

ნეირონული ქსელების განვითარების ეტაპები

ნინო მჭედლიშვილი, ანტონ მგელაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნეირონული ქსელები გამოიყენება მრავალ დარგში, მრავალი ამოცანის გადასაწყვეტად. მათ შორის: წარმოების ავტომატიზაცია, კავშირგაბმულობა, ინფორმაციის გადაცემა და დამუშავება, სახეთა გამოცნობა, რობოტოტექნიკა, ავიონიკა, მედიცინა, ეკონომიკა და სხვ. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ნეირონული ქსელები წარმოადგენს მონაცემების დამუშავების და ანალიზის მძლავრ და მოქნილ საშუალებას. მნიშვნელოვანია ნეირონული ქსელების მოდელირების პროგრამული უზრუნველყოფა სისტემა Matlab-ი და მისი გაფართოება Neural Network Toolbox-ი, გამოთვლების და ვიზუალიზაციის მძლავრი საშუალებებით.

საკვანძო სიტყვები: ნეირონი. ნეირონული ქსელი. ქსელის დასწავლა. სინაპტიკური კავშირები. სახეთა ამოცნობა. ქსელის მოდელირება. პერცეპტრონის შრეები.

1. შესავალი

ბოლო წლებში ძალიან დიდი ყურადღება ეთმობა ნეირონული ქსელების შესწავლას და მოდელირებას, მათ გამოყენებას საინჟინრო და სამეცნიერო ამოცანების გადაწყვეტისას.

კვლევები ხელოვნურ ნეირონულ ქსელებში დაკავშირებულია იმასთან, რომ ინფორმაციის დამუშავების ხერხი ადამიანის ტვინის მიერ საფუძვლიანად განსხვავდება იმ მეთოდებისაგან, რომელსაც გამოიყენებს ჩვეულებრივი ციფრული კომპიუტერი. ტვინი წარმოადგენს უაღრესად რთულ, არაწფრივ პარალელურ კომპიუტერს (ინფორმაციის დამუშავების სისტემას). მას გააჩნია შესაძლებლობა ორგანიზება გაუკეთოს თავის სტრუქტურულ კომპონენტებს, რომლებსაც ნეირონები ეწოდება, ისე რომ მათ შესძლონ კონკრეტული ამოცანების (სახეთა ამოცნობა, გრძნობის ორგანიზების სიგნალების დამუშავება, ძრავითი ფუნქციები) გადაწყვეტა ბევრჯერ უფრო სწრაფად, ვიდრე ამას შესძლებენ ყველაზე სწრაფმოქმედი თანამედროვე კომპიუტერები. ინფორმაციის დამუშავების ერთ-ერთ ასეთ მაგალითს წარმოადგენს ჩვეულებრივი მხედველობა. მხედველობის სისტემის ფუნქციაში შედის გარე სამყაროს წარმოდგენის შექმნა ისეთი სახით, რომლიც უზრუნველყოფს ურთიერთქმედების შესაძლებლობას ამ სამყაროსთან. უფრო ზუსტად ტვინი თანმიმდევრობით ასრულებს ამოცნობის რიგ ამოცანებს (მაგ. ამოცნობა უცნობ გარემოცვაში) ამაში იგი ხარჯავს 100–200 მილი წამს, მაშინ როცა იგივე ამოცანას კომპიუტერი რამდენიმე დღე მოუნდება.

ნეირონული ქსელი – ეს არის უზარმაზარი, განაწილებული, პარალელური პროცესორი, რომელიც შედგება ინფორმაციის დამუშავების ელემენტარული ერთეულებისგან. ისინი აგროვებენ ექსპერიმენტალურ ცოდნას და წარადგენს მათ შემდგომი დამუშავებისათვის. ნეირონული ქსელი ტვინთან შედარებისას მსგავსია ორი ასსპექტით:

- ცოდნა ნეიროქსელებში შემოდის გარემოდან და გამოიყენება დასწავლის პროცესში.

- ცოდნის დაგროვებისათვის გამოიყენება ნეირონებს შორის კავშირი, რომელსაც უწოდებენ სინაპტიკურ კავშირებს.

სწავლების პროცესის პროცედურას უწოდებენ სწავლების ალგორითმს. იგი აწყობს განსაზღვრული რიგით სინაპტიკურ კავშირებს, ნეირონული ურთიერთკავსირის აუცილებელი სტრუქტურისათვის.

2. ძირითადი ნაწილი

ნეირონული ქსელების თანამედროვე ერა დაიწყო მაკ-კალოკის და პიტცის კლასიკურ ნაშრომიდან (1943წ), სადაც ავტორებმა აღწერეს გამოთვლების ლოგიკა ნეირონულ ქსელებში ნეიროფიზიოლოგიისა და მათემატიკური ლოგიკის საფუძველზე. მეცნიერებმა აჩვენეს, რომ შეერთებულ, სწორად კონფიგურირებულ, სინაპტიკური კავშირებით და სინქრონულად მომუშავე დიდი რაოდენობით ელემენტარული პროცესორული ერთეულებს პრინციპიალურად შეუძლიათ შეასრულონ ნებისმიერი გამოთვლები. ეს შედეგი იყო რეალური გარღვევა მოდელირებული ნერვული სისტემების დარგში: სწორედ იგი გახდა მიზეზი ისეთი მიმართულებების დაბადებისა, როგორებიცაა ხელოვნური ინტელექტი და ნეირონული ქსელები.

მაკ-კალოკის და პიტცის შრომამ გავლენა მოახდინა ფონ-ნეიმანის იდეებზე, რომელმაც დააპროექტა კომპიუტერი EDYAC, და რომელიც დამუშავებული იყო ENAC მოწყობილობებზე. ENAC იყო საერთო დანიშნულების პირველი კომპიუტერი.

1948 წელს გამოვიდა ვინერის ცნობილი წიგნი სათაურით „კიბერნეტიკა“, მასში განხილული იყო მართვის, კომუნიკაციისა და სიგნალების სტატისტიკური დამუშავების საკითხები. ამ წიგნის მეორე გამოცემაში დამატებული იყო მასალა, რომელიც ეხებოდა სწავლებასა და თვითორგანიზებად სისტემებს. მან აღნიშნა სტატისტიკური მექანიზმების მნიშვნელობა სწავლების პრობლემაში. მხოლოდ, 30 წლის შემდეგ ჰოფფილდის ნაშრომებში გაიღო ხიდი სტატისტიკურ მექანიზმებსა და სწავლებად სისტემებს შორის.

შემდეგი ნაბიჯი ნეირონული ქსელების განვითარებისა იყო ჰების წიგნი „ქცევის ორგანიზაცია“. წიგნში განხილულია სინაპტიკური მოდიფიკაციის სწავლების ფიზიოლოგიური წესის 4 განსაზღვრა. კერძოდ, ჰებმა დაუშვა, რომ სხვადასხვა ფიზიოლოგიურ ამოცანების სწავლებასთან ერთად, ტვინში ნეირონების კავშირები მუდმივად იცვლება და ამასთან ერთად ყალიბდება ნეირონების ანსამბლი. ჰების ცნობილი სწავლების პოსტულატი ამბობს, რომ ორ ნეირონს შორის ცვლადი სინაპსის ეფექტურობა იზრდება ამ ნეირონების მრავალჯერადი აქტივაციის შედეგად მოცემული სინაპსის საშუალებით.

ჰების წიგნი გახდა შთაგონების წყარო სწავლებადი და ადაპტიური სისტემების გამოთვლითი მოდელების შექმნისას. კომპიუტერული მოდელირების პირველმა მცდელობამ ჰების სწავლების პოსტულატის საფუძველზე ნეირონების თეორიის ფორმალიზების შემოწმებისათვის ნათლად დაგვანახა, რომ თეორიის სისრულისათვის მას აქტივაციასთან ერთად უნდა დავამატოთ დამუხრუჭება.

შემდეგ გამოჩნდა წიგნი, რომლის იდეა მდგომარეობს იმაში, რომ ადაპტიური ქცევა წარმოადგენს არა დაბადებიდან ჩანერგილს არამედ შეძენილს სწავლების შედეგად. ამის საფუძველზე შეიძლება მაგალითად გაუმჯობესდეს ცხოველის ქცევა.

1954 წელს მინსკიმ დაწერა სადოქტორო დისერტაცია რომელიც ეხება სწავლების ნეიროანალოგიურ სისტემების თეორიას გაძლიერებით და მის გამოყენებას ტვინის მოდელირების ამოცანებში.

1954 წელს გაბორმა წამოაყენა იდეა არაწრფივი ადაპტიური ფილტრების შესახებ. მან შექმნა მანქანა, რომელიც სწავლობდა სტატისტიკური პროცესების მაგალითებზე.

ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი ფიგურა XX საუკუნის პირველ ნახევარში იყო ფონ ნეიმანი. მან დიდი როლი ითამაშა ციფრული კომპიუტერის შექმნაში. მან დაიწყო იმის გააზრება, თუ რა პრინციპიალური განსხვავებაა ადამიანის ტვინსა და კომპიუტერს შორის. ფონ ნეიმანმა მოახერხა ნეირონებისაგან შექმნა საიმედო ქსელი, მაშინ როცა თვითონ ნეირონები ითვლებიან არასაიმედო კომპონენტებად. ეს მან გადაწყვიტა 1956 წელს სიჭარბის იდეის დახმარებით, რომელიც წარმოადგინეს ვინოგრადმა და კოგანმა ნაშრომში „სიჭარბის განაწილების წარმოდგენის გამოყენების მხარდასაჭერად“.

მაკ-კალოკისა და პიტცის კლასიკური ნაშრომის გამოსვლიდან 15 წლის შემდეგ ფრენკ როზენბლატმა წარმოადგინა ახალი მიდგომა სახეთა ამოცნობის ამოცანის ამოხსნისას. მან შექმნა მოწყობილობა-პერსპეტრონი, რომლის მუშაობაც დაფუძნებულია მეთოდზე „სწავლება მასწავლებელთან ერთად“. ამ მეთოდის მთავარი მიღწევა იყო ე.წ. პერსპეტრონის კრებადობის თეორია, რომლის პირველი დამტკიცება როზენბლატმა მიიღო 1960 წელს. შემდგომში პერსპეტრონის კრებადობის თეორია დამტკიცებული იქნა ნოვიკოვისა და აგრეთვე სხვა მეცნიერების მიერ.

1960 წელსვე აღწერილი იქნა უმცირესი კვადრატის ალგორითმი LMS (Least Mean – Square algorithm), რომელიც გამოიყენება ადაპტიური წრფივი ელემენტების Adaline-ის ასაგებად. ერთ-ერთი პირველი სწავლებადი მრავალფენოვანი ნეირონული ქსელი, რომელიც შეიცავს მრავალრიცხოვანი ადაპტიურ ელემენტებს, იყო სტრუქტურა Madeline (multiply adaline). მისი ავტორია ვიდროუ.

1967 წ. ადაპტიური სახეთა კლასიფიკაციისათვის გამოყენებული იქნა სტატისტიკური გრადიენტული მეთოდი. 1965 წელს გამოვიდა ნილსონის წიგნი სწავლებადი მანქანები (Learning Madeline), რომელშიც კარგად არის გაშუქებული სახეთა ამოცნობის ამოცანის წრფივი გაყოფის მეთოდი ჰიპერსიბრტყის მიერ. 1960-იან წლებში ჩანდა, რომ ნეირონული ქსელების საშუალებით შესაძლებელი იყო პრაქტიკულად ყველა ამოცანის ამოხსნა. 1969 წელს გამოჩნდა პირველი კრიტიკა როზენბლანტის პერსპეტრონის შესახებ, სადაც ამტკიცებდნენ, რომ როზენბლანტის პერსპეტრონი ვერ შეძლებს გამოთვლებს განზოგადების ამოცანა „ან“ მის უარყოფაშიც კი, რომ არაფერი ვთქვათ ფართო აბსტრაქციებზე.

როზენბლანტის პერსპეტრონის გამოთვლითი შეზღუდვები მათემატიკურად იქნა დასაბუთებული მისკისა და პეიპერტის მიერ წიგნში „პერსპეტრონები“. პერსპეტრონის ბრწყინვალე და უმაღლესი თანმიმდევრობითი მათემატიკური ანალიზის შედეგად მინსკიმ და პეიპერტმა დაამტკიცეს, რომ როზენბლანტის განსაზღვრის პერსპეტრონები შინაგანად უძლურია გლობალურ განზოგადობაზე ლოკალური სწავლების ბაზით.

თავისი წიგნის უკანასკნელ თავში მინსკიმ და პეიპერტმა წინასწარ გამოთქვეს აზრი, რომ როზენბლანტის პერსპეტრონის ხარვეზები ძალაში რჩება მისი ვარიაციებისათვის, კერძოდ მრავალფენოვანი ნეირონული ქსელებისათვის. თუმცა ჩათვალეს, რომ

„შეზღუდვების მიუხედავად, პერსპეტრონი ღირსია შესწავლისა“. მათი დასკვნა სერიოზულ ეჭვებს აღძრავდა არა მარტო პერსპეტრონის, არამედ მთლიანად ნეირონული ქსელების გამოთვლით შესაძლებლობების მიმართ. ეს დაეჭვება ნეირონული ქსელების შესაძლებლობებზე დაიწყო 80-იანი წლების მეორე ნახევრიდან. თუმცა ისტორიამ დაგვანახა, რომ დასკვნა, რომელიც გამოითქვა მინსკისა და პეპერტის მიერ, იყო დაუმტკიცებელი.

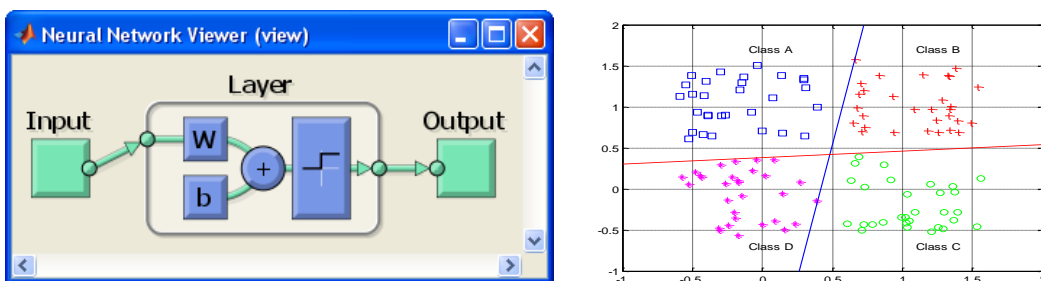
დღესდღეობით ჩვენ გვაქვს ნეირონული ქსელების რიგი სრულყოფილი ფორმები, რომლებიც გამოთვლითი აზრით უფრო ძლიერია როზენბლატის პერსპეტრონთან შედარებით. მაგალითად, მრავალენოვანი პერსპეტრონები, რომლებშიც სწავლება ხდება ცდომილების უკუგავრცელების ალგორითმით, ქსელები რადიალური ბაზისური ფუნქციების საფუძველზე, საყრდენი ვექტორების მანქანები, რომლებიც გადალახავს ერთფეროვანი პერსპეტრონის გამოთვლით შეზღუდვებს სხვადასხვა ხერხებით.

ნეირონული ქსელების მოდელირებისათვის დამუშავდა მრავალი პროგრამული უზრუნველყოფა. მათ შორის საინტერესოა “The MathWorks” ფირმის სისტემა Matlab-ის გაფართოების Neural Network Toolbox-ი, რომელიც ამავე სისტემის სხვა საშუალებებთან ერთად იძლევა თანამედროვე მათემატიკური მეთოდების კომპლექსურ და ეფექტურ გამოყენების საშუალებას სხვადასხვა სახის გამოყენებით და სამეცნიერო ხასიათის ამოცანების გადასაწყვეტად.

პაკეტის გამოყენებით განხილულია ნეირონული ქსელის შექმნა, ქსელის შესავალი ინფორმაციის მომზადება და გამოსავალი შედეგების ანალიზი, მრავალშრიანი პერსპეტრონების მოდელირება, კლასიფიკაციის ამოცანების გადაწყვეტა და სხვ.

კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტის ნეირონული-ქსელური მოდელირება შეიცავს ოთხ ეტაპს: ქსელის დასწავლის პროცესისათვის მონაცემების მომზადება, ქსელის შექმნა, ქსელის დასწავლა, ქსელის ტესტირება და ქსელის მოდელირება მოცემული ამოცანის გადასაწყვეტად.

სისტემის გრაფიკული ინტერფეისი გვამძლევს ნეირონული ქსელების მოდელირების და გამოყენების შედეგების ვიზუალიზაციის საშუალებას. მაგალითად, სახეთა ამოცნობის ერთ-ერთი ამოცანის შედეგის ამსახველი ვიზუალური მასალა მოცემულია ნახ.1-ზე. მოცემულია 4 კლასის - A, B, C, D კლასის კლასიფიკაციის ვიზუალური შედეგი, რეალიზებული Matlab სისტემაში.



ნახ.1

3. დასკვნა

ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენების ფართო არეალის გამო, აქტუალურია მათი მოდელირება კომპიუტერული პროგრამების საშუალებით. სტატიაში მოკლედ არის წარმოდგენილი ნეირონული ქსელების განვითარების მიმოხილვა, ნაჩვენებია კომპიუტერულ სისტემა Matlab-ში მათი მოდელირების შედეგი სახეთა ამოცნობის ერთ-ერთი ამოცანის მაგალითზე.

ლიტერატურა-References – Литература:

1. Хайкин С. (2008). Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. –М., Вильямс.
2. Чубукова И.А. (2010). Data Mining. Уч. пособие, -М.
3. Ахметов Б.С., Горбаченко В.И. (2015). Нейронные сети. Лабораторный практикум. Алматы.

STAGES OF NEURAL NETWORKS DEVELOPMENT

Mchedlishvili Nino, Mgeladze Anton

Georgian Technical University

Summary

Neural networks are used in many fields in order to solve lots of problems, including automation of production, communication, information transition and processing, pattern recognition, robotics, avionics, medicine, economy and etc. It is caused that the neural networks are strong and flexible remedy for data processing and analysis. Software system Matlab and its extension Neural Network Toolbox is important for neural networks modeling, through strong means of calculations and visualization.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Мчедлишвили Н., Мгеладзе А.

Грузинский технический университет

Резюме

Нейронные сети применяются во многих отраслях, для решения различных задач. В том числе: автоматизация производства, связь, передача и обработка информации, распознавание образов, робототехника, авионика, медицина, экономика и др. Это вызвано тем, что нейронные сети представляют собой мощный и гибкий инструмент для обработки и анализа данных. Большое внимание уделяется программному обеспечению для моделирования нейронных сетей – системе Matlab и его программное расширение Neural Network Toolbox, с мощными средствами вычислений и визуализации.