

VILNIAUS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ SISTEMOS

**Skaitmeninis intelektas ir sprendimų priėmimas
Tiesinio sklidimo DNT naudojant sistemą WEKA**

Darbą atliko:
Pijus Zlatkus

Vilnius
2024

Turinys

1. Užduties tikslas.....	3
2. Duomenų paruošimas	3
3. Pirma užduočių seka.....	4
3.1. Neuroninio tinklo parametrų parinkimas	5
4. Antra užduočių seka	10
5. Trečia užduočių seka	13
6. MS Excel dirbtinio neuroninio tinklo modelis	16

1. Užduoties tikslas

Šios užduoties tikslas – išmokyti neuroninį tinklą teisingai klasifikuoti duomenis naudojant sistemą WEKA.

Studento numeris: 2110648

Užduoties variantas: sepallength, petallength, petalwidth

2. Duomenų paruošimas

Šiai užduočiai atlikti buvo naudojamas Irisų duomenų rinkinys. Šis duomenys ne tik yra pasiekiami internetu, be yra *arff* failo formato WEKA programos failų aplinkoje kaip pavyzdinis duomenų rinkinys.

Šiai užduočiai atlikti, reikėjo iš vieno irisų duomenų rinkinio padaryti du. Kadangi šiame rinkinyje yra iš viso 150 įrašų, arba po 50 kiekvienai klasei), tai pirmame faile *iris_train_test.arff* reikėjo palikti 40 kiekvienos klasės įrašų, o *iris_new.arff* tik po 10. *iris_train_test.arff* faile esantys duomenys bus naudojami neuroninio tinklo mokymui, o *iris_new.arff* testavimui.

Darant užduočių sekas vienas iš reikalavimų buvo pašalinti vieną požymį ir palikti tik tuos kurie atitinka užduoties variantą - sepallength, petallength, petalwidth.

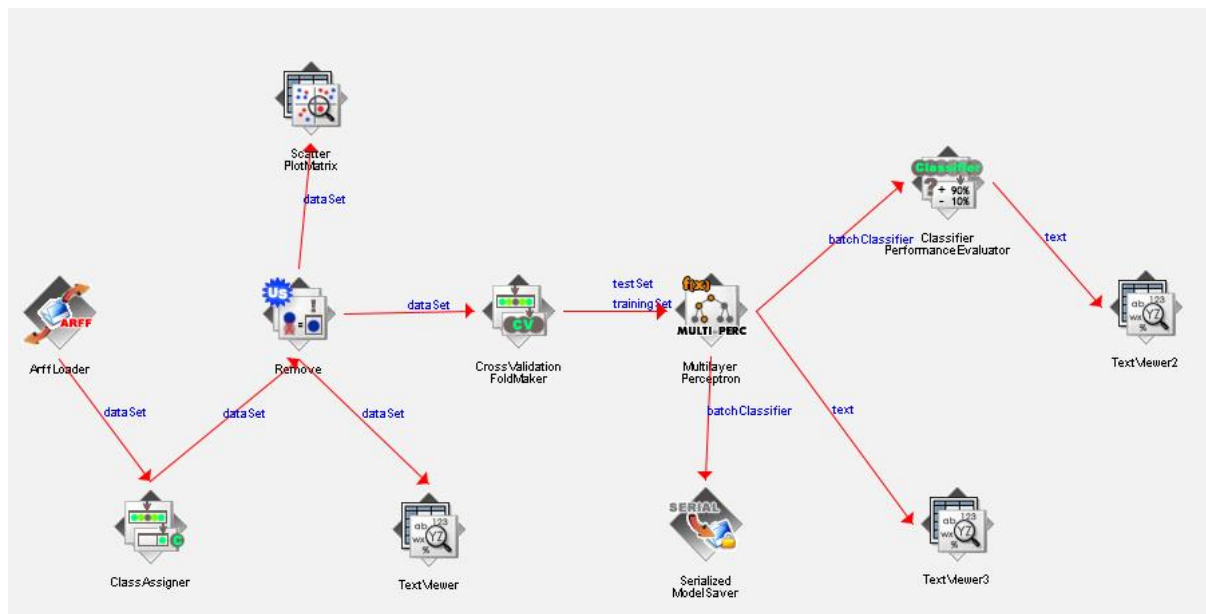
```
@RELATION iris_train_test

@ATTRIBUTE sepallength REAL
@ATTRIBUTE sepalwidth REAL
@ATTRIBUTE petallength REAL
@ATTRIBUTE petalwidth REAL
@ATTRIBUTE class {Iris-setosa,Iris-versicolor,Iris-virginica}

@DATA
5.1,3.5,1.4,0.2,Iris-setosa
4.9,3.0,1.4,0.2,Iris-setosa
4.7,3.2,1.3,0.2,Iris-setosa
4.6,3.1,1.5,0.2,Iris-setosa
5.0,3.6,1.4,0.2,Iris-setosa
5.4,3.9,1.7,0.4,Iris-setosa
4.6,3.4,1.4,0.3,Iris-setosa
5.0,3.4,1.5,0.2,Iris-setosa
4.4,2.9,1.4,0.2,Iris-setosa
4.9,3.1,1.5,0.1,Iris-setosa
5.4,3.7,1.5,0.2,Iris-setosa
4.8,3.4,1.6,0.2,Iris-setosa
4.8,3.0,1.4,0.1,Iris-setosa
4.3,3.0,1.1,0.1,Iris-setosa
5.8,4.0,1.2,0.2,Iris-setosa
5.7,4.4,1.5,0.4,Iris-setosa
5.4,3.9,1.3,0.4,Iris-setosa
5.1,3.5,1.4,0.3,Iris-setosa
5.7,3.8,1.7,0.3,Iris-setosa
```

1 pav. *iris_train_test.arff* failo pavyzdys

3. Pirma užduočių seka



2 pav. Pirma užduočių seka

WEKA platformoje buvo sukurta užduoties seka (žr. **2 pav.** Pirma užduočių seka), kurioje yra apmokomas modelis. Įtraukti šie komponentai: ArffLoader, ClassAssigner, Remove, TextViewer, CrossValidationFoldMaker, MultilayerPerceptron, SerializedModelSaver ir ClassifierPerformanceEvaluator. Į ArffLoader komponentą įkeltas *iris_train_test.arff* duomenų rinkinys. Komponente Remove pašalintas antras požymis, kuris pagal užduotį nėra reikalingas neuroninio tinklo mokymui. Neuroninio tinklo modelis įrašomas į nurodytą kompiuterio aplanką per SerializedModelSaver. CrossValidationFoldMaker nustatytas penkių blokų kryžminės patikros skaičius, o MultilayerPerceptron komponente paketo dydis (BatchSize) pakeistas į 10.

3.1. Neuroninio tinklo parametrų parinkimas

```
Scheme: MultilayerPerceptron
Options: -L 0.3 -M 0.15 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H "128, 64" -R -batch-size 10
Relation: iris_train_test-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2

=== Summary ===

Correctly Classified Instances      113          94.1667 %
Incorrectly Classified Instances     7           5.8333 %
Kappa statistic                     0.9125
Mean absolute error                  0.0416
Root mean squared error              0.1593
Relative absolute error              9.355 %
Root relative squared error          33.7944 %
Total Number of Instances           120

=== Detailed Accuracy By Class ===
```

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Iris-setosa
	0,925	0,050	0,902	0,925	0,914	0,870	0,988	0,982	Iris-versicolor
	0,900	0,038	0,923	0,900	0,911	0,868	0,989	0,975	Iris-virginica
Weighted Avg.	0,942	0,029	0,942	0,942	0,942	0,913	0,992	0,986	

3 pav. Pirmas parametrų parinkimo bandymas

```
=== Evaluation result ===

Scheme: MultilayerPerceptron
Options: -L 0.3 -M 0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H "4, 4" -R -batch-size 10
Relation: iris_train_test-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2

=== Summary ===

Correctly Classified Instances      115          95.8333 %
Incorrectly Classified Instances     5           4.1667 %
Kappa statistic                     0.9375
Mean absolute error                  0.0459
Root mean squared error              0.1526
Relative absolute error              10.325 %
Root relative squared error          32.3774 %
Total Number of Instances           120

=== Detailed Accuracy By Class ===
```

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Iris-setosa
	0,925	0,025	0,949	0,925	0,937	0,906	0,983	0,977	Iris-versicolor
	0,950	0,038	0,927	0,950	0,938	0,907	0,987	0,966	Iris-virginica
Weighted Avg.	0,958	0,021	0,959	0,958	0,958	0,938	0,990	0,981	

4 pav. Antras parametrų parinkimo bandymas

=== Evaluation result ===

Scheme: MultilayerPerceptron

Options: -L 0.3 -M 0.15 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H "4, 4" -R -batch-size 10

Relation: iris_train_test-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	115	95.8333 %
Incorrectly Classified Instances	5	4.1667 %
Kappa statistic	0.9375	
Mean absolute error	0.0465	
Root mean squared error	0.1531	
Relative absolute error	10.4677 %	
Root relative squared error	32.4772 %	
Total Number of Instances	120	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Iris-setosa
	0,925	0,025	0,949	0,925	0,937	0,906	0,983	0,977	Iris-versicolor
	0,950	0,038	0,927	0,950	0,938	0,907	0,987	0,966	Iris-virginica
Weighted Avg.	0,958	0,021	0,959	0,958	0,958	0,938	0,990	0,981	

5 pav. Trečias parametų parinkimo bandymas

=== Evaluation result ===

Scheme: MultilayerPerceptron

Options: -L 0.25 -M 0.15 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H "2, 4, 2" -R -batch-size 10

Relation: iris_train_test-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	40	33.3333 %
Incorrectly Classified Instances	80	66.6667 %
Kappa statistic	0	
Mean absolute error	0.4444	
Root mean squared error	0.4719	
Relative absolute error	100 %	
Root relative squared error	100.1069 %	
Total Number of Instances	120	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0,400	0,400	0,333	0,400	0,364	0,000	0,518	0,322	Iris-setosa
	0,200	0,200	0,333	0,200	0,250	0,000	0,504	0,350	Iris-versicolor
	0,400	0,400	0,333	0,400	0,364	0,000	0,513	0,463	Iris-virginica
Weighted Avg.	0,333	0,333	0,333	0,333	0,326	0,000	0,512	0,378	

6 pav. Ketvirtas parametų parinkimo bandymas

```

=== Evaluation result ===

Scheme: MultilayerPerceptron
Options: -L 0.25 -M 0.15 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H "2, 4" -R -batch-size 10
Relation: iris_train_test-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2

=== Summary ===

Correctly Classified Instances      114          95      %
Incorrectly Classified Instances    6           5      %
Kappa statistic                    0.925
Mean absolute error                 0.048
Root mean squared error             0.1592
Relative absolute error             10.7964 %
Root relative squared error         33.7733 %
Total Number of Instances          120

=== Detailed Accuracy By Class ===

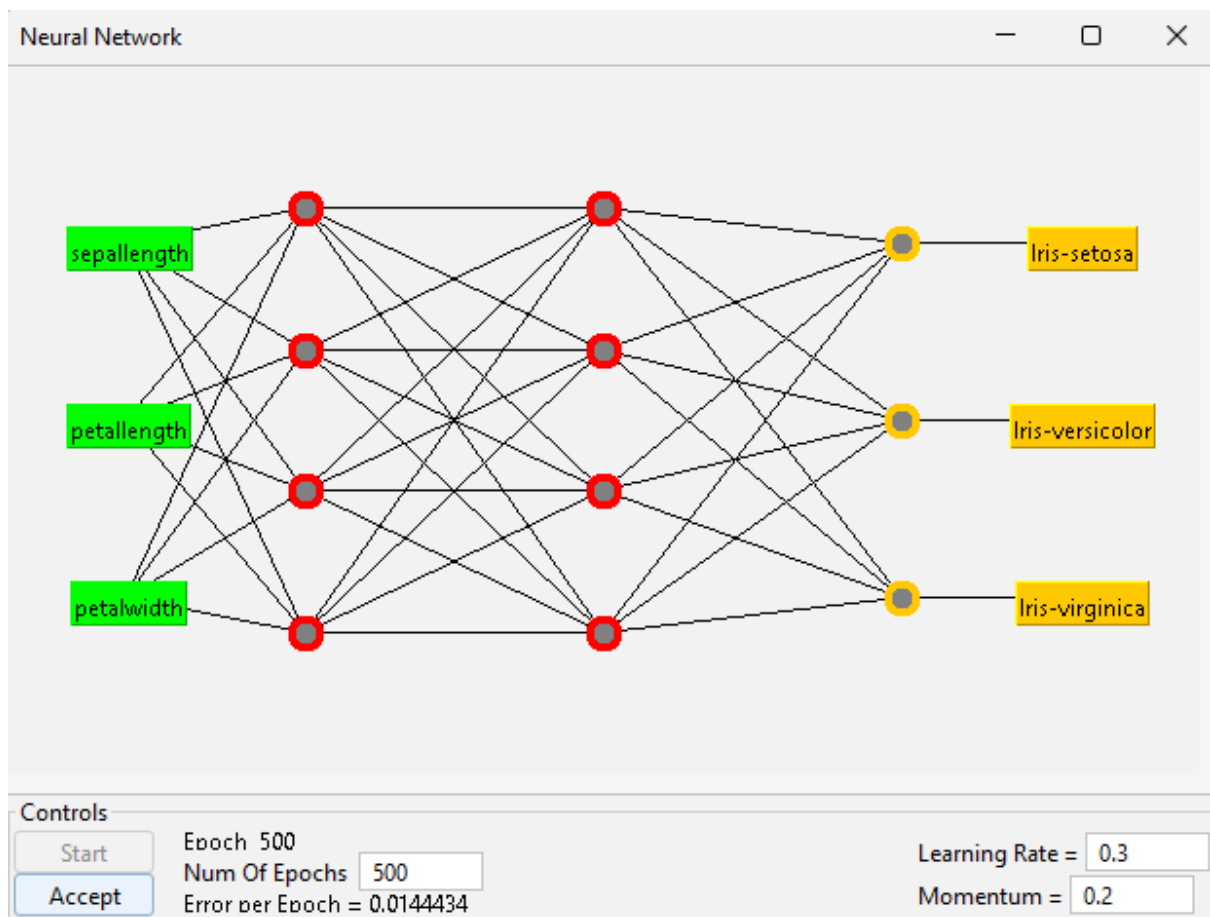
      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
      1,000    0,000    1,000     1,000    1,000     1,000    1,000    1,000    Iris-setosa
      0,925    0,038    0,925     0,925    0,925     0,888    0,966    0,969    Iris-versicolor
      0,925    0,038    0,925     0,925    0,925     0,888    0,982    0,945    Iris-virginica
Weighted Avg.   0,950    0,025    0,950     0,950    0,950     0,925    0,983    0,971

```

7 pav. Penktas parametų parinkimo bandymas

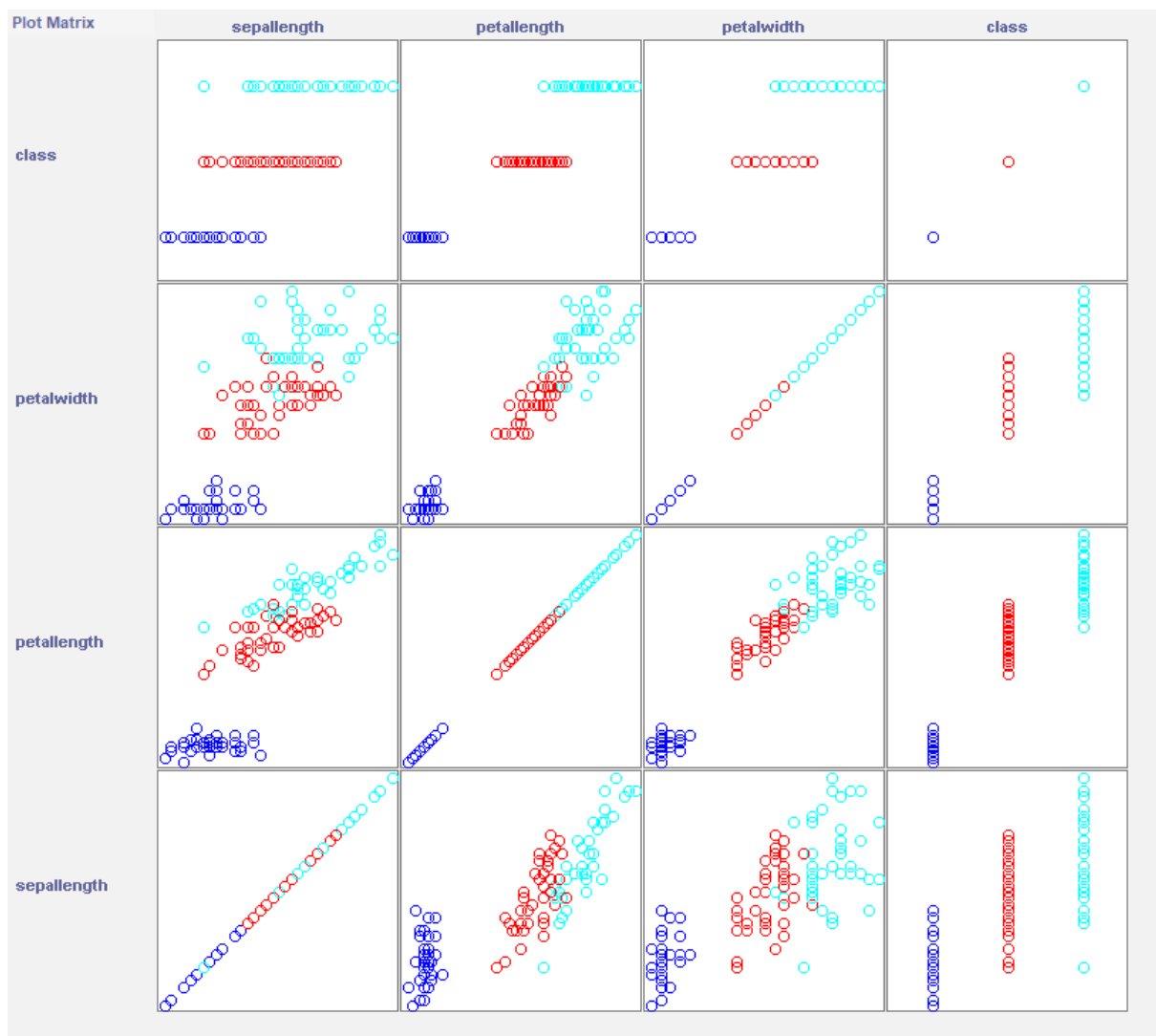
Geram neuroninio tinklo mokymui, viena iš užduočių buvo parinkti atitinkamus parametrus su kuriais būtų rastas geriausias sprendimas. Komponentėje "Multilayer Perceptron" buvo keičiamas paslėptų neuronų skaičius (hiddenLayers), mokymo greičio parametras (learningRate) ir inercijos koeficientas (momentum). Pradinė paslėptų sluoksnių reikšmė buvo nustatyta kaip "a", reiškianti vieną automatiškai parinktą sluoksnį. Norint sukurti tinklą su keliais paslėptais sluoksniais, kiekvieno sluoksnio neuronų skaičius nurodomas atskiriant kableliais, pavyzdžiui, formatu „2,4“, reiškiančiu du sluoksnius su atitinkamai 2 ir 4 neuroniais kiekviename.

Pagal viršuje pateiktus bandymus, buvo rastas geriausias sprendimas. Mokymo greitis geriausias sprendimus davė arti 0,3, inercijos koeficientas arti 0,15. Paslėptų neuronų skaičius buvo parinktas 4 ir 4, tai yra 2 paslėptų sluoksnių neuroninis tinklas. Su šiais parametrais modelis galėjo pasiekti 115 teisingų klasifikuotų duomenų iš 120 (95,833%).



8 pav. Pirmos sekos neuroninio tinklo vaizdas

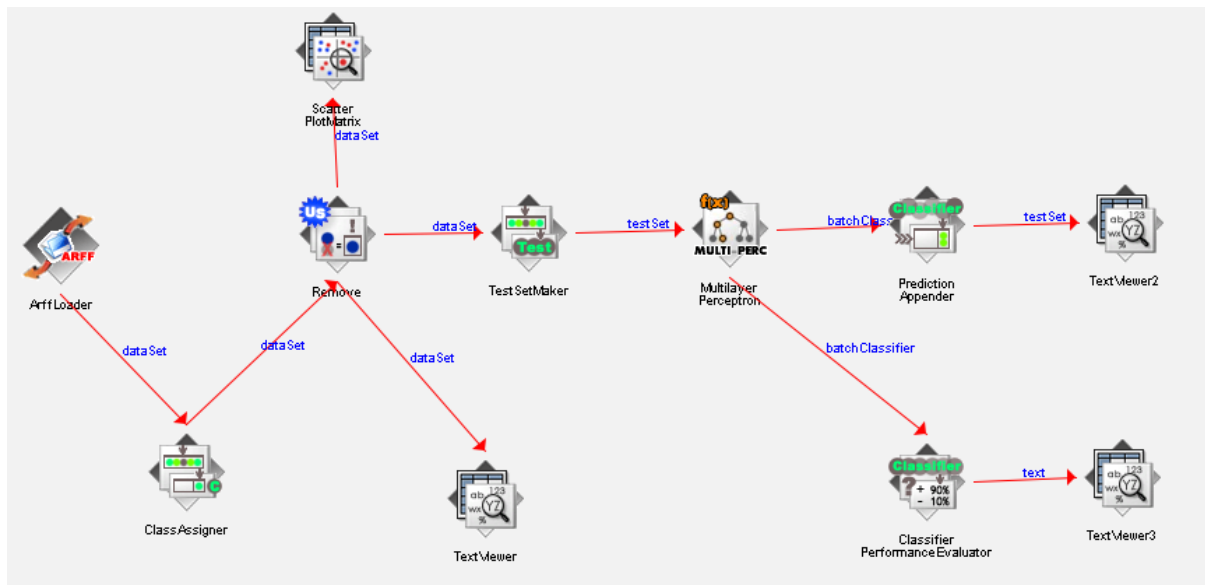
Kaip pateikta **8 pav.** Pirmos sekos neuroninio tinklo vaizdas galima matyti 2 raudona spalva pažymėtus paslėptus neuroninio tinklos sluoksnius.



9 pav. Duomenų požymių porų vaizda Dekarto koordinatinių sistemoje

1 pav. iris_train_test.arff failo pavyzdys **2 pav.** Pirma užduočių seka esančioje sekoje galima pastebėti ScatterPlotMatrix komponentą, kuris atvaizduoja duomenų požymių poras koordinatinių sistemoje. Tai leidžia aiškiau matyti sugrupuotus duomenis ir jų tarpusavio ryšį. Šias duomenų poras ir galima matyti **9 pav.** Duomenų požymių porų vaizda Dekarto koordinatinių sistemoje

4. Antra užduočių seka



10 pav. Antra užduočių seka

Antra užduoties seka, pavaizduota **10 pav.** Antra užduočių seka, buvo sukurta patikrinti pirmoje užduočių sekoje išmokytą klasifikavimo modelį. Panašiai kaip ir pirmoje sekoje buvo panaudoti tie patys komponentai, bet papildomai įtraukti šie komponentai: **TestSetMaker** ir **PredictionAppender**. Į **ArffLoader** komponentą įkeltas *iris_new.arff* duomenų rinkinys. Paleidus šią seką gaunami rezultatai – klasifikavimo duomenys ir klasifikavimo tikslumo metrikos.

```

@relation iris_new-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2_set_1_of_1

@attribute sepallength numeric
@attribute petallength numeric
@attribute petalwidth numeric
@attribute class {Iris-setosa,Iris-versicolor,Iris-virginica}
@attribute MultilayerPerceptron_prob_Iris-setosa numeric
@attribute MultilayerPerceptron_prob_Iris-versicolor numeric
@attribute MultilayerPerceptron_prob_Iris-virginica numeric

@data
5,1.3,0.3,Iris-setosa,0.984244,0.015739,0.000017
4.5,1.3,0.3,Iris-setosa,0.976293,0.023685,0.000022
4.4,1.3,0.2,Iris-setosa,0.974085,0.025892,0.000023
5,1.6,0.6,Iris-setosa,0.978214,0.021765,0.000021
5.1,1.9,0.4,Iris-setosa,0.972971,0.027005,0.000024
4.8,1.4,0.3,Iris-setosa,0.980457,0.019524,0.00002
5.1,1.6,0.2,Iris-setosa,0.982057,0.017924,0.000019
4.6,1.4,0.2,Iris-setosa,0.976785,0.023193,0.000022
5.3,1.5,0.2,Iris-setosa,0.985048,0.014935,0.000017
5,1.4,0.2,Iris-setosa,0.983488,0.016495,0.000018
5.5,4.4,1.2,Iris-versicolor,0.005052,0.984179,0.010769
6.1,4.6,1.4,Iris-versicolor,0.005621,0.984986,0.009393
5.8,4,1.2,Iris-versicolor,0.012745,0.984451,0.002804
5,3.3,1,Iris-versicolor,0.015618,0.982036,0.002347
5.6,4.2,1.3,Iris-versicolor,0.006328,0.987527,0.006146
5.7,4.2,1.2,Iris-versicolor,0.007318,0.987763,0.004919
5.7,4.2,1.3,Iris-versicolor,0.00695,0.987715,0.005335
6.2,4.3,1.3,Iris-versicolor,0.012435,0.984652,0.002913
5.1,3,1.1,Iris-versicolor,0.072892,0.926333,0.000775
5.7,4.1,1.3,Iris-versicolor,0.008066,0.987545,0.004389
6.7,5.6,2.4,Iris-virginica,0.001268,0.027735,0.970997
6.9,5.1,2.3,Iris-virginica,0.00193,0.186496,0.811574
5.8,5.1,1.9,Iris-virginica,0.001536,0.07535,0.923114
6.8,5.9,2.3,Iris-virginica,0.001206,0.021537,0.977256
6.7,5.7,2.5,Iris-virginica,0.001215,0.022312,0.976473
6.7,5.2,2.3,Iris-virginica,0.001627,0.093876,0.904497
6.3,5,1.9,Iris-virginica,0.001996,0.24317,0.754834
6.5,5.2,2,Iris-virginica,0.00174,0.131718,0.866543
6.2,5.4,2.3,Iris-virginica,0.001263,0.027391,0.971347
5.9,5.1,1.8,Iris-virginica,0.001667,0.112545,0.885788

```

11 pav. Modelio klasifikavimo duomenys

```

=== Evaluation result ===

Scheme: MultilayerPerceptron
Options: -L 0.3 -M 0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H "4, 4" -R -batch-size 10
Relation: iris_new-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2

=== Summary ===

Correctly Classified Instances      30          100    %
Incorrectly Classified Instances    0           0    %
Kappa statistic                    1
Mean absolute error                0.0304
Root mean squared error            0.0585
Total Number of Instances          30

=== Detailed Accuracy By Class ===

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
      1,000    0,000    1,000     1,000    1,000     1,000    1,000    1,000    Iris-setosa
      1,000    0,000    1,000     1,000    1,000     1,000    1,000    1,000    Iris-versicolor
      1,000    0,000    1,000     1,000    1,000     1,000    1,000    1,000    Iris-virginica
Weighted Avg.   1,000    0,000    1,000     1,000    1,000     1,000    1,000    1,000

=== Confusion Matrix ===

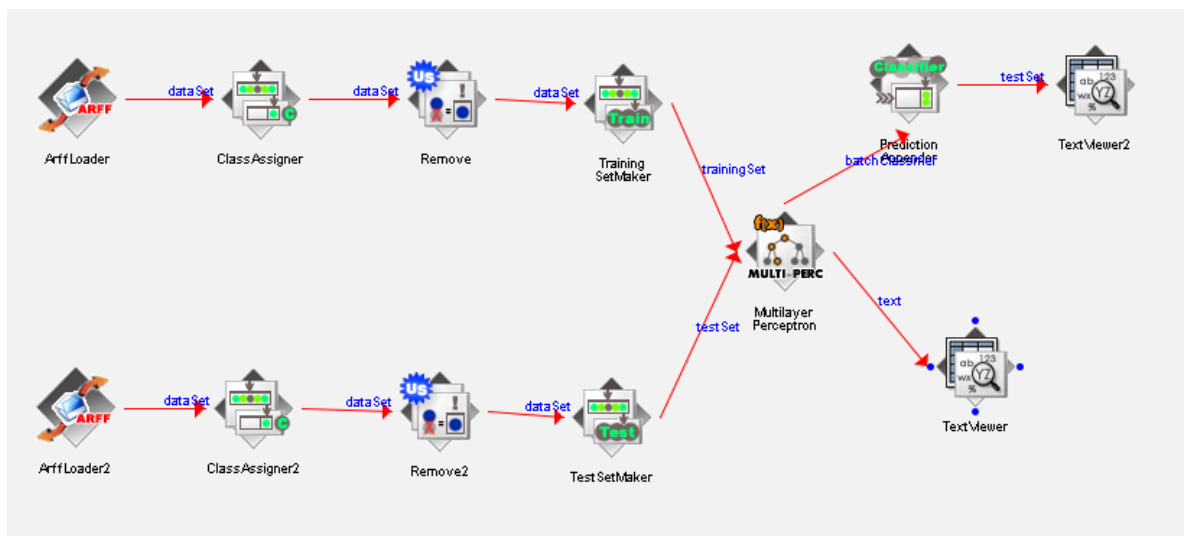
  a  b  c  <-- classified as
10  0  0 | a = Iris-setosa
 0 10  0 | b = Iris-versicolor
 0  0 10 | c = Iris-virginica

```

12 pav. Klasifikavimo tikslumo metrikos

11 pav. Modelio klasifikavimo duomenysparodyti klasifikavimo duomenys parodo modelio prognozes kiekvienai klasei šalia duotų duomenų, kurie buvo pateikti iš *iris_new.arff* failo. Kad patikrinti jų tikslumą ar teisingai buvo suklasifikuoti duomenys galima patikrinti klasifikavimo tikslumo metrikas, kurios yra pateiktos **12 pav.** Klasifikavimo tikslumo metrikos. Iš pateiktų metrikų galima pastebėti, kad visi testavimo duomenys buvo suklasifikuoti teisingai ir modelis buvo gerai išmokytas.

5. Trečia užduočių seka



13 pav. Trečia užduočių seka

Ši užduočių seka sukurta WEKA aplinkoje skiriasi nuo kitų tuo, kad užduotis sukurta su dviem ArffLoader komponentais: į vieną buvo įkeltas *iris_new.arff* duomenų rinkinys, o į kitą – *iris_train_test.arff*. Paleidus šią seką vienu metu yra mokomas ir testuojamas dirbtinio neuroninio tinklo modelis. Gauti rezultatai yra pateikiami kaip klasifikavimo tikslumo metrikos ir gauti svoriai išmokius modelį. Kaip pavaizduota **15 pav.** Po apmokymo gauti parametrų svoriai, po apmokymo gauti parametrų svoriai yra pateikiami kiekvieno dirbtinio neuroninio tinklo sluoksnio neuronui. Naudojant šiuos svorius ir sukonstravus matematinį modelį su tais pačiais sluoksniais galima atkartoti tuos pačius rezultatus, pateiktus **14 pav.** Nauji modelio klasifikavimo duomenys, panaudojant *iris_new.arff* faile esančius duomenis.

```

@relation iris_new-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2_set_1_of_1

@attribute sepalength numeric
@attribute petallength numeric
@attribute petalwidth numeric
@attribute class {Iris-setosa,Iris-versicolor,Iris-virginica}
@attribute MultilayerPerceptron_prob_Iris-setosa numeric
@attribute MultilayerPerceptron_prob_Iris-versicolor numeric
@attribute MultilayerPerceptron_prob_Iris-virginica numeric

@data
5,1.3,0.3,Iris-setosa,0.987311,0.012689,0
4.5,1.3,0.3,Iris-setosa,0.987146,0.012854,0
4.4,1.3,0.2,Iris-setosa,0.988255,0.011745,0
5,1.6,0.6,Iris-setosa,0.969918,0.030082,0
5.1,1.9,0.4,Iris-setosa,0.975204,0.024796,0
4.8,1.4,0.3,Iris-setosa,0.98658,0.013419,0
5.1,1.6,0.2,Iris-setosa,0.986813,0.013187,0
4.6,1.4,0.2,Iris-setosa,0.987845,0.012155,0
5.3,1.5,0.2,Iris-setosa,0.987504,0.012496,0
5,1.4,0.2,Iris-setosa,0.98796,0.01204,0
5.5,4.4,1.2,Iris-versicolor,0.003106,0.995408,0.001487
6.1,4.6,1.4,Iris-versicolor,0.001975,0.993757,0.004267
5.8,4,1.2,Iris-versicolor,0.00704,0.992852,0.000108
5,3.3,1,Iris-versicolor,0.035577,0.9644,0.000023
5.6,4.2,1.3,Iris-versicolor,0.003909,0.995547,0.000544
5.7,4.2,1.2,Iris-versicolor,0.005158,0.994583,0.000259
5.7,4.2,1.3,Iris-versicolor,0.004153,0.995423,0.000424
6.2,4.3,1.3,Iris-versicolor,0.004621,0.995142,0.000237
5.1,3,1.1,Iris-versicolor,0.044234,0.955749,0.000017
5.7,4.1,1.3,Iris-versicolor,0.00484,0.9949,0.00026
6.7,5.6,2.4,Iris-virginica,0.000078,0.005733,0.994189
6.9,5.1,2.3,Iris-virginica,0.000114,0.019695,0.98019
5.8,5.1,1.9,Iris-virginica,0.000103,0.012752,0.987145
6.8,5.9,2.3,Iris-virginica,0.000075,0.005287,0.994638
6.7,5.7,2.5,Iris-virginica,0.000075,0.005224,0.994701
6.7,5.2,2.3,Iris-virginica,0.000096,0.010874,0.98903
6.3,5,1.9,Iris-virginica,0.000161,0.055187,0.944652
6.5,5.2,2,Iris-virginica,0.000116,0.019548,0.980336
6.2,5.4,2.3,Iris-virginica,0.000079,0.005969,0.993952
5.9,5.1,1.8,Iris-virginica,0.000121,0.020639,0.97924

```

14 pav. Nauji modelio klasifikavimo duomenys

```

Sigmoid Node 0
  Inputs  Weights
  Threshold -1.697004190716573
  Node 3 -2.612719655054484
  Node 4 0.8171858315852228
  Node 5 5.333119697697287
  Node 6 0.6901161845322747
  Node 7 -5.261747009547424
Sigmoid Node 1
  Inputs  Weights
  Threshold -0.8315053336456949
  Node 3 -8.215796946780832
  Node 4 4.354415081092978
  Node 5 -9.51101811614322
  Node 6 1.2490755851797355
  Node 7 3.633691891335288
Sigmoid Node 2
  Inputs  Weights
  Threshold -1.5903053765681059
  Node 3 6.359894513939238
  Node 4 -6.306354671638205
  Node 5 -3.085035915542796
  Node 6 -4.342840684832604
  Node 7 2.1837016665382865
Sigmoid Node 3
  Inputs  Weights
  Threshold -4.280225164440497
  Attrib sepallength -3.0939728916728106
  Attrib petallength 11.515543047086346
  Attrib petalwidth 4.415335962535399
Sigmoid Node 4
  Inputs  Weights
  Threshold 3.0727491244160783
  Attrib sepallength 2.371919621644874
  Attrib petallength -8.50570848393368
  Attrib petalwidth -3.201241344880064
Sigmoid Node 5
  Inputs  Weights
  Threshold -3.7757806270481327
  Attrib sepallength -0.19227544736187602
  Attrib petallength -4.669930773230381
  Attrib petalwidth -4.164391467836431
Sigmoid Node 6
  Inputs  Weights
  Threshold 1.6960724029022634
  Attrib sepallength 1.4164408016043146
  Attrib petallength -4.752944351303222
  Attrib petalwidth -1.8209963582425368
Sigmoid Node 7
  Inputs  Weights
  Threshold 2.228091707033111
  Attrib sepallength -0.37426367113162406
  Attrib petallength 3.1874935786344265
  Attrib petalwidth 2.7990263994481333
--

```

15 pav. Po apmokymo gauti parametų svoriai

6. MS Excel dirbtinio neuroninio tinklo modelis

Kaip paminėta ankstesniame skyriuje, kad panaudojant sukurtus svorius galima atkartoti tą patį ar panašų rezultatą. Tai patikrinti buvo panaudota MS Excel programa. Pirmasis žingsnis buvo normalizuoti įvesties duomenis iš *iris_new.arff* failo.

1 lentelė. Įvesties duomenys ir jų normavimas

6.1 Duomenys				6.2 Normavimas			
Sepal length	Petal length	Petal width	Class	Sepal length	Petal length	Petal width	
5	1,3	0,3	Iris-setosa	-0,52	-1	-0,91304	
4,5	1,3	0,3	Iris-setosa	-0,92	-1	-0,91304	
4,4	1,3	0,2	Iris-setosa	-1	-1	-1	
5	1,6	0,6	Iris-setosa	-0,52	-0,86957	-0,65217	
5,1	1,9	0,4	Iris-setosa	-0,44	-0,73913	-0,82609	
4,8	1,4	0,3	Iris-setosa	-0,68	-0,95652	-0,91304	
5,1	1,6	0,2	Iris-setosa	-0,44	-0,86957	-1	
4,6	1,4	0,2	Iris-setosa	-0,84	-0,95652	-1	
5,3	1,5	0,2	Iris-setosa	-0,28	-0,91304	-1	
5	1,4	0,2	Iris-setosa	-0,52	-0,95652	-1	
5,5	4,4	1,2	Iris-versicolor	-0,12	0,347826	-0,13043	
6,1	4,6	1,4	Iris-versicolor	0,36	0,434783	0,043478	
5,8	4	1,2	Iris-versicolor	0,12	0,173913	-0,13043	
5	3,3	1	Iris-versicolor	-0,52	-0,13043	-0,30435	
5,6	4,2	1,3	Iris-versicolor	-0,04	0,26087	-0,04348	
5,7	4,2	1,2	Iris-versicolor	0,04	0,26087	-0,13043	
5,7	4,2	1,3	Iris-versicolor	0,04	0,26087	-0,04348	
6,2	4,3	1,3	Iris-versicolor	0,44	0,304348	-0,04348	
5,1	3	1,1	Iris-versicolor	-0,44	-0,26087	-0,21739	
5,7	4,1	1,3	Iris-versicolor	0,04	0,217391	-0,04348	
6,7	5,6	2,4	Iris-virginica	0,84	0,869565	0,913043	
6,9	5,1	2,3	Iris-virginica	1	0,652174	0,826087	
5,8	5,1	1,9	Iris-virginica	0,12	0,652174	0,478261	
6,8	5,9	2,3	Iris-virginica	0,92	1	0,826087	
6,7	5,7	2,5	Iris-virginica	0,84	0,913043	1	
6,7	5,2	2,3	Iris-virginica	0,84	0,695652	0,826087	
6,3	5	1,9	Iris-virginica	0,52	0,608696	0,478261	
6,5	5,2	2	Iris-virginica	0,68	0,695652	0,565217	
6,2	5,4	2,3	Iris-virginica	0,44	0,782609	0,826087	
5,9	5,1	1,8	Iris-virginica	0,2	0,652174	0,391304	

Normavimas buvo atliktas naudojant formulę **16 pav.** Normavimo formulė.

$$x_{ij} \leftarrow \frac{2x_{ij} - \min_{(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})} - \max_{(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})}}{\max_{(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})} - \min_{(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})}}$$

16 pav. Normavimo formulė

2 lentelė. Neuronų jungčių tarp įvesties ir paslėpto sluoksnio neuronų svoriai

Jungčių tarp įvesties ir paslėpto sluoksnio neuronų				
Neuron	Threshold	Sepal length	Petal length	Petal width
1	-4,28022516444049	-3,09397289167281	11,51554304708630	4,41533596253539
2	3,07274912441607	2,37191962164487	-8,50570848393368	-3,20124134488006
3	-3,77578062704813	-0,19227544736188	-4,66993077323038	-4,16439146783643
4	1,69607240290226	1,41644080160431	-4,75294435130322	-1,82099635824253
5	2,22809170703311	-0,37426367113162	3,18749357863442	2,79902639944813

3 lentelė. Neuronų jungčių tarp paslėpto sluoksnio ir išėjimo neuronų svoriai

Jungčių tarp paslėpto sluoksnio neuronų ir išėjimų						
Neuron	Threshold	w1	w2	w3	w4	w5
	-	-	-	-	-	-
1	1,69700419071657	2,61271965505448	0,81718583158522	5,33311969769728	0,69011618453227	5,26174700954742
	-	-	-	-	-	-
2	0,83150533364569	8,21579694678083	4,35441508109297	9,51101811614322	1,24907558517973	3,63369189133528
	-	-	-	-	-	-
3	1,59030537656810	6,35989451393923	6,30635467163820	3,08503591554279	4,34284068483260	2,18370166653828

Duomenys pateikti **1 lentelė**. Įvesties duomenys ir jų normavimas ir **2 lentelė**. Neuronų jungčių tarp įvesties ir paslėpto sluoksnio neuronų svoriai lentelėse atvaizduoja gautų neuronų svorių reikšmes, kad būtų aišku, kurio sluoksnio kuris svorių rinkinys yra. Šie duomenys buvo paimti iš **15 pav.** Po apmokymo gauti parametrų svoriai esančių duomenų. Turint visus pateiktus svorius ir įvesties duomenis jau galima atlikti atitinkamus skaičiavimus kaip svorių ir įvesties duomenų sandaugų sumų skaičiavimas ir sigmoidinių funkcijų pritaikymas gautiems rezultatams. Šiuos skaičiavimus galima pasižiūrėti pateiktame MS Excel faile. Gauti rezultatai yra gautos DNT prognozės kiekvienai klasei visiems įvesties duomenims.

4 lentelė. Excel DNT ir WEKA DNT gauti rezultatai

6.7 Neuroninio tinklo išėjimai			WEKA data		
Iris-setosa	Iris-versicolor	Iris-virginica	Iris-setosa	Iris-versicolor	Iris-virginica
0,992723	0,010611	0,000000	0,987311	0,012689	0
0,992536	0,010751	0,000000	0,987146	0,012854	0
0,992912	0,010235	0,000000	0,988255	0,011745	0
0,987573	0,018688	0,000000	0,969918	0,030082	0
0,988374	0,017443	0,000000	0,975204	0,024796	0
0,992376	0,011047	0,000000	0,98658	0,013419	0
0,992428	0,011055	0,000000	0,986813	0,013187	0
0,992764	0,010465	0,000000	0,987845	0,012155	0
0,992764	0,010618	0,000000	0,987504	0,012496	0
0,992895	0,010366	0,000000	0,98796	0,01204	0
0,000861	0,802371	0,211991	0,003106	0,995408	0,001487
0,000606	0,690854	0,364698	0,001975	0,993757	0,004267
0,004730	0,998272	0,000467	0,00704	0,992852	0,000108
0,027596	0,996927	0,000038	0,035577	0,9644	0,000023
0,001666	0,973523	0,022207	0,003909	0,995547	0,000544
0,002622	0,991859	0,004631	0,005158	0,994583	0,000259
0,001959	0,984468	0,011655	0,004153	0,995423	0,000424
0,002836	0,996068	0,002087	0,004621	0,995142	0,000237
0,041920	0,996234	0,000021	0,044234	0,955749	0,000017
0,002664	0,993620	0,003636	0,00484	0,9949	0,00026
0,000073	0,004784	0,998784	0,000078	0,005733	0,994189
0,000086	0,007280	0,997198	0,000114	0,019695	0,98019
0,000079	0,005485	0,998303	0,000103	0,012752	0,987145
0,000072	0,004665	0,998868	0,000075	0,005287	0,994638
0,000072	0,004664	0,998872	0,000075	0,005224	0,994701
0,000079	0,005781	0,998128	0,000096	0,010874	0,98903
0,000094	0,008756	0,996330	0,000161	0,055187	0,944652
0,000083	0,006511	0,997669	0,000116	0,019548	0,980336
0,000073	0,004787	0,998780	0,000079	0,005969	0,993952
0,000082	0,006071	0,997932	0,000121	0,020639	0,97924

Pagal gautus duomenis galima pastebėti, kad gauti rezultatai Excel faile yra artimi gautiems WEKA sistemoje ištreniruotam modeliui. Tai įrodo, kad naudojant tuos pačius svorius ir neuroninio tinklo modelio architektūrą galima atkartoti tuos pačius ar panašius rezultatus.