

TECHNOLOGIES OF COMPUTER
CONTROL

DATORVADĪBAS TEHNOLOĢIJAS

USING NEURAL NETWORKS COMMITTEE DECISIONS FOR IMAGE CLASSIFICATION

NEIRONU TĪKLU KOMITEJU LĒMUMU IZMANTOŠANA ATTĒLU KLASIFIKĀCIJĀ

Maksims Alekseichevs, PhD student

Riga Technical University

Faculty of Computer Science and Information Technologies,

Institute of Computer Control, Engineering and Technology

Address: Meza str. 1, LV-1048, Riga, Latvia

E-Mail: maksims@egle.cs.rtu.lv

Aleksandrs Glazs, prof. Dr. h. inž.

Riga Technical University

Faculty of Computer Science and Information Technologies,

Institute of Computer Control, Engineering and Technology

Address: Meza str. 1, LV-1048, Riga, Latvia

Phone: +371 7089542, E-Mail: glaz@egle.cs.rtu.lv

Atslēgas vārdi: neironu tīkli, komiteju lēmumi, vienlīdzīgas balsošanas algoritms, svērtais balsošanas algoritms, ansambļa vidējais algoritms, attēlu klasifikācijā, cilvēku sejas klasifikācija, medicīnas attēlu klasifikācija

Ievads

Mūsdienā, attēlu klasifikācijas uzdevumi ir aktuāli vairākos virzienos (kriminālistika, seju atpazīšana, medicīna, teksta atpazīšana, utt.). Eksistē vairākas attēlu klasifikācijas pieejas. Dotajā darbā, tiek izmantoti mākslīgo neironu tīklu komiteju lēmumi attēlu klasifikācijai.

Attēla 1 (1. att., Fig. 1) parādīta tiešas izplatīšanas neironu tīkla arhitektūrā, kura realizē komiteju lēmumu. Komiteju lēmums sastāv no T, neatkarīgo neironu tīklu kopu, kuri parādīti pirmos trīs slāņos attēla 1. Katram i-tam, $i \in [1:T]$, neironu tīklam ir nejauši izvēlētas sākotnējas parametru matricas W_i^0 , V_i^0 . Parametru matricas W_i^0 , V_i^0 nejauši izvēlētas intervāla no 0 līdz 1. Pirmā slēptā slāņa neironi realizē sigmoidālo funkciju, bet otrā slēptā slāņa neironi realizē sliekšņa vai logistisko funkciju, atkarīgi no komiteju lēmuma. Katrs i-tais neironu tīkls apmācīts ar kļūdas atgriezeniskās izplatīšanās algoritmu (back-propagation algorithm). Izejas slānis realizē komiteju lēmumu pēc $R_i(X)$, $i \in [1:T]$, kuriem vispārīgā gadījumā atbilst:

$$R^*(X) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{i=1}^T z_i R_i(X) \geq \theta; \\ 0, & \text{if } \sum_{i=1}^T z_i R_i(X) < \theta; \end{cases} \quad (1)$$

kur z_i - risinājumā $R_i(X)$ svars, θ - uzdotais sliekšnis.

4 Komiteju lēmumu algoritmi

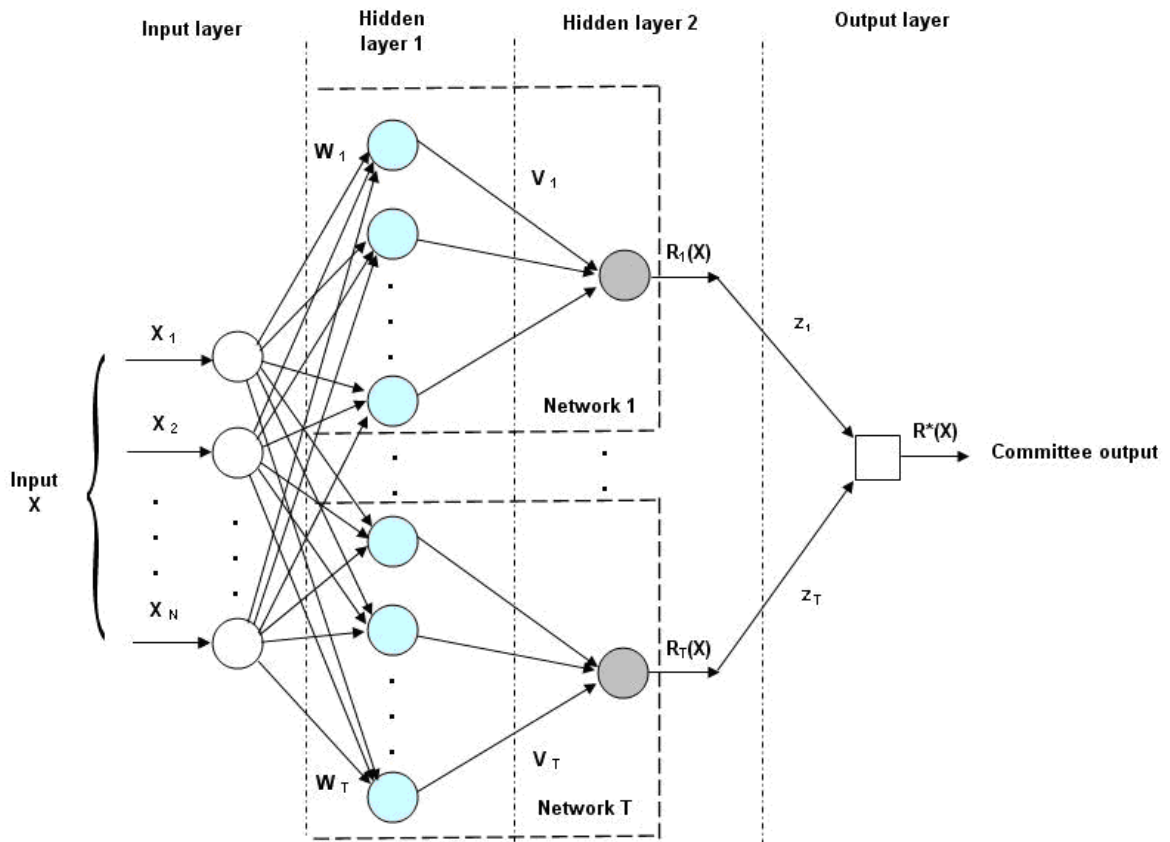
Dažādu komiteju lēmumu variantu var veidot atkarīgi no z_i , $R_i(X)$, θ vērtībām.

4.1 Vienlīdzīgas balsošanas algoritms [3,4]

Šajā gadījumā, $z_i = 1$ un sliekšnis $\theta = \frac{T}{2}$ (T - nepāra skaitlis), izejas $R_i(X)$ var pieņemt vērtības 0 vai 1.

Tas nozīmē, ka neironi slēptajā slānī realizē sliekšņa funkciju:

$$R^*(X) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{i=1}^T R_i(X) \geq \frac{T}{2}; \\ 0, & \text{if } \sum_{i=1}^T R_i(X) < \frac{T}{2}; \end{cases} \quad (2)$$



8.att. Tiešās izplatīšanās neironu tīkla arhitektūra
Fig.8. The architecture of neural networks ensemble

4.2 Svērtas balsošanas algoritms [5]

Svērtas balsošanas algoritmam izejas $R_i(X)$ var pieņemt vērtības 0 vai 1, sliekšnis $\theta = \frac{1}{2}$ un vērtības z_i normējas tādā veidā, lai izpildītos nosacījums:

$$\sum_{i=1}^T z_i = 1, z_i > 0, i \in [1 : T] \quad (3)$$

Vērtības z_i tiek noteiktas šādā veidā:

$$z_i = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^T q_i}, \quad (4)$$

kur q_i – i-tā neironu tīkla apmācošās izlases attēlu klasifikācijas drošums. Komiteju lēmums veidojas šādā veidā:

$$R^*(X) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{i=1}^T z_i R_i(X) \geq \frac{1}{2}; \\ 0, & \text{if } \sum_{i=1}^T z_i R_i(X) < \frac{1}{2}; \end{cases} \quad (5)$$

4.3 Ansambļa vidējais algoritms [6]

Šajā gadījumā, $R_i(X) \in [0:1]$, tas nozīmē, ka neironi otrajā slēptajā slānī realizē logistisko funkciju, svāri $z_i = \frac{1}{T}$ un sliekšnis $\theta = \frac{1}{2}$. Balstoties uz augstāk minēto, komiteju lēmums veidojas šādā veidā:

$$R^*(X) = \begin{cases} 1, & \text{if } \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T R_i(X) \geq \frac{1}{2}; \\ 0, & \text{if } \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T R_i(X) < \frac{1}{2}; \end{cases} \quad (6)$$

5 Piedāvātais algoritms

Šajā gadījumā, i-tā neironu tīkla apmācošās izlases attēlu klasifikācijas drošums q_i pieņem vērtību intervālā $0.5 \leq q_i \leq 1$. Piedāvāta svērtā balsošanas algoritmā svāri z_i tiek noteikti tādā veidā, lai izpildītos nosacījums

$$z_i = (q_i - 0.5) * 2, \quad i \in [1:T] \quad (7)$$

Savukārt, svāri pieņem vērtības intervālā $0.5 \leq z_i \leq 1$, tā lai izpildās nosacījums

$$\theta = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T z_i \quad (8)$$

Neironi otrajā slēptajā slānī realizē sigmoidālo funkciju, $R_i(X) \in [0:1]$ un piedāvāta algoritmā komiteju lēmums veidojas šādā veidā:

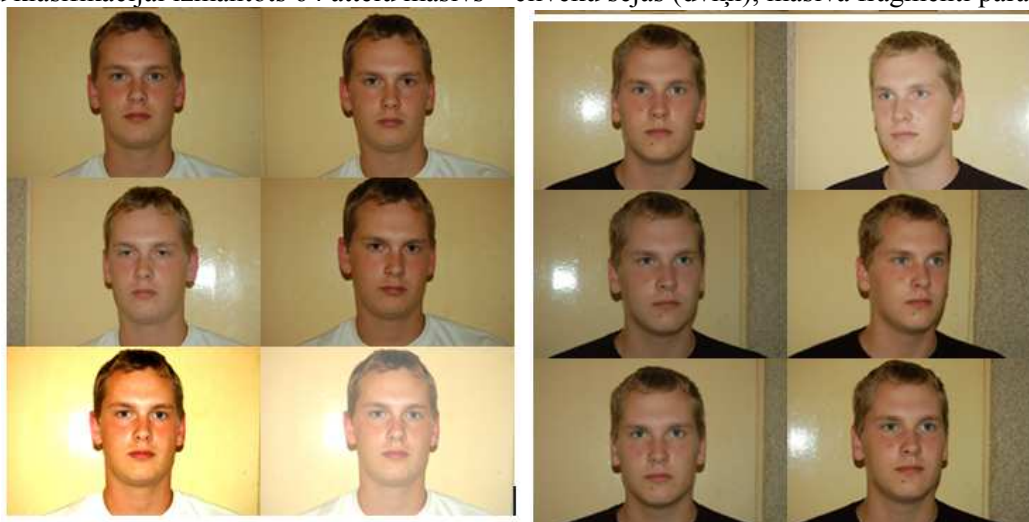
$$R^*(X) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{i=1}^T z_i R_i(X) \geq \frac{\sum_{i=1}^T z_i}{2}; \\ 0, & \text{if } \sum_{i=1}^T z_i R_i(X) < \frac{\sum_{i=1}^T z_i}{2}; \end{cases} \quad (9)$$

4 Eksperimentu rezultāti

Piedāvātais algoritms aprobēts divas sfērās: kriminālistikā un medicīnā.

4.1 Kriminālistika

Attēlu klasifikācijai izmantots 64 attēlu masīvs – cilvēku sejas (dvīņi), masīva fragmenti parādīti att.2



2.att. Apmācošas izlases objekti – cilvēku sējās

Fig.2. Examples of two classes of faces

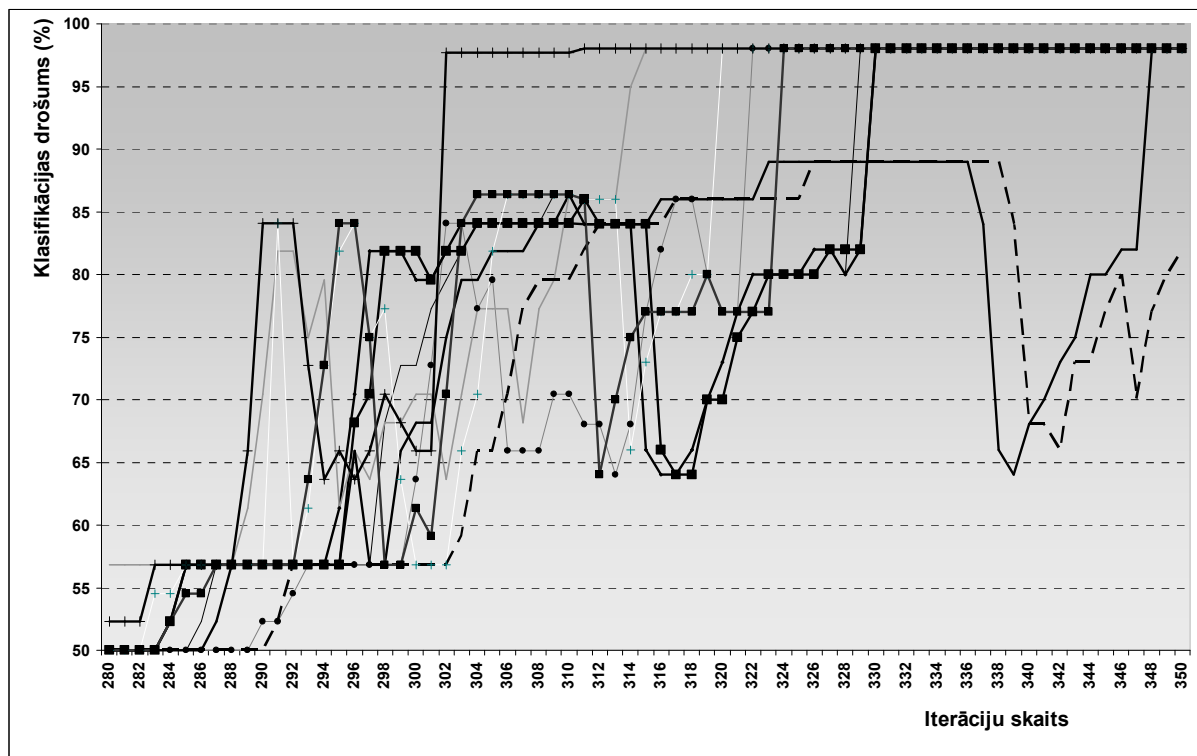
Katrai klasei pieder 32 attēli. Attēlu masīvs sadalīts uz divām daļām: apmācoša izlase 20 attēli (10 attēli no katras klases) un eksaminācijas izlase 44 attēli (22 attēli no katras klases). Katrs attēls aprakstīts ar matricas palīdzību 200×133 . Katrs ieejas vektors X sastāv no 26600 elementiem. Savukārt, komiteju lēmums sastāv no $T = 45$ neironu tīkliem. Matricas elementi W_i , V_i pieņem nejaušas vērtības intervālā $0 \div 0.01$ un $i \in [1:45]$. Katrs ieejas vektora elements x_j un $j \in [1:26600]$, aprakstīts ar attiecīga pikseļa intensitāti un veidojas:

$$X_j = \frac{256^2 * R_j + 256 * G_j + B_j}{256^3}, \quad (10)$$

Kur R_j, G_j, B_j – attiecīga pikseļa j intensitāte RGB sistēmā. Katrs T-ais neironu tīkls apmācīts ar back-propagation algoritma palīdzību. Katrs attēls kodēts ar 26600 elementiem.

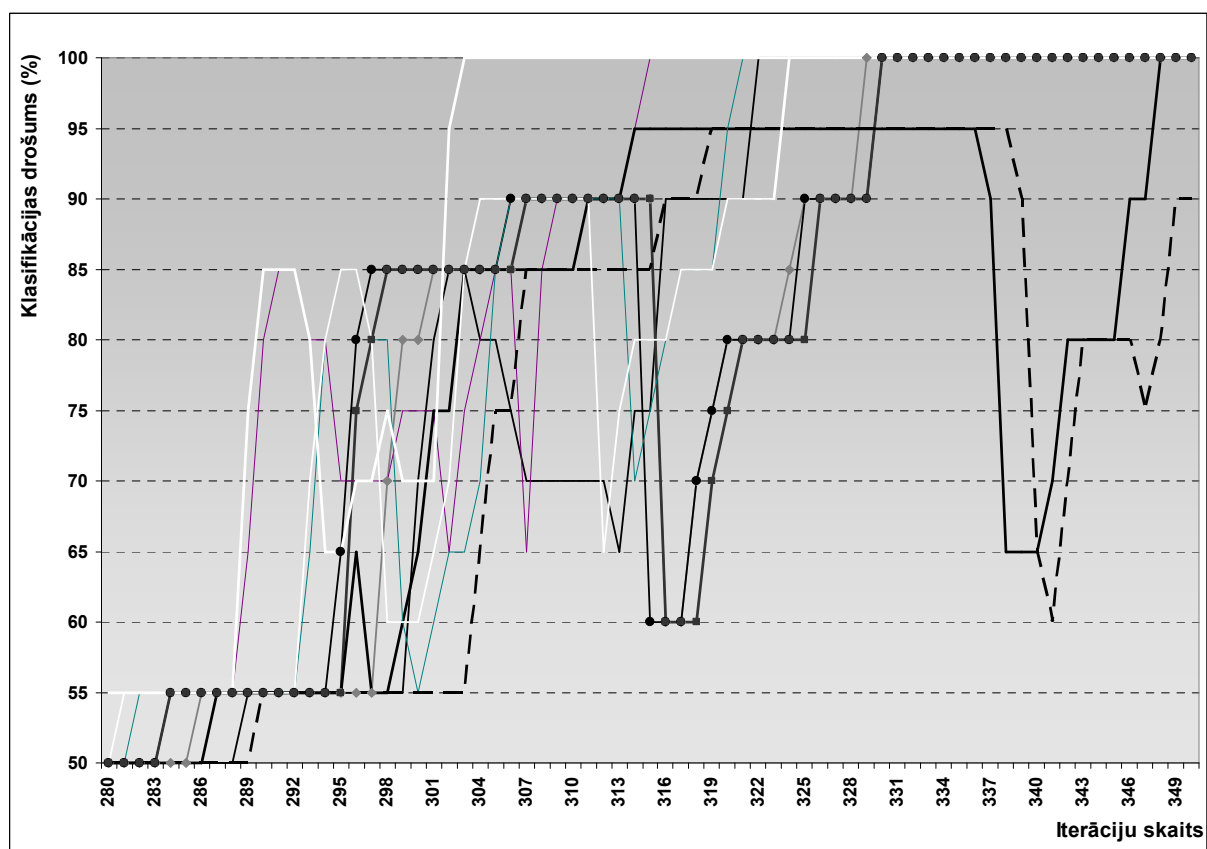
Ka varam secināt no att.3. un att.4. apmācoša un eksaminācijas izlasē klasifikācijas drošums katram neironu tīklam var atšķirties. Piemēram, 300-tā iterācijā ir kā jau apmācīti neironu tīkli, tā arī ar klasifikācijas drošumu 60%.

Att.5. redzams, ka piedāvātais svērtas balsošanas algoritms dod klasifikācijas drošumu lielāku nekā pārējie komiteju lēmumi, īpaši tajos gadījumos kad, apmācības laiks ir ierobežots.



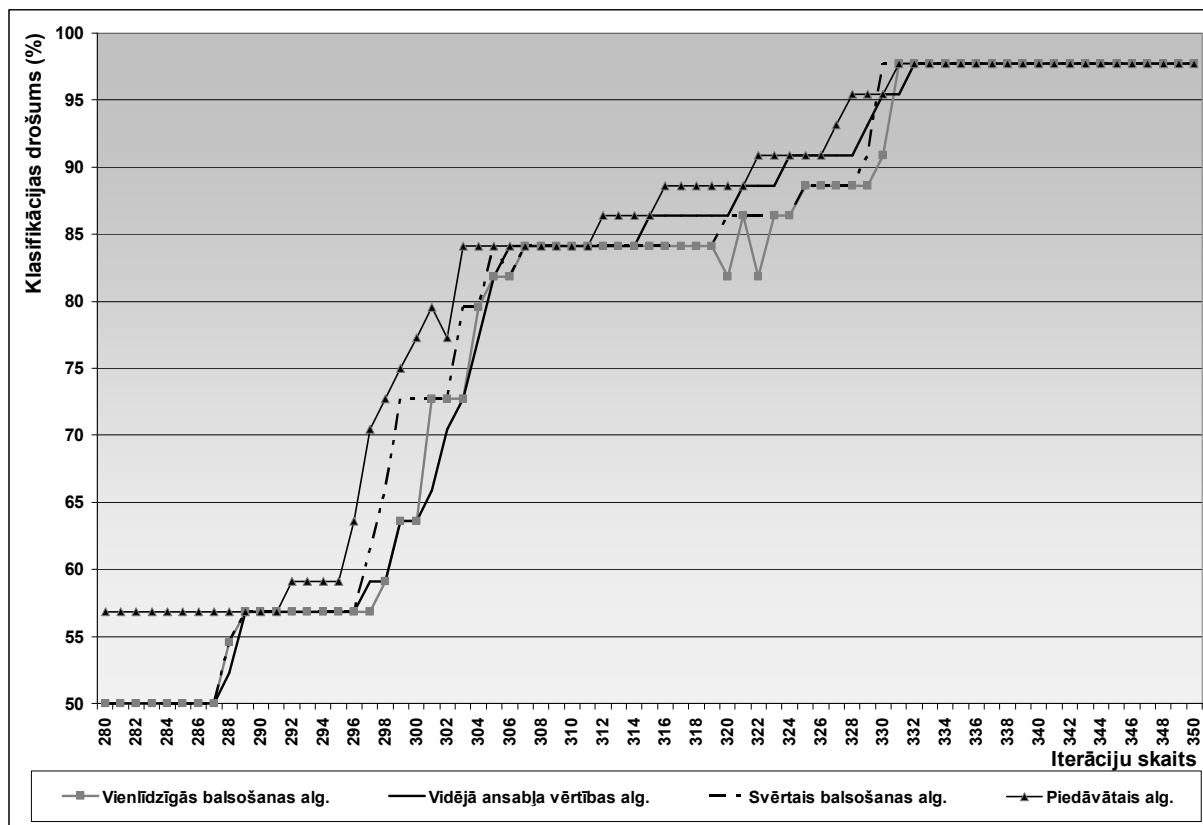
3.att. Apmācošas izlases klasifikācijas drošums

Fig.3. Reliability of the learning set



4.att. Eksaminācijas izlases klasifikācijas drošums

Fig.4. Reliability of the examination set

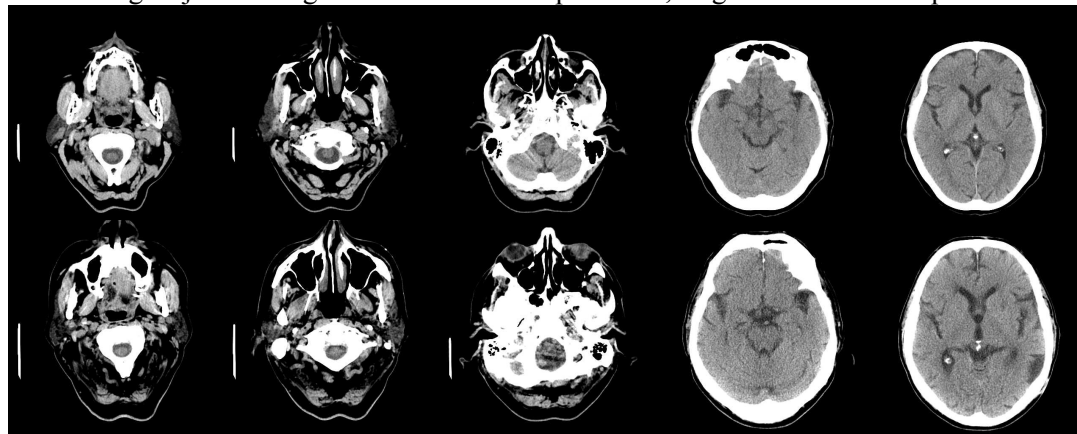


5.att. Komiteju lēmuma klasifikācijas drošums

Fig.5. Committee decision reliability

4.2 Medicīna

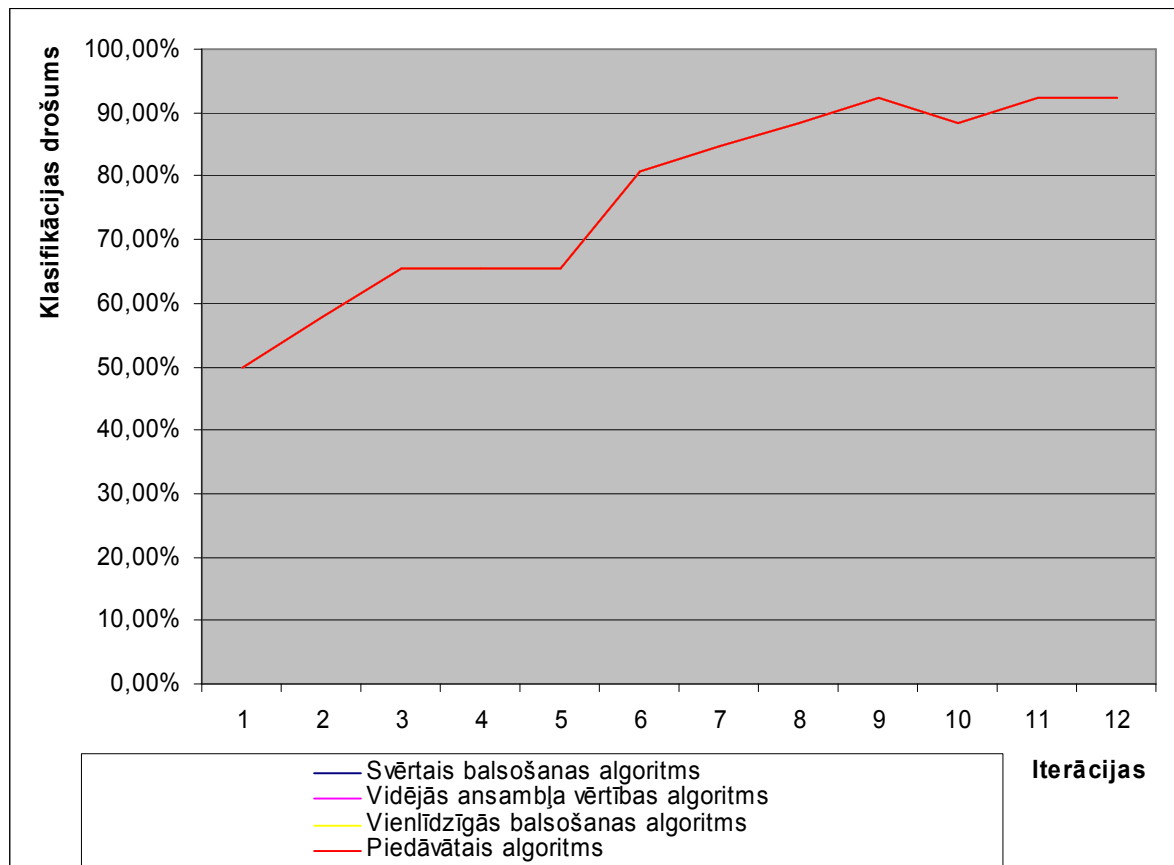
Attēlu klasifikācijai izmantots 56 attēlu masīvs – cilvēku smadzeņu medicīnas attēli, kuri iegūti ar datortomogrāfijas vai magnētiskās rezonanses palīdzību, fragments no masīva parādīts att.6



6.att. Apmācošas un eksamenācijas izlases objekti

Fig.6. Examples of two classes of medical images

Katrai klasei pieder 28 attēli. Attēlu masīvs sadalīts uz divām daļām: apmācoša izlase 30 attēli (15 attēli no katras klases) un eksaminācijas izlase 26 attēli (13 attēli no katras klases). Katrs attēls aprakstīts ar matricas palīdzību 512×512 . Katrs ieejas vektors X sastāv no 262144 elementiem. Savukārt, komiteju lēmums sastāv no $T = 25$ neironu tīkliem. Matricas elementi W_i , V_i pieņem nejaušas vērtības intervālā $0 \div 0.0001$ un $i \in [1:25]$.



7.att. Komiteju lēmuma klasifikācijas drošums

Fig.7. Committee decision reliability

Katrs ieejas vektora elements x_j un $j \in [1: 262144]$, aprakstīts ar attiecīga pikseļa intensitāti un veidojas:

$$X_j = \frac{R_j}{256}, \quad (11)$$

Kur R_j – attiecīga pikseļa j intensitāte. Katrs T-ais neironu tīkls apmācīts ar back-propagation algoritma palīdzību. Katrs attēls kodēts ar 262144 elementiem.

No att.7. var secināt, kā apmācības laikā visi komiteju lēmumi dod vienādu klasifikācijas drošumu un izmantot var jebkuru.

Secinājumi

- Kriminālistika

Kā var secināt no iegūtajiem eksperimentālajiem rezultātiem, komiteju lēmumi ar pazīstamiem algoritmiem, izmantojot līdzīgus attēlus klasifikācijai, ir sliktāki nekā komiteju lēmums ar piedāvāto svērto balsošanas algoritmu, kurā iekļauta apmācošās izlases vēsture.

- Medicīna

Kā var secināt no iegūtajiem eksperimentālajiem rezultātiem komiteju lēmums ar piedāvāto svērto balsošanas algoritmu, nedod nekādas priekšrocības un parāda klasifikācijas drošumu, kas neatšķiras no pazīstamiem algoritmiem, bet rezultāti ir labāki, nekā nejauši izvēlētajam neironu tīklam, kuram eksaminācijas izlasē klasifikācijas drošums var būt robežās no 88 līdz 96%.

Literatūra

- 4) Alekseičevs M., Glazs A., Pudža T., Komiteju metodes atpazīstošos neironu tīklos, Scientific Proceedings Of Riga Technical University, Computer Science, Sērija 5, Sējums 27 Rīga, Latvia, 2008.
- 5) Haykin S., Neural networks: a comprehensive foundation -2 ed. – Prentice-Hall, Inc, 1999.
- 6) Opitz, D., Shavlik, J., Actively Searching for an Effective Neural-Network Ensemble. In Connection Science, Volume 8, Number 3, 1 December, pp. 337-354. 1996.
- 7) Glaz A., Hierarchical procedure for constructing decision rules in recognition problems. In Pattern recognition and Image Analysis Vol.1, 1, 5-12 1991.
- 8) Jimenez, D., Walsh, N., Dynamically weighted ensemble neural networks for classification. In A Proceedings of the international joint conference on neural networks (IJCNN'98), pp 753-756. 1998.
- 9) Perrone, M.P., Cooper, L.N., When networks disagree: ensemble method for neural networks. In Proceedings of NEURAP'97, Neural Networks and their Applications, 205-212 Artificial Neural Networks for Speech and Vision, pp.126-142. 1993.

Alekseičevs M., Glazs A. Neironu tīklu komiteju lēmumu izmantošana attēlu klasifikācijā

Mākslīgie neironu tīkli tiek plaši izmantoti attēlu klasifikācijas uzdevumos. Eksaminācijas izlases klasifikācijas drošums, izmantojot atsevišķu 3-slāņu neironu tīklu var svārstīties diezgan lielā diapazonā. Lai sasniegt eksaminācijas izlases drošuma stabilitāti izmanto neironu tīklu komitejas. Dotajā darbā tiek piedāvāta jauna komiteju metode un tā tiek eksperimentāli salīdzināta ar eksistējošām metodēm, tādām kā vienlīdzīgas balsošanas algoritms, svērtas balsošanas algoritms un ansambļa vidējais algoritms.

Eksperimenti tika veikti divos virzienos: kriminālistikā un medicīnā. Kriminālistikas virzienā tika izmantotas cilvēku sejas fotogrāfijas. Uzdevumu komplicēšanai bija paņēmtas dvīņu fotogrāfijas, kuras cilvēkam būtu grūti atšķirt.

Eksperimentos medicīnas virzienā tika izmantoti cilvēku smadzeņu medicīnas attēli, kas tika iegūti ar datortomogrāfijas vai magnētiskās rezonanses palīdzību.

Eksperimentāli parādīta piedāvātās metodes priekšrocības salīdzinot ar eksistējošām metodēm cilvēku sejas atpazīšanā. Piedāvātais algoritms parādīja visaugstāko drošuma līmeni, visā neironu tīklu apmācības laikā. Medicīnas diagnostikas uzdevumā piedāvātā metode parādīja rezultātus, kas neatšķīrās no pazīstamajām metodēm. Tas varētu būt saistīts ar patoloģijas zonas segmentācijas nepieciešamību.

Alekseičevs M., Glazs A. Using Neural networks committee decisions for image classification

Artificial neural networks are widely used in image classification tasks. The reliability of examination set image classification by individual three-layered neural network can vary in great diapason. To achieve examination set classification reliability's stability neural network committees are used. In this work, a new neural network committee method is proposed. The proposed method is experimentally compared with the existing methods (plurality voting algorithm, weighted voting algorithm, ensemble average algorithm).

The experiments were conducted in two areas: criminal and medical. In criminal area, photographs of human faces were used to test the proposed method. To complicate the task, faces of twins, which are hard to distinguish for by human eyes, were used.

In medical area of the experiment, medical images of a brain, acquired with help of computer tomography or magnetic resonance were used.

Experiments show that the proposed method has advantages over the known methods in the task of face recognition. The proposed algorithm showed greater reliability in classification during all time of neural network learning. In the task of medical image recognition the proposed method showed results that did not differ from the existing methods. This result can be connected with the need to segment the pathology zone on the image.

Алексейчев М., Глаз А. Использование комитетов нейронных сетей в задачах классификации изображений

Искусственные нейронные сети широко используются в задачах классификации изображений. Надежность классификации изображений экзаменационной выборки отдельной 3-х слойной нейронной сетью может колебаться в довольно большом диапазоне. Для достижения стабильности классификации изображений экзаменационной выборки используются комитеты нейронных сетей. В данной статье

предлагается новый комитетный метод и экспериментально сравнивается с известными методами, такими как алгоритм равноправного голосования, алгоритм взвешенного голосования, алгоритм среднего по ансамблю.

Эксперимент производился в двух областях: криминалистике и медицине. В задаче в области криминалистики для классификации использовались изображения человеческих лиц. Для усложнения этой задачи были взяты фотографии лиц близнецов, которые трудно разделить человеку.

В задаче медицинской диагностики использовались медицинские изображения головного мозга, полученные при помощи компьютерной томографии или магнитного резонанса.

Экспериментально показано преимущество использования предложенного алгоритма в задаче распознавания человеческих лиц. Предложенный алгоритм показал большую надежность классификации объектов экзаменационной выборки на протяжении всего времени обучения нейронных сетей. В задаче медицинской диагностики предложенный алгоритм показал надежность классификации не отличающуюся от известных методов. Этот результат может быть связан с тем что имеется необходимость сегментации патологической зоны.