728 | -27,8306 | 14,48571 | 6,169324 |
| X3 | -5,92467 | -3,62924 | -28,0847 | 14,55139 | 6,7687029 |
| X4 | -5,3837 | -3,41341 | -26,7593 | 13,87109 | 6,1636015 |
| X5 | -5,1438 | -3,31998 | -27,2965 | 14,23986 | 5,873439 |
| X6 | -4,40909 | -3,06341 | -25,4699 | 13,29233 | 5,0492956 |
| X7 | -5,38999 | -3,47686 | -28,4953 | 14,88611 | 6,1447115 |
| X8 | -3,96176 | -2,76991 | -24,0397 | 12,56032 | 4,5538841 |
| X9 | -6,07649 | -3,68144 | -28,4864 | 14,76565 | 6,9311666 |
| X10 | -4,87525 | -3,10467 | -25,7033 | 13,37347 | 5,5875425 |
| X11 | 4,149205 | 0,289453 | -2,03892 | 1,130182 | -4,641641 |
| X12 | 1,721976 | -0,43596 | -7,7336 | 4,063325 | -1,862793 |
| X13 | 3,392143 | -0,02555 | -4,25996 | 2,297861 | -3,802873 |
| X14 | 2,925246 | -0,24915 | -5,39511 | 2,8627 | -3,265507 |
| X15 | 3,52181 | 0,114555 | -2,5041 | 1,295878 | -3,913394 |
| X16 | 5,011539 | 0,740153 | 1,755899 | -0,91571 | -5,602754 |
| X17 | 2,39944 | -0,35609 | -4,30771 | 2,133517 | -2,632614 |
| X18 | 2,046849 | -0,31929 | -7,3038 | 3,870404 | -2,234228 |
| X19 | 2,515602 | -0,24272 | -5,04337 | 2,609442 | -2,775481 |
| X20 | 2,865775 | -0,18223 | -5,09969 | 2,696736 | -3,189414 |
| X21 | 6,918126 | 1,322592 | 6,419694 | -3,33694 | -7,768686 |
| X22 | 5,021336 | 0,685411 | 1,452291 | -0,75805 | -5,599287 |
| X23 | 5,377413 | 0,570004 | 2,721026 | -1,47041 | -6,061985 |
| X24 | 4,613521 | 0,531074 | 0,155376 | -0,05521 | -5,169018 |
| X25 | 4,37159 | 0,452081 | 0,592681 | -0,37221 | -4,856417 |
| X26 | 5,985988 | 0,957549 | 4,070696 | -2,13883 | -6,698508 |
| X27 | 6,905768 | 1,355759 | 7,470205 | -3,967 | -7,713276 |
| X28 | 6,72699 | 1,277579 | 7,63329 | -4,10138 | -7,503761 |
| X29 | 6,471555 | 1,171851 | 5,579078 | -2,94048 | -7,223505 |
| X30 | 6,388245 | 1,230775 | 4,53338 | -2,31037 | -7,146786 |

Gavus sumas buvo skaičiuojama sigmoidinė funkcija kiekviename langelyje pagal formulę

lentelė. Sigmoidinės funkcijos reikšmės paslėptuose neuronuose

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| k j | node 3 | node 4 | node 5 | node 6 | node 7 |
| X1 | 0,003116 | 0,026352 | 3,64E-13 | 1 | 0,9986055 |
| X2 | 0,00443 | 0,028825 | 8,19E-13 | 0,999999 | 0,9979117 |
| X3 | 0,002666 | 0,02585 | 6,35E-13 | 1 | 0,9988521 |
| X4 | 0,00457 | 0,031879 | 2,39E-12 | 0,999999 | 0,9978998 |
| X5 | 0,005802 | 0,034892 | 1,4E-12 | 0,999999 | 0,9971947 |
| X6 | 0,01202 | 0,044642 | 8,68E-12 | 0,999998 | 0,993627 |
| X7 | 0,004541 | 0,029978 | 4,21E-13 | 1 | 0,9978598 |
| X8 | 0,018674 | 0,058972 | 3,63E-11 | 0,999996 | 0,9895834 |
| X9 | 0,002291 | 0,024568 | 4,25E-13 | 1 | 0,9990241 |
| X10 | 0,007575 | 0,042915 | 6,87E-12 | 0,999998 | 0,9962697 |
| X11 | 0,984468 | 0,571862 | 0,115177 | 0,755873 | 0,0095498 |
| X12 | 0,848383 | 0,392705 | 0,000438 | 0,983099 | 0,1343778 |
| X13 | 0,967458 | 0,493613 | 0,013926 | 0,9087 | 0,0218199 |
| X14 | 0,94908 | 0,438032 | 0,004518 | 0,945971 | 0,0367736 |
| X15 | 0,971302 | 0,528607 | 0,075571 | 0,78514 | 0,0195815 |
| X16 | 0,993383 | 0,677029 | 0,852695 | 0,285832 | 0,0036741 |
| X17 | 0,916785 | 0,411906 | 0,013285 | 0,894118 | 0,0670687 |
| X18 | 0,885629 | 0,420848 | 0,000673 | 0,979576 | 0,0967186 |
| X19 | 0,925228 | 0,439616 | 0,006411 | 0,931467 | 0,0586636 |
| X20 | 0,946128 | 0,454567 | 0,006062 | 0,936834 | 0,0395661 |
| X21 | 0,999011 | 0,789613 | 0,998373 | 0,034326 | 0,0004226 |
| X22 | 0,993448 | 0,664945 | 0,810351 | 0,319069 | 0,0036869 |
| X23 | 0,995401 | 0,638764 | 0,938256 | 0,18688 | 0,0023244 |
| X24 | 0,990181 | 0,629734 | 0,538766 | 0,486202 | 0,005658 |
| X25 | 0,987526 | 0,611134 | 0,64398 | 0,408006 | 0,0077183 |
| X26 | 0,997493 | 0,722631 | 0,983221 | 0,105379 | 0,0012312 |
| X27 | 0,998999 | 0,79507 | 0,999431 | 0,018578 | 0,0004467 |
| X28 | 0,998803 | 0,782037 | 0,999516 | 0,01628 | 0,0005507 |
| X29 | 0,998456 | 0,76348 | 0,996238 | 0,050188 | 0,0007287 |
| X30 | 0,998322 | 0,773954 | 0,98937 | 0,090268 | 0,0007868 |

Tada buvo skaičiuojamos paskutinio sluoksnio neuronų sumos. Šį kartą svoriai buvo imami atitinkamai iš 2 lentelės, o įvestys – iš 5 lentelės. Informacija buvo apdorojama eilutėmis. Tada kiekvienam stulpeliui buvo skaičiuojama sigmoidinė funkcija (funkcijos formulė identiška kaip anksčiau, tačiau *a* pas mus dabar jau yra iš 6 lentelės). Gauname tikimybes objektui būti priskirtam atitinkamai klasei (spalvų žymėjimas toks pats kaip anksčiau (*node 0* – setosa, *node 1* – versicolor, *node 2* - virginica)).

lentelė. Paskutinio sluoksnio neuronų gautos sumos lentelė. Paskutinio sluoksnio neuronų sigmoidinės f-jos reikšmės

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | node 0 | node 1 | node 2 |  |  | node 0 | node 1 | node 2 |
| X1 | 5,018884511 | -4,620691443 | -14,39510992 |  | X1 | 0,993432 | 0,00975 | 5,6E-07 |
| X2 | 5,004371819 | -4,609590439 | -14,38750698 |  | X2 | 0,993336 | 0,009858 | 5,64E-07 |
| X3 | 5,0232262 | -4,624590782 | -14,39733688 |  | X3 | 0,99346 | 0,009712 | 5,59E-07 |
| X4 | 4,997695977 | -4,609119837 | -14,383614 |  | X4 | 0,993292 | 0,009862 | 5,67E-07 |
| X5 | 4,98249859 | -4,598378899 | -14,37545412 |  | X5 | 0,99319 | 0,009968 | 5,71E-07 |
| X6 | 4,916321753 | -4,543599322 | -14,34070098 |  | X6 | 0,992727 | 0,010523 | 5,91E-07 |
| X7 | 5,001344358 | -4,608786647 | -14,38576871 |  | X7 | 0,993316 | 0,009866 | 5,65E-07 |
| X8 | 4,836932903 | -4,483695293 | -14,2980079 |  | X8 | 0,992131 | 0,011166 | 6,17E-07 |
| X9 | 5,02836581 | -4,627513036 | -14,40009197 |  | X9 | 0,993493 | 0,009684 | 5,57E-07 |
| X10 | 4,953879819 | -4,583916107 | -14,35966093 |  | X10 | 0,992993 | 0,010112 | 5,8E-07 |
| X11 | -5,956885222 | 5,065420879 | -5,521204612 |  | X11 | 0,002581 | 0,993728 | 0,003985 |
| X12 | -3,850619479 | 5,619472834 | -9,226573855 |  | X12 | 0,020824 | 0,996387 | 9,84E-05 |
| X13 | -5,260991067 | 6,591975248 | -7,810226175 |  | X13 | 0,005163 | 0,998631 | 0,000405 |
| X14 | -4,932311748 | 6,63513208 | -8,329840693 |  | X14 | 0,007158 | 0,998688 | 0,000241 |
| X15 | -5,635353657 | 5,491690458 | -6,235576164 |  | X15 | 0,003557 | 0,995896 | 0,001955 |
| X16 | -8,508186811 | -5,001761562 | 5,339620361 |  | X16 | 0,000202 | 0,006681 | 0,995225 |
| X17 | -4,657712609 | 5,986057305 | -8,056398908 |  | X17 | 0,009399 | 0,997493 | 0,000317 |
| X18 | -4,266186054 | 6,054644239 | -8,963491878 |  | X18 | 0,013841 | 0,997659 | 0,000128 |
| X19 | -4,736503802 | 6,290705895 | -8,322303958 |  | X19 | 0,008693 | 0,99815 | 0,000243 |
| X20 | -4,950124973 | 6,550455278 | -8,242597644 |  | X20 | 0,007033 | 0,998573 | 0,000263 |
| X21 | -9,38252595 | -7,499636188 | 8,783324682 |  | X21 | 8,42E-05 | 0,000553 | 0,999847 |
| X22 | -8,34789362 | -4,397026518 | 4,664688025 |  | X22 | 0,000237 | 0,012164 | 0,990666 |
| X23 | -8,760101694 | -6,305112544 | 6,872749205 |  | X23 | 0,000157 | 0,001824 | 0,998965 |
| X24 | -7,422304016 | -0,708781697 | 0,714341666 |  | X24 | 0,000597 | 0,329868 | 0,67136 |
| X25 | -7,699855371 | -2,219259353 | 2,28921994 |  | X25 | 0,000453 | 0,098034 | 0,90798 |
| X26 | -9,131350595 | -7,091342125 | 8,023628121 |  | X26 | 0,000108 | 0,000832 | 0,999672 |
| X27 | -9,411739304 | -7,565697337 | 8,916700078 |  | X27 | 8,18E-05 | 0,000518 | 0,999866 |
| X28 | -9,387605165 | -7,57492285 | 8,918372992 |  | X28 | 8,37E-05 | 0,000513 | 0,999866 |
| X29 | -9,306158558 | -7,423878927 | 8,611829002 |  | X29 | 9,09E-05 | 0,000596 | 0,999818 |
| X30 | -9,267515188 | -7,211161715 | 8,259727302 |  | X30 | 9,44E-05 | 0,000738 | 0,999741 |

Didžiausi pasikeitimai skaičiuojant Excel nuo WEKA buvo tai, jog su Excel gavome tik vieną klaidingai suklasifikuotą gėlę (X24 dabar priskiriama teisingai klasei su tikimybe 67,1 %). Labai keistas pastebėjimas, nes nesitikėjau tokio reikšmingo pokyčio. Taip pat Excel skaičiuotos tikimybės virur buvo „užtikrintesnės“ – tikimybės buvo arčiau 1. Mano anksčiau dėmesį patraukusi reikšmė (1 lentelė X25) vietoje 65,6 % įgijo net 90,7 % tikimybę būti priskirtai virginica klasei.

# Išvados

Tyrimas parodė, kad darbas su programomis, skirtomis apmokyti neuroninius tinklus, yra žymiai paprastesnis nei programavimas visko nuo nulio. Programa veikė greičiau, buvo galima lengviau patikrinti klasifikavimo tikslumą naudojant kryžminę patikrą. Patys neuroniniai tinklai mums leido klasifikuoti duomenis jau nebe į dvi, o į kiek norim klasių (mūsų atveju 3). Taip pat gavome panašius į darbo su vienu neuronu (2 lab. darbo) rezultatus, kur virginica ir versicolor nulėmė visą dalį klaidų. Iš grafikų matyti, kad daug jų parametrų persipina, dėl to neuroniniui tinklui žymiai sunkiau atskirti ribinius atvejus.

# Priedai

## 4 užduoties testinio failo klasifikavimo rezultatai

5.4,3.7,1.5,0.2,Iris-setosa,Iris-setosa

5.7,3.8,1.7,0.3,Iris-setosa,Iris-setosa

5.1,3.8,1.5,0.3,Iris-setosa,Iris-setosa

5.1,3.7,1.5,0.4,Iris-setosa,Iris-setosa

5.2,3.4,1.4,0.2,Iris-setosa,Iris-setosa

5.4,3.4,1.5,0.4,Iris-setosa,Iris-setosa

5.5,3.5,1.3,0.2,Iris-setosa,Iris-setosa

4.8,3,1.4,0.3,Iris-setosa,Iris-setosa

5.1,3.8,1.6,0.2,Iris-setosa,Iris-setosa

4.6,3.2,1.4,0.2,Iris-setosa,Iris-setosa

6.5,2.8,4.6,1.5,Iris-versicolor,Iris-versicolor

4.9,2.4,3.3,1,Iris-versicolor,Iris-versicolor

6.6,2.9,4.6,1.3,Iris-versicolor,Iris-versicolor

6.7,3.1,4.4,1.4,Iris-versicolor,Iris-versicolor

6,2.9,4.5,1.5,Iris-versicolor,Iris-versicolor

6,2.7,5.1,1.6,Iris-versicolor,Iris-virginica

6,3.4,4.5,1.6,Iris-versicolor,Iris-versicolor

5,2.3,3.3,1,Iris-versicolor,Iris-versicolor

5.7,2.9,4.2,1.3,Iris-versicolor,Iris-versicolor

6.2,2.9,4.3,1.3,Iris-versicolor,Iris-versicolor

7.1,3,5.9,2.1,Iris-virginica,Iris-virginica

6.2,2.8,4.8,1.8,Iris-virginica,Iris-virginica

7.9,3.8,6.4,2,Iris-virginica,Iris-virginica

6.3,2.8,5.1,1.5,Iris-virginica,Iris-versicolor

6,3,4.8,1.8,Iris-virginica,Iris-versicolor

6.9,3.1,5.4,2.1,Iris-virginica,Iris-virginica

6.7,3.1,5.6,2.4,Iris-virginica,Iris-virginica

6.7,3.3,5.7,2.5,Iris-virginica,Iris-virginica

6.7,3,5.2,2.3,Iris-virginica,Iris-virginica

6.3,2.5,5,1.9,Iris-virginica,Iris-virginica