

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი



ლაშა-გიორგი ჭელიძე

სამაგისტრო ნაშრომი თემაზე - ნეირონული ქსელების
მოდელები ინსულტის დროს დაზიანებული ტვინის
უჯრედების პროგნოზირებისათვის

ინფორმაციული ტექნოლოგიები

ნაშრომი შესრულებულია ინფორმაციული ტექნოლოგიების მაგისტრის
აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი: ასოცირებული პროფესორი ლელა მირცხულავა
დოქტორი ჯილიან პირსი

თბილისი, 2015

ანოტაცია

მოცემულ ნაშრომში განხილული თემა ეხება ადამიანის ჯანმრთელობასა და მასზე ზრუნვას თანამედროვე ტექნოლოგიების დახმარებით.

ადამიანის ცხოვრებაში ყოველთვის უმნიშვნელოვანესი ადგილი ქონდა მის ჯანმრთელობას. ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული არაერთი პრობლემის გადაჭრაში და მის აღმოფხვრაში უზომოდ დიდი როლი სწორედ თანამედროვე ტექნოლოგიურმა მეცნიერებამ იქონია. მეცნიერულ-ტექნოლოგიურმა პროგრესმა საშუალება მისცა ადამიანებს მედიცინაში გამოეყენებინათ თანამედროვე ტექნოლოგიური მიღწევები, რითაც არაერთ გასაოცარი შედეგი იქნა მიღწეული. თუმცადა ასევე უნდა აღინიშნოს რომ მედიცინაშიც არის ბევრი ასპექტი დარჩენილი რისი ტექნოლოგიური გზით მმოგვაერბაც ჯერ კიდევ ვერ მოხერხდა.

დღეისათვის სხვადასხვა მეცნიერული დარგის განვითარების დონემ წარმოუდგენელ საფეხურს მიაღწია, არაერთ სფეროში არსებოს ისეთი მიღწევები რასაც თუნდაც 20 წლის წინად ვერც კი წარმოვიდგენდით. განსაკუთრებით უნდა არინიშნოს თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარება, რომელიც არანორმალური ტემპებით მიმდინარეობს.

არსებული ტექნოლოგიური განვითარების დონის მიუხედავად კვლავ ძალან რთულია არაერთი მოვლენის ამოხსნა და მასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაჭრის გზების მოძიება.

ადამიანის თავის ტვინი არის მთელი სხეულის მაკონტროლებელი ცენტრი, ის აკონტროლებს ფიქრებს, მეხსიერებას, საუბარს, მოძრაობას. ის ყველა ორგანოს ფუნქციონირებას აკონტროლებს. როდესაც ტვინი ჯანმრთელია ყველაფერი მუშაობს ავტომატიზებულ რეჟიმში. როდესაც ტვინში ირღვევა და არასწორედ ხდება რაიმე შედეგები ხშირად კატასტროფულია. მთავარი პრობლემა და დარტყმა ტვინის ჯანმრთელი ფუნქციონირებისათვის არის ინსულტი, რომლის დროსაც ტვინის უჯრედები დიდი რაოდენობით კვდებიან. ინსულტი არის სიკვდილიანობის ძალიან ხშირი გამომწვევი.

თავის ტვინის სისხლის მიმოქცევის დარღვევა წარმოადგენს თანამედროვე მედიცინის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს პრობლემას. მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მონაცემებით, ცერებრალური დისცირკულაციით გამოწვეულ ლეტალობას მესამე ადგილი უკავია გულის იშემიური დაავადებისა და ავთვისებიანი სიმსივნეების შემდეგ. მძიმე გამოსავლისა და მყარი ინვალიდობის გამო განვითარებად ქვეყნებშიც კი ინსულტი ინვალიდობის მხრივ პირველ ადგილზეა და არა მარტო სამედიცინო, არამედ უდიდეს სოციალურ პრობლემას წარმოადგენს.

ნაშრომში მოცემულია ჩვენი ხედვა თუ როგორ შეიძლება დაძლეულ იქნას აღნიშნული პრობლემის დიაგნოსტიკა და მისი პრევენციისათვის საჭირო რამოდენიმე გზის მოძიება, ჩვენი აზრით შესაძლებელია სხვადასხვა მოწინავე კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებით მივიღეთ მოცემული საკითხის საბოლოო გადაწყვეტამდე. საწიროა დაიხვეწოს და განვითარდეს ჩვენს მიერ შემუშავებული გზები ინსულტისა და მის მიერ გამოწვეული დაზიანებების აღმოფხვრისათვის.

ნეირონული ქსელები სამადიცილო საკითხებსში მრავალი კუთხით გამოიყენება. ნეირონული ქსელები ძალიან სასარგებლოა სამედიცინო დიაგნოსტიკისა, დაავადებათა დადგენისა და დახმარების აღმოჩენისათვის.

სამედიცინო მეცნიერებათა მთავარი ამოცანაა დაავადებათა თავიდან აცილება და მათი დიაგნოსტიკა. ჩვენ ფოკუსირებას მოვახდენთ მეორე საკითხზე.

ცხადია დაავადებათა დიაგნოსტიკას შეუძლია მომავალში მისი თავიდან აცილებაში დიდი წვლილი შეიტანოს, სწორედ ამ კუთხით ყველაზე მეტად ეფექტური თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებაა. ნეირონული ქსელებისა და სხვადასხვა კომპიუტერული აპლიკაციების გამოყენებით შესაძლებელია მივაღწიოთ საწადელს და შეიქმნას სისტემა რომელიც მარტივად შეძლებს იქონიოს ჩვენთვის სასურველი შედეგი მაღალი სიზუსტეს მაჩვენებლით. ჩვენ სწორედ ნეირონული ქსელების კვლევას ვახორციელებთ რათა შემდგომ მისი

გამოყენებით და სმარტფონების დახმარებით შევქმანთ ერთიანი სისტემა რომელიც სხვადასხვა მნიშვნელობებზე და ახალ დიაგნოსტიკების ხელსაწყოს მეშვეობით შეძლებს დაეხმაროს სამედიცინო სფეროში მოღვაწე სპეციალისტებს.

შინაარსი

ანოტაცია.....	1
შინაარსი.....	3
შესავალი.....	3
თავის ტვინის უჯრედების დაზიანება.....	6
ხელოვნური ნეირონული ქსელი.....	12
მათემატიკური ფონი.....	16
ხელოვნური ნეირონული ქსელის მიმოხილვა სამედიცინო დიაგნოსტიკაში.....	18
აპლიკაცია და სენსორები; მონაცემების დამუშავება.....	24
დეიქსტრას ალგორითმი.....	29
გამოყენებული ლიტერატურა და რესურსები.....	36

შესავალი

ინსულტისას ლეტალური გამოსავალი (სიკვდილიანობა) საკმაოდ მაღალია. კერძოდ, დაავადების განვითარებიდან პირველი 30 დღის განმავლობაში სიკვდილიანობის საერთო მაჩვენებელი 35%-ს შეადგენს. გარდაცვალების რისკი სტაციონარში მკურნალობისას 24%-ია, სახლის პირობებში – 43%, დიდი ინსულტისას პირველი წლის განმავლობაში – 50%.

დღესდღეობით ინსულტი მოსახლეობის ინვალდიზაციის ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს წარმოადგენს. კერძოდ, ინსულტგადატანილი პაციენტების 70-80% ინვალიდია, ხოლო მათგან 20-30% საჭიროებს მუდმივ მოვლა-პატრონობას. ინსულტის შემდგომ ავადმყოფს შეიძლება დარჩეს მეტყველების (აფაზია), წერის

(აგრავია), მოძრაობის (ჰემიპარეზი), მხედველობის დეფექტები, ან დაკარგოს ცხოვრების მანძილზე შეძენილი უნარები (აპრაქსია), რაც ავადმყოფის ცხოვრების ხარისხს უკიდურესად აქვეითებს.

ინსულტის ადრეული გამოვლინებებიდან აღსანიშნავია: ტვინის შეშუპება, ქვედა კიდურების ღრმა ვენების თრომბოზი, რაც სიკვდილიანობის ძირითადი მიზეზებია. შემდგომი პერიოდის გართულებებიდან აღსანიშნავია ფილტვებისა და საშარდე გზების ინფექციური დაავადება, რაც პაციენტის უმოძრაობის ფონზე ვითარდება. ამიტომაც საჭიროა პაციენტის ადრეული გააქტიურება: დღეში რამდენიმეჯერ წამოჯენა, გულმკერდის ვიბრაციული მასაჟი, სუნთქვითი ვარჯიშები (5-7 რეზინის ბუმბიტის გაბერვა დღეში).

ინსულტის აქტუალურობა დიდია როგორც განვითარებად, აგრეთვე განვითარებულ ქვეყნებში. ევროპაში ყოველწლიურად ინსულტით დაავადებულთა რიცხვი 1 000 000-ს უტოლდება, ა.შ.შ დიაგნოსტირდება-750,000 ინსულტის ახალი შემთხვევა და მათი 1/3 ლეტალური გამოსავლით მთავრდება. რუსეთში ინსულტი, როგორც სიკვდილის მიზეზი მიოკარდიუმის ინფარქტის შემდგომ დგას, წლიურად 450000 ადამიანი ავადდება, ლეტალობა 4ჯერ მეტია, ვიდრე აშშ და კანადაში.

NSCET მონაცემებით ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ამ პრობლემის აქტუალურობამ მოიმატა და მსოფლიოში ინსულტით გარდაცვლილთა საერთო რიცხვი აღწევს 4,4 მილიონს წელიწადში.

გეოგრაფიული გავრცელების თვალსაზრისით, დასავლეთ ევროპასთან შედარებით, აზიის ქვეყნებში ავადობა უფრო მაღალია. იაპონიაში აღინიშნება ამ პათოლოგიით გამოწვეული ლეტალობის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი რომელიც 24,4% შეადგენს.

ინსულტის როგორც სოციალური პრობლემის აქტუალობა უაღრესად მაღალია. ამ დაავადებით პაციენტთა 75% კარგავს შრომის უნარს, მათ შორის ნახევარზე მეტი 53-58% ინსულტის შემდგომი მყარი ნარჩენი მოვლენებით რჩება, ხოლო 15-20%

მუდმივი მეთვალყურეობა და მოვლა პატრონობა ესაჭიროება. ინსულტის გადატანის შემდეგ მხოლოდ 22-18%-ი უბრუნდება შრომით საქმიანობას.

2010 წლის მონაცემებით ამ პათოლოგიის 52,3% იმ პირებზე მოდის რომლებიც გონებრივ საქმიანობას ეწევიან.

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციების მონაცემებით იშემიური ინსულტის ხვედრითი წილი 65-73% შეადგენს, ინსულტის საერთო შემთხვევათა შორის ნეიროვიზუალიზაციის ტექნიკურმა პროგრესმა ცხადყო, რომ თავის ტვინის სისხლის მიმოქცევის იშემიური დარღვევების დაახლოებით 2/3 განპირობებულია მაგისტრალური ექტრაკრანიალური არტერიების პათოლოგიით, უპირატესად საძილე არტერიების ათეროსკლეროზული დაზიანებით.

ყოველ წელს 15 მილიონი ადამიანს ემართება ინსულტი. თითქმის 5 მილიონი იღუპება და 6 მილიონი რჩება ინვალიდი. ინსულტი მეორე მიზეზია ინვალიდობის დემენციის შემდეგ.(ჰკუასუსტობა). ინვალიდობა შეიძლება ნიშნავდეს დაბრმავებას ან დამუნჯებას, პარალიზს ან დაბნეულობას. გლობალური მაშტაბით ინსულტი წარმოადგენს მეორე წამყვანი მიზეზია სიკვდილიანობის 60 წელს ზევით ასაკის ადამიანებში ,ხოლო მეხუტე ადგილზეა სიკვდილიანობით 15 დან 59 წლამდე ასაკის ადამიანებში. ინსულტი ნაკლებად გავრცელებული 40 წლამდე ასაკში, მაგრამ ამდროსაც შესაძლებელია მოხდეს. ინსულტი მესამე წამყვანი მიზეზია სიკვდილის ამერიკაში . 2000 წელს ინსულტმა შეადგინა 7% სიკვდილიანობის - 15 409 კანადელი. ამავე წელს ამერიკაში ინსულტით დაიღუპა 140 000 ადამიანი. ახალგაზრდებში ყველაზე გავრცელებული ინსულტის გამომწვევი მიზეზებია მაღალი არტერიული წნევა ან ნამგლისებური უჯრედის დაავადება. ჩინეთში 1,3 მილიონ ადამიანს ემართება ინსულტი ყოველ წელს და 75% ინვალიდდება. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით 15 მილიონი ადამიანს ემართება ინსულტი მსოფლიოში ყოველ წელიწადს. აქედან 5 ,ილიონი იღუპება და 5 მილიონი ინვალიდდება. ევროპაში საშუალოდ დაახლოებით 650,000 სიკვდილიანობაა ინსულტით ყოველ წელს.

თავის ტვინის უჯრედების დაზიანება

თავის ტვინის უჯრედების დაზიანების მხრივ შემდეგ მამაკაცები შედარებით რისკის ქვეშ არიან ვიდრე ქალები. დაზიანება შეიძლება საკმაოდ ბევრმა რამიმემ გამოიწვიოს, ტრამვებმა, ავადმყოფობამ და ა.შ:

- ავტოსაგზაო შემთხვევებმა
- სპორტულმა ტრამვამ
- ფიზიკურმა ძალადობამ
- ორგანიზმის მოწამვლამ
- ნერვულმა დაავადებებმა
- ინსულტმა
- გულის შეტევამ და სხვა გულისძარღვთა დაავადებებმა

რათქმუნდა ჩვენ ყურადღებას გავამახვილებთ სისხლძარღვების დაავადებასა და ინსულტის შემთხვევებზე.

ტვინის უჯრედების დაზიანების სიმპტომები

- კოგნიტური უნარების დაქვეითება
- აღქმითი უნარების დაქვეითება
- ფიზიკური უნარების დაქვეითება
- ქცევითი / ემოციური უნარების დაქვეითება

კოგნიტური - შემეცნებითი უნარების დაზიანების სიმპტომები მოიცავს:

- ინფორმაციის დამუშავების სირთულე
- აზრების გამოხატვის სირთულე
- დაქვეითებული ყურადღება
- აღქმის უუნარობა
- მეხსიერების დაკარგვა

აღქმის უნარის დაქვეითების სიმპტომები მოიცავს:

- ხედვის, სმენის და შეგრძნების ცვლილება
- სივრცითი დეზორიენტაცია
- დროის შეგრძნების უქონლობა
- ტკივილის მიმართ გაძლიერებული მგრძობელობა

ფიზიკური უნარების დაქვეითების სიმპტომები მოიცავს:

- მუდმივი თავის ტკივილი
- ძლიერი გონებრივი დაღლილობა
- ძლიერი ფიზიკური დაღლილობა
- დამბლა
- კრუნჩხვები
- მგრძობელობა სინათლის მიმართ
- ძილის რეჟიმის დარღვევები
- მეტყველების ფუნქციის დარღვევა
- გონების დაკარგვა

ქცევითი / ემოციური უნარების დაქვეითების სიმპტომები მოიცავს:

- გაღიზიანება და მოუთმენლობა
- მუდმივად ქცევების შენელება
- დაქვეითებული ან მომატებული ემოციები ან რეაქციები
- დაინვალიდება
- გაზრდილი აგრესიულობა

ტვინის უჯრედების დაზიანება და მისი მკურნალობა

ტვინის უჯრედის დაზიანების შემთხვევაში აუცილებელი და სასწრაფოდ უნდა მოხდეს სამედიცინო ჩარევა. ნებისმიერი დონის დასახის დაზიანება ძალიან

საშიშია. მთავარი კი დაზიანების სიმძიმის და ადგილია. უმთავრესი კი სწორია დიაგნოსტიკაა რათა მოხდეს ზიანის მინიმუმადე დაყვანა.

ღრესდღეობით თავის ტვინის დაზიანების დიაგნოსტიკებისა და მკურნალობის მთავარი მეთოდი ნეიროლოგიკური და ნეირო მაგნეტური გამოკვლევაა. საჭიროა ასევე სისხლის წნევისა და მისი მოძრაობის კონტროლი.

რათქმაუნდა ჩვენი მიზანია მოხდეს ამ პროცედურის გამარტივება თანამედროვე თექნოლოგიური მიღწევების საფუძველზე, ამ შემთხვევაში კი ნეირონული ქსელის მეშვეობით.

განვიხილოთ კონკრეტული სტატისტიკური მაჩვენებლები ინსულტის შემდეგ თავის ტვინის დაზიანების შედეგად არსებული მგდომარეობების შესახებ

ქვემოთ მოყვანილია მცირე სტატისტიკური ანალიზი ინსულტის შემთხვევებთან დაკავშირებით

ინსულტის შემთხვევები აშშ-ში

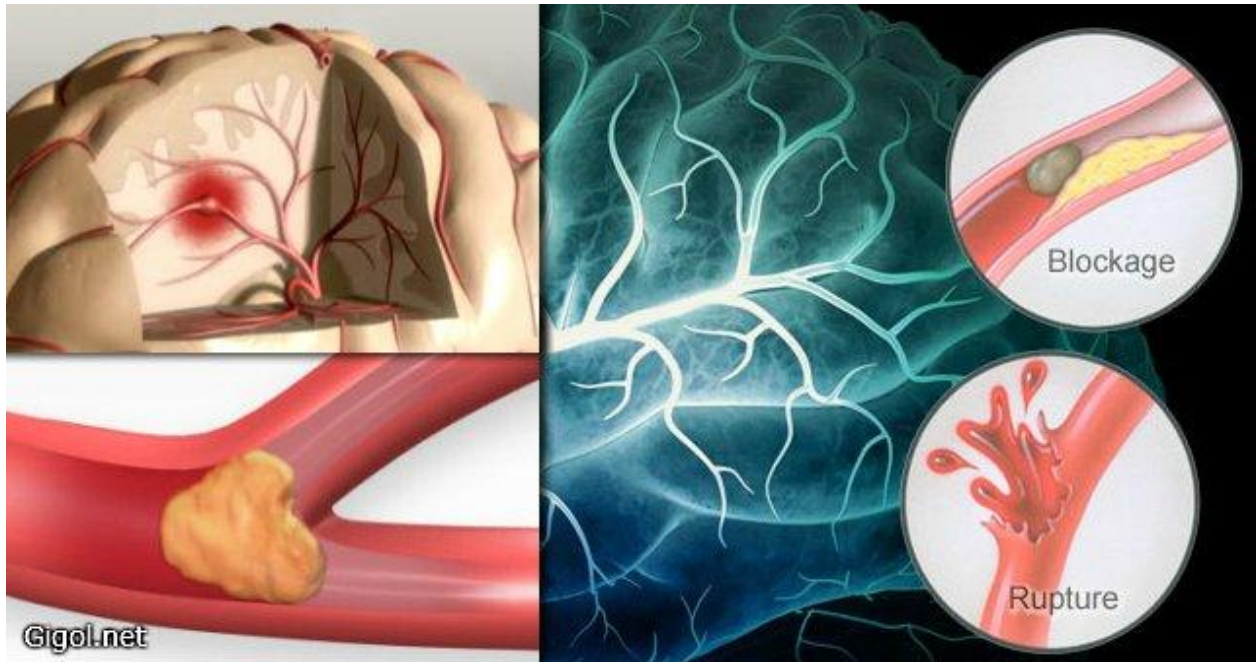
- ინსულტის შედეგად იღუპება 130,000 ადამიანი ყოველწლიურად
- ყოელი 20-ე სიკდილის შემთხვევა ინსულტით არის გამოწვეული
- ყოველწლიურად საშუალოდ 750,000 ადამიანს უფიქსირდება ინსულტი
- 610,000 აქედან მათთვის პირველი შემთხვევაა
- 150,000 კი პირველიდან მეოთხე შემთხვევამდეა
- ინსულტის შემთხვევების 87% არის იშემიური ინსულტი (თავის ტვინში მომხდა ინსულტი)
- აშშ-ს ყოველწლიურად საშუალოდ 36,5 \$ მილიარდი უჯდება ინსულტის შედეგად გამოწვეული ხარჯები ჯანდაცვის სფეროში
- ინსულტი არის პირველი გამომწვევი ხანგრძლივი შრომისუუნარობის

ინსულტის რისკი რასისა და ეროვნების მიხედვით

ინსულტი არის ეიგით მეოთხე სიკვდილიანობის მიზეზთა შორის ამერიკაში, მაგრამ ინსულტის რისკი ცვალებადია რასისა და ეროვნების მიხედვით. ინსულტის რისკი დაახლოებით ორჯერ დიდია სავკანიანებში ვიდრე თეთრკანიანებში, და საევე სიკვდილიანობის სიცხვიც შესაბამისად. ლათინოამერიკელებში კი ინსულტის რისკი დაახლოებით გაშუალედეებულია თეთრკანიანებსა და შავკანიანებთან მიმართებაში. ამერიკელი ინდიელები ალასკელები და შავკანიანები ყველაზე დიდ რისკის ჯგუფს მიეკუთვნებიან ინსულტის მხრივ. რათქმაუნდა ინსულტის რისკი მატულობს ასაკთანერთად ყველა ჯგუფისათვის.

თავის ტვინის უჯრედების დაზიანებისა და ინსულტის გამომწვევი მიზეზები

- უკვე არსებული ინსულტის შემთხვევა იწვევს მისი განმეორების დიდი მაჩვენებელს და ასევე ტვინის უჯრედების დაზიანის რაოდენობის მკვეთრ ზრდის რისკს
- მაღალი სისხლის წნევა - ეს არის ერთერთი მთავარი რისკ ფაქტორი, იშემიური ინსულტის ერთერთი გამომწვევი
- ქოლესტერინის მაღალი მაჩვენებელი - არასწორი კვების სედეგად გამოწვეული, ხშირად საჭიროზე მეტი ცოლესტერინის მიიღება, იმაზე მეტი ვიდრე სხეულს შეუძლია გამოიყენოს , ზედმეტი რაოდენობა კი იწვევს არტერიებში თრომბის წარმოქმნას , განსაკუთრებით კი ტვინის მიდამოებში, რაც ტვინის უჯრედების დაზიანებას და ინსულტის დადგომას იწვევს



- ასევე გულის დაავადებები არის საკმაოდ საშიში ინსულტის დადგომისათვის. რადგან სისხლის არასრულყოფილი მოძრაობა ქმნის არაერთ პრობლემას თავის ტვინსა და სისხლძარღვებში, თრომბებისა თუ სხვა სახით.
- შაქრიანი დიაბეტი ასევე რისკის ქვეშ აყენებს ადამიანებს რადგან შაქრარს ითვისებს სისხლი ზედმეტი რაოდენობით და აზიანებს სემდეგ ტვინის უჯრედებს
- არაჯანსაღი დიეტა არღვევს ორგანიზმში ქოლესტერინის სხიმები ცილებისა და სხვა ნივთიერებების ბალანსს რაც იქვევს გულსსიძარღვთა ფუნქციონირებ დარღვევას შედეგად რათქმაუნდა ინსულტის რისკი მატულობს
- ფიზიკური არააქტიურობა ასევე ძალიან მსგავსია არაჯანსაღი დიეტის დამახასიათებელი თვისებებით
- ალკოჰოლის ზედმეტი დოზა და თამბაქოს გამოყენება.. ალკოჰოლის დიდი დოზის მიღება ცუდად მოქმედებს წნევასა და არტერიებზე.. დღიური

მაქსიმალური ნორმა ქალებისათვის არის 1 სასმისი და 2 მამაკაცებისათვის.

რაც სეხება თამბაქოს, იგი აზიანებს გილს სისხლძარღვებს და სისხლში მონოქსიდების რაოდენობას ზრდის მკვეთრად რაც ინსულტის რისკფაქტორია

ქვემოთ მოყვანაილია ცხრილი აშშ-ის სტატისტიკური მოდელი ყოველ 100 000 ადამიანზე სიკვდილიანობის მაჩვენებლით

Year	All races ¹			White ²			Black ²			American Indian or Alaska Native ^{2,3}			Asian or Pacific Islander ^{2,4}		
	Both sexes	Male	Female	Both sexes	Male	Female	Both sexes	Male	Female	Both sexes	Male	Female	Both sexes	Male	Female
	Age-adjusted death rate ⁵														
2013	731.9	863.6	623.5	731.0	859.2	623.6	860.8	1,052.8	720.6	591.7	689.2	508.3	405.4	467.8	343.0
2012	732.8	865.1	624.7	730.9	860.0	623.8	864.8	1,058.6	723.9	595.3	690.5	512.3	407.1	484.1	348.8
2011	741.3	875.3	632.4	738.8	870.2	630.3	877.1	1,067.1	739.8	600.9	691.7	522.5	410.3	490.7	349.8
2010	747.0	887.1	634.9	741.8	878.5	630.8	898.2	1,104.0	752.5	628.3	730.2	541.7	424.3	512.1	359.0
2009	749.6	890.9	636.8	742.8	880.5	631.3	912.8	1,123.1	763.3	616.0	709.0	536.4	424.6	509.2	361.1
2008	774.9	918.8	659.9	767.2	907.1	653.7	947.7	1,168.0	792.0	644.0	757.2	548.7	435.1	518.5	372.4
2007	775.3	922.9	658.1	764.3	907.1	649.4	972.0	1,204.8	808.1	661.3	780.3	565.2	436.2	525.9	369.2
2006	791.8	943.5	672.2	779.3	925.8	662.3	997.9	1,239.5	828.4	676.6	780.8	589.0	450.7	544.9	381.2
2005	815.0	971.9	692.3	801.1	952.9	680.9	1,035.1	1,281.3	862.7	701.1	824.5	601.8	459.6	560.6	385.2
2004	813.7	973.3	690.5	798.5	953.2	677.7	1,043.8	1,296.8	869.8	691.8	811.4	594.9	460.7	557.4	389.1
2003	843.5	1,010.3	715.2	827.1	988.8	701.6	1,080.5	1,343.5	898.3	726.3	850.6	628.1	480.5	583.6	404.2
2002	855.9	1,030.6	723.6	839.0	1,009.0	709.3	1,097.3	1,364.8	913.5	713.0	841.3	611.1	486.5	595.3	405.5
2001	858.8	1,035.4	725.6	840.7	1,012.1	710.4	1,106.2	1,380.5	917.9	714.1	834.4	617.1	495.4	603.7	413.9
2000	869.0	1,053.8	731.4	849.8	1,029.4	715.3	1,121.4	1,403.5	927.6	709.3	841.5	604.5	506.4	624.2	416.8
1999	875.6	1,067.0	734.0	854.6	1,040.0	716.6	1,135.7	1,432.6	933.6	780.9	925.9	668.2	519.7	641.2	427.5
1998	870.6	1,069.4	724.7	849.3	1,042.0	707.3	1,127.8	1,430.5	921.6	770.4	943.9	640.5	522.4	646.9	426.7
1997	878.1	1,088.1	725.6	855.7	1,059.1	707.8	1,139.8	1,458.8	922.1	774.0	974.8	625.3	531.8	660.2	432.6
1996	894.1	1,115.7	733.0	869.0	1,082.9	713.6	1,178.4	1,524.2	940.3	763.6	924.8	641.7	543.2	676.1	439.6
1995	909.8	1,143.9	739.4	882.3	1,107.5	718.7	1,213.9	1,585.7	955.9	771.2	932.0	643.9	554.8	693.4	446.7
1994	913.5	1,155.5	738.6	885.6	1,118.7	717.5	1,216.9	1,592.8	954.6	764.8	953.3	618.8	562.7	702.5	452.1
1993	926.1	1,177.3	745.9	897.0	1,138.9	724.1	1,241.2	1,632.2	969.5	796.4	1,006.3	641.6	565.8	709.9	450.4
1992	905.6	1,158.3	725.5	877.7	1,122.4	704.1	1,206.7	1,587.8	942.5	759.0	970.4	599.4	558.5	697.3	445.8
1991	922.3	1,180.5	738.2	893.2	1,143.1	716.1	1,235.4	1,626.1	963.3	763.9	970.6	608.3	566.2	703.4	453.2
1990	938.7	1,202.8	750.9	909.8	1,165.9	728.8	1,250.3	1,644.5	975.1	716.3	916.2	561.8	582.0	716.4	469.3
1989	950.5	1,215.0	761.8	920.2	1,176.6	738.8	1,275.5	1,670.1	998.1	761.6	999.8	586.3	581.3	729.6	458.4
1988	975.7	1,250.7	781.0	947.6	1,215.9	759.1	1,284.3	1,677.6	1,006.8	718.6	917.4	563.6	584.2	732.0	451.0
1987	970.0	1,246.1	774.2	943.4	1,213.4	753.3	1,263.1	1,650.3	989.7	719.8	899.3	583.7	577.3	732.4	448.1
1986	978.6	1,261.7	778.7	952.8	1,230.5	758.1	1,266.7	1,650.1	994.4	720.8	926.7	549.3	576.4	730.5	445.4
1985	988.1	1,278.1	784.5	963.6	1,249.8	764.3	1,281.2	1,634.5	994.4	731.7	926.1	577.2	586.5	755.4	456.7
1984	982.5	1,271.4	779.8	959.7	1,245.9	760.7	1,236.7	1,600.8	976.9	761.7	946.0	567.9	574.4	724.7	443.1
1983	990.0	1,284.5	783.3	967.3	1,259.4	763.9	1,240.5	1,600.7	980.7	757.3	945.0	605.5	565.1	718.8	428.8
1982	985.0	1,279.9	776.6	963.6	1,255.9	758.7	1,221.3	1,580.4	960.1	757.0	940.1	604.4	550.4	738.2	410.3
1981	1,007.1	1,308.2	792.7	984.0	1,282.2	773.6	1,258.4	1,626.6	986.6	784.6	1,030.2	588.0	544.7	710.3	405.3
1980	1,039.1	1,348.1	817.9	1,012.7	1,317.6	796.1	1,314.8	1,697.8	1,033.3	867.0	1,111.5	662.4	589.9	786.5	425.9
1970	1,222.6	1,542.1	971.4	1,193.3	1,513.7	944.0	1,518.1	1,873.9	1,228.7	---	---	---	---	---	---
1960	1,339.2	1,609.0	1,105.3	1,311.3	1,586.0	1,074.4	1,577.5	1,811.1	1,369.7	---	---	---	---	---	---
1950	1,446.0	1,674.2	1,236.0	1,410.8	1,642.5	1,198.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1940	1,785.0	1,976.0	1,599.4	1,735.3	1,925.2	1,550.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ინსულტი შეიძლება დაემართოს ყველას ნებისმიერ დროს. ეს ხდება მაშინ, რომცა სისხლის ნაკადი წყდება ტვინში. როდესაც ეს ხდება ტვინის უჯრედები განიცდიან ჟანგბადის უკმარისობას და კვდებიან. სწორედ ამიტომ სხვადასხვა გზებით ცდილობენ დღესდღეისობით შეიქმნას მოწინავე ტექნოლოგიების მეშვეობით სამედიცინო სფეროს სპეციალისტებისათვის დამხმარე და უმნიშვნელოვანესი სისტემა, რომელიც ადამიანებისათვის უმთავრესი, სისოცხლის გადარჩენის საქმეში დიდი წვლილს შეიტანს.

ჩვენ ვაწარმოებთ აღნიშნული ტიპის კვლევას სადაც კონკრეტულად იქნება განხილული ნეირონული ქსელის მოდელი და მისი მეშვეობითა და სენსორების დახმარებით შევიმუშავებთ სისტემას რომელიც ადამიანის შესახებ სხვადასხვა ინფორმაციის მიღების საფუძველზე ზუსტ დასკვნას და წინასწარ დიაგნოსტიკასაც შეძლებს.

ხელოვნური ნეირონული ქსელი

ხელოვნური ნეირონული ქსელი არის მათემატიკური წარმოდგენა ადამიანის ნეირონული არქიტექტურისა. ხელოვნური ნეირონული ქსელი ფართოდ გამოიყენება კვლევებში, რადგან მათ შუძლიათ ფართოდ მოდელლირება არაწრფივი სისტემების, რომელშიც ურთიერთკავშირი ცვლადებს შორის უცნობია ან ძალიან კომპლექსურია. ნეირონული ქსელი ჩამოყალიბებულია რიგი „სეირონებისაგან“ (ან „კვანძებისაგან“), რომლებიც ორგანიზებულია ფენებად. თითოეული ნეირონი ფენაში დაკავშირებულია ყოველ ნეირონთან შემდეგის ფენის წონითი დაკავშირების გზით. წონის ღირებულება w_{ij} მიუთითებს კავშირის სიძლიერეზე i^{th} ნეირონის პირველ ფენაში და j^{th} ნეირონის მეორე ფენაში.

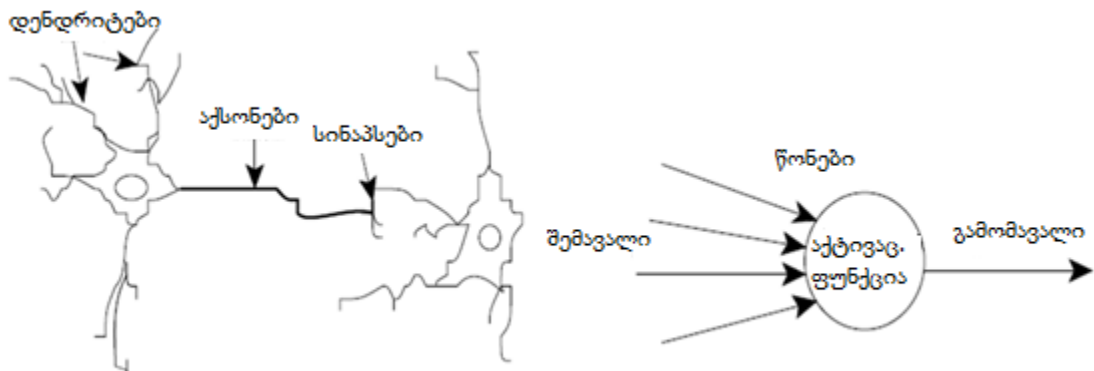
როგორც უკვე ავღნიშნეთ ჩვენი მიზანია ნეირონული ქსელის მოდელის საშუალებით მოხდეს ინსულტის დროული დიაგნოსტიკა და შესაბამისად თავის თინის უჯრედების დაზიანების მინიმუმადე დაყვანა, რათა მოხდეს ინსულტის არიდება ან სიცოცხლის შენარჩუნება რისკის ქვეშ მყოფი ადამიანებისათვის. რისთვისაც რამოდენიმე მათემატიკური დამუშავება იქნება პირველ ეტაპზე საჭირო რაც შემდგომ ხელს შეუწყობს მის რეალიზაციას თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით შესაბამისი დიაგნოსტიკების დანადგარიშ შექმნისათვის.

ნეირონული ქსელის მოდელი არის შექმნილი და შთაგონებული ბიოლოგიური ორგანიზმის ნერვული ქსელის მაგალითზე. იგი შექმნილა რათა დაიჭიროს კავშირი დამოუკიდებელ და დამოკიდებულ ცვლადებს შორის

მოცემული მონაცემების კომპლექტისათვის. იგი არის ადაპტური მოდელი და შეუძლია მოახდინოს რეაგირება სტრუქტურულ ცვლილებებზე.

ხელოვნური ნეირონული ქსელები არის დამყარებული ჩვენს წარმოდგენაზე ტვინის უჯრედების შესახებ, როგორც ნეირონებზე, რომლებიც დაკავშირებული არიან სინაპსებით. ნეირონები აგენერირებენ ელექტრულ ან ქიმიურ სიგნალებს რომლებიც გადაეცემა სინაპსის მეშვეობით ახლომდებარე სხვა ნეირონებს.

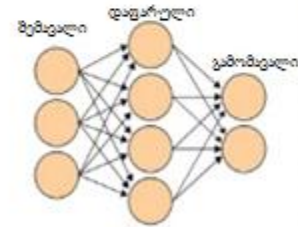
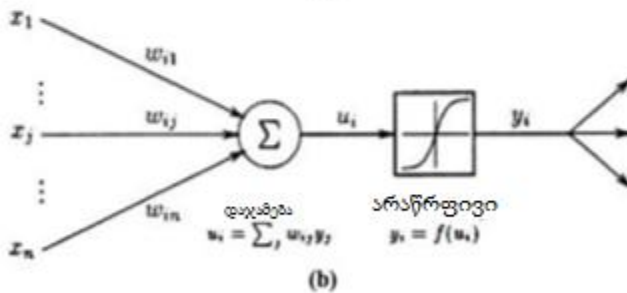
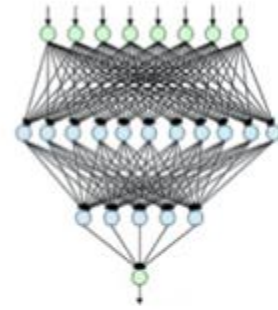
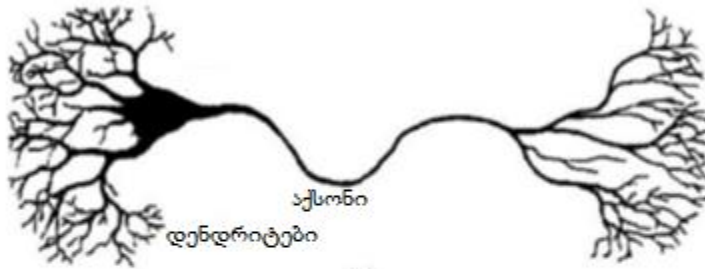
მსგავსად ბუნებრივი ქსელისა, ხელოვნურ ნეირონული ქსელის მოდელში ვიყენებთ ნეირონების ქსელს, რომლის კვანძებს წარმოადგენენ ნეირონები, ხოლო სინაპსეს როლს თამაშობს წახნაგები, რომლებიც აკავშირებს ამ ნეირონებს. ყოველ ნეირონს ამ მოდელში გააჩნია შემოსასვლელი და გასასვლელი. შემოსასვლელზე და გასასვლელზე ნეირონს შეიძლება დაუკავშიროთ ნებისმიერი რაოდენობა წახნაგებისა. თავის მხრივ წახნაგი ხასიათდება წონით. წახნაგის წონა შეესაბამება ბუნებრივ სინაპსეში დაჭიმულობას, რომელიც ცვლის სიგნალის გავრცელების მახასიათებლებს



როგორც ავლნისნეთ ხელოვნურ ნეირონული ქსელი შედგება რიგი

დაკავშირებული კვანძებისაგან რომლებსაც შეუძლიათ რეაგირება მოახდინონ შემავალ სიგნალზე გამოსავალი სიგნალით განსაზღვრული გზის მეშვეობით.

როგორ გამოიყურება ნეირონული ქსელები?



ხელოვნური ნეირონი პირველი იმიტაციას უკეთებს ბიოლოგიურ ნეირონს. ხელოვნური ნეირონის შესავალზე მოდის სიგნალების რაღაც სიმრავლე, რომელთაგან თითოეული სხვა ნეირონის გამომავალ სიგნალს წარმოადგენს. თითოეული შემავალი სიგნალი მრავლდება შესაბამის წონაზე, რომელიც სინაპტიკური ძალის ანალოგურია. შემდეგ ყველა ნამრავლი ჯამდება და სწორედ ეს ჯამი განსაზღვრავს ნეირონის აქტივაციის დონეს. ასეთი ნეირონები გაერთიანების შემთხვევაში ქმნიან ქსელებს, რომლებიც შეიძლება ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდნენ როგორც შრეების რაოდენობით, ასევე შრეებში ნეირონების და ნეირონებს შორის კავშირების რაოდენობით.

ნეირონული ქსელების საშუალებით ამოსახსნელი ამოცანები მრავალფეროვანია. ისინი

განსხვავდებიან როგორც შემავალი და გამომავალი ვექტორების სირთულით ასევე მათი რაოდენობითაც. შესაბამისად მათ შეიძლება დასჭირდეთ, სხვადასხვა სირთულის ქსელი, შრეების და მათში ნეირონების სხვადასხვა რაოდენობით.

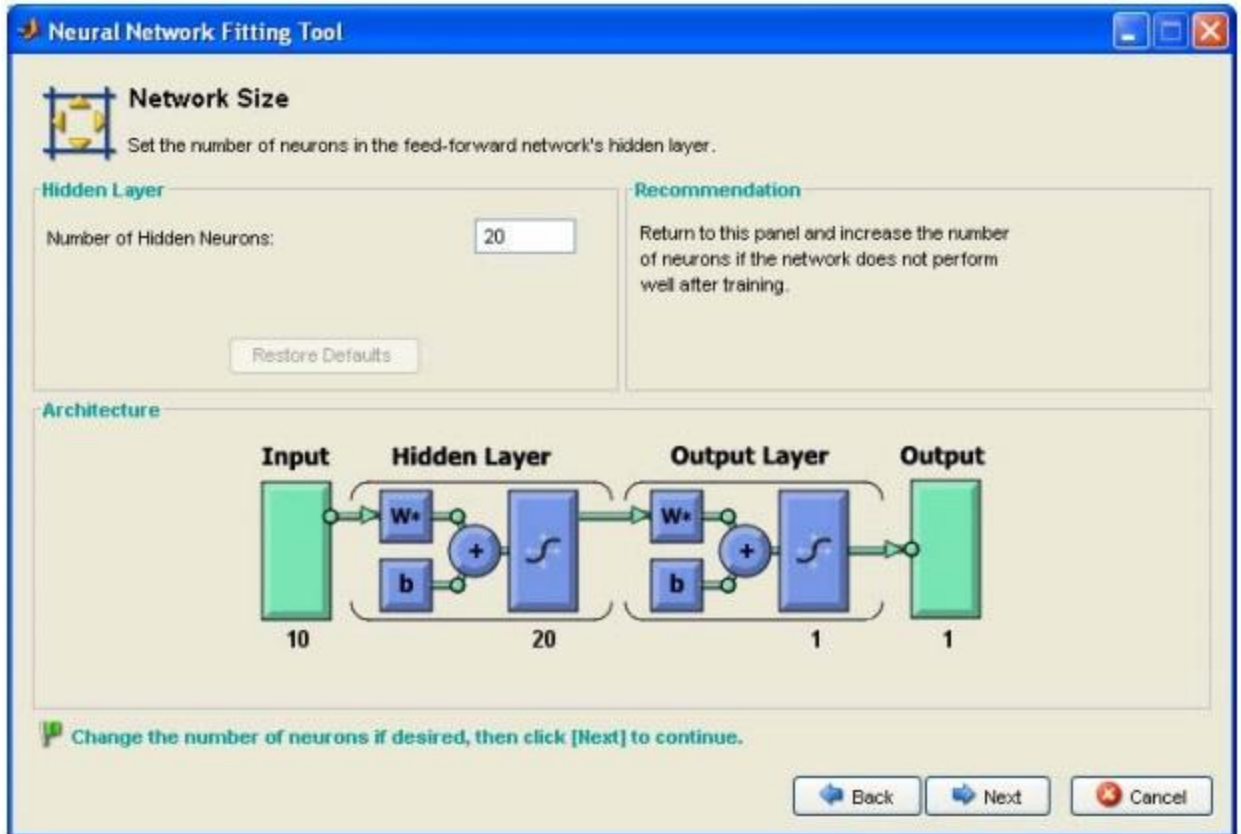
გადასაჭრელი პრობლემებისათვის აუცილებელია ხელოვნური ნეირონული ქსელისათვის ზუსტი სწავლების ალგორითმის მორგება რომელიც უზრუნველყოფს შემდგომ მის ზუსტ მოქმედებას. არსებობს სწავლები რამდენიმე ალგორითმი როგორებიცაა ქსელის უკუპროპაგაციული მოდელი, კოხონენის ბარათი, ჰოპფილდის ქსელი, და ჰემინგის ქსელი.

ნეირონული ქსელის სტრუქტურა ჩამოყალიბებულია „შემავალი“ ფენით, ერთი ან მეტი „დამალული“ ფენებითა და „გამომავალი“ ფენით. ნეირონების რაოდენობა ფენებში და ფენების რაოდენობა ძალზედ დამოკიდებულია შესასწავლი სისტემის სირთულეზე. აქედან გამომდინარე, ოპტიმალური ქსელის არქიტექტურა უნდა განისაზღვროს. ნახატი 1-ზე მოცემულია ზოგადი სქემა ტიპური სამ ფენიანი ხელოვნური ნეირონული ქსელის.



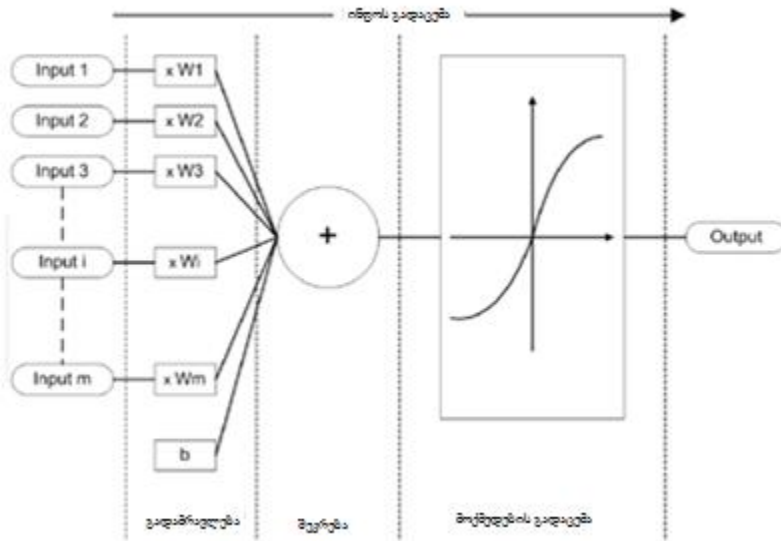
ნახ.1

MATLAB-ის ნეირონული ქსელის მოდელი (nftool)



მათემატიკური მოდელი

ხელოვნური ნეირონული ქსელი არის მათემატიკური მოდელი, რომელიც ცდილობს მიახლოებას სტრუქტურა და ფუნქციონალურობები ბიოლოგიურ ნეირონულ ქსელებს. ძირითადი ფუძე ხელოვნური ნეირონული ქსელისა არის ხელოვნური ნეირონი, რომელიც არის მარტივი მათემატიკური მოდელი (ფუნქცია). ასეთ მოდელს გააჩნია მარტივი წესების კომპლექტი: გამრავლება, შეჯამება და გააქტიურება. ხელოვნური ნეირონის შესასვლელში შემავლები იწონებიან, რაც ნიშნავს, რომ ყოველი შემავალი მნიშვნელობა მრავლდება ინდივიდუალურ წონაზე. ხელოვნური ნეირონის შუა სექციაში არის შეჯამების ფუნქცია, რომელიც აჯამებს ყველა შემავლის წონას და bias. ხელოვნური ნეირონის გამოსასვლელში ჯამი აწონილი შემავლებისა და bias გადის აქტივაციის ფუნქციას, რომელსაც ასევე ეძახიან გადაცენის ფუნქციას. (სურათი 2)



სურათი 2: ხელოვნური ნეირონის მუშაობის პრინციპი

ნეირონები შესასვლელ ფენაში იღებენ მონაცემებს და აგზავნიან მათ პირველ დამალულ ფენის ნეირონებთან წონითი კავშირების მეშვეობით. აქ, მონაცემები არის მათემატიკურად დამუშავებული და შედეგი გადაეცემა შემდეგი ფენის ნეირონებს.

დამალული ფენები

ფარული ერთეულები არის კვანძები, რომლებიც განლაგებულია შემავალ და გამომავალ კვანძებს შორის. ფარული ერთეულები საშუალებას აძლევს ქსელს არაწრფივი ფუნქციების შესწავლის. ფარული ერთეულები საშუალებას აძლევს ქსელს წარმოიდგინოს კომბინაცია შემავალი მახასიათებლების. იმის გათვალისწინებით, რომ შეიძლება იყოს მოცემული ბევრი ფარული ერთეულები ნეირონული ქსელი დაიმახსოვრებს შემავალი ნიმუშებს. თუ მოცემულია ძალიან ცოტა ფარული ერთეულები, ნეირონულმა ქსელმა შეიძლება ვერ შეძლოს წარმოდგენა ყველა საჭირო განზომილებების.

საბოლოოდ, ბოლო ფენის ნეირონები უზრუნველყოფენ ქსელის გამომავალს. j -th ნეირონი ფარულ ფენაში ამუშავებს შემომავალ მონაცემებს (x_i) საშუალებით:

1. შეწონილი წონის გამოთვლა და adding a “bias” term (θ_j) according to Equation (1):

$$net_j = \sum_{i=1}^m x_i \times w_{ij} + \theta_j \quad (j= 1,2,\dots,n) \quad (1)$$

სადაც y_{ij} და y_{ij}^* არის აქტიური და ქსელები j -th output corresponding to the i -th input vector, respectively.

2) გარდაქმნის net_j -ს მათემატიკური “გადატანის ფუნქციის“ მეშვეობით

3) შედეგების გადაცემა ნეირონებისათვის შემდეგ ფენაში. უმეტესად გამოიყენება გადაცემის ფუნქცია: $f(x) = 1/(1 + e^{-x})$ ¹

ხელოვნური ნეირონული ქსელის მიმოხილვა სამედიცინო დიაგნოსტიკაში

კონცეფცია პირველად იქნა ასახული 1988 წელს პიონერულ ნამუშევარში და მას შემდეგ ბევრი ნაშრომი იქნა გამოქვეყნებული. მაგალითად ხელოვნური ნეირონული ქსელი იქნა გამოყენებული კოლორექტარული კიბოს, გაფანტული სკლეროზის დაზიანების, მსხვილი ნაწლავის კიბოს, პანკრეასის დაავადების, გინეკოლოგიური დაავადებებისა და ადრეული დიაბეტის დიაგნოზირებისათვის. გარდა ამისა, ხელოვნური ნეირონული ქსელი ასევე გამოიყენება ანალიზისათვის. ადაპტური დაავადების დიაგნოზის სისტემა შემუშავებულია ხელოვნური ნეირონული ქსელის ვექტორის კვანტირების შესწავლის საფუძველზე. ეს ალგორითმი წარმოადგენს პირველ შემოთავაზებულ ადაპტურ ალგორითმს და შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა განსხვავებულ დაავადებებთან. კიბო, დიაბეტი და გულსისხლძარღვთა დაავადებები ყველაზე სერიოზული და მრავალფეროვანია დაავადებებს შორის.

¹ Mirtskhulava, L., Pearce, G., & Bakuria, K. (2015). *Artificial Neural Network and Mobile Applications in Medical diagnosis*. თბილისი.

ინსტრუმენტალური და კლინიკური ანალიზებიდან მიღებული მონაცემების რაოდენობა ამ დავალებების დროს ძალიან დიდია და ამიტომ ძალიან მნიშვნელოვანია დიგნოზის დადგენის გაადვილების ინსტრუმენტების შემუშავება.

Patient code	MEDICAL DATA	DIAGNOSIS
1	data _{1,1} ... data _{1,i} ... data _{1,m}	POSITIVE
2	data _{2,1} ... data _{2,i} ... data _{2,m}	POSITIVE
3	data _{3,1} ... data _{3,i} ... data _{3,m}	POSITIVE
...
k	data _{k,1} ... data _{k,i} ... data _{k,m}	NEGATIVE
k+1	data _{k+1,1} ... data _{k+1,i} ... data _{k+1,m}	NEGATIVE
...
n	data _{n,1} ... data _{n,i} ... data _{n,m}	NEGATIVE

სურ:3 სასწავლო ბაზის სტრუქტურა

ნეირონული ქსელები სამადიცინო საკითხებში მრავალი კუთხით გამოიყენება. ნეირონული ქსელები ძალიან სასარგებლოა სამედიცინო დიაგნოსტიკისა, დაავადებათა დადგენისა და დახმარების აღმოჩენისათვის.

სამედიცინო მეცნიერებათა მთავარი ამოცანაა დაავადებათა თავიდან აცილება და მათი დიაგნოსტიკა. ჩვენ ფოკუსირებას მოვახდენთ მეორე საკითხზე. 2001 წელს ბრაუზმა აღნიშნა რომ თითქმის ყველა ფიზიკოს მედიკოსი დაპირისპირებაში არიან დიაგნოსტიკის შესწავლის საკითხზე. მათ პრობლემის გადაწყვეტის ერთერთ გზად აირჩიეს არსებულ დასკვენზე დაყრდნობით და გარკვეულ დაავადების მკურნალობა მეტნაკლებად განსაზღვრული ცოდნითა და გამოკვლევებით.

ქვემოთ მოყვანილია დიაგნოსტიკის რამდენიმე სირთულე ომელიც უნდა იქნას გათვალისწინებული, დადასტურებული დიაგნოზის საფუძვლები, საკმარისი

კარგი გამოცდილების მქონე შემთხვევები, და ექიმის ასაკი, შუა ხნის ასაკი რათა მისი გამოცდილება შეესაბამებოდეს აკადემიურ ჩამოყალიბებასა.

1) ზემოთ ჩამოთვლილები განსაკუთრებით გამართლებულია იშვიათი და ახალი დაავადებების დროს, რომელის შესახებაც გამოცდილების მხრივ ერთ დონეზე არიან გამოცდილი და დამწყები მედიკოსები.

2) რეალურად ადამიანი არ გავს კომპიუტერს, მათ შეუძლიათ ობიექტებზე და კვირვება და ამოცნობა, მაგრამ როდესაც არსებობს შეცდომის ალბათობა უნდა ჩატარდეს დამატებითი გამოვლენა

3) დიაგნოზის სიზუსტე და ხარისხი მთლიანადაა დამოკიდებული ექიმის ტალანტსა და მის გამოცდილებაზე

4) ემოციური პრობლემები და დაღლილობა აუარესებს ექიმის შესაძლებლობებს

5) ექიმთა გადამზადება და სწავლება ხანგრძლივი დამპირადღირებული პროცესია, განვითარებულ ქვეყნებშიც კი ხშირად იგრძნობა კვალიფიციური ექიმების ნაკლებობა

6) სამედიცინო მცნერება არის ერთერთი ყველაზე სწრაფად მზარდი და ცვალებადი მეცნიერება, ახალი მიღწევები ხშირად უგულველყოფენ ძველს, ახალი დაავადებებიდა წამლებო ყოველდღე მიიღება, ექიმი კი უნდა ეცადოს რომ მივეს ამ განვითარებას მუდმივად.

ისმის კითხვა თუ როგორ უნდა დაეხმაროს კომპიუტერული ტექნოლოგიები სამედიცინო დიაგნოსტიკას, ათწლეულების წინად დაინერგა კომპიუტერთა გამოყენება სამედიცინო სექტორში. და დაიწყო ლოჯკლურ და ასევე გლობალურ ქსელში ციფრული არქივებისა და სტატისტიკების შენახვა, მაგრამ ჯერჯერობით არ ითვლებოდა რეალურად სრულად ავტომატიზებულ კომპიუტერულ დიაგნოსტიკაზე გადასვლა.

თუმცა, ბოლოდროინდელი ტექნოლოგიური მიღწევების შედეგად ჩანს რომ ფართოდ ხდება შესაძლებელი კომპიუტერთა გამოყენება სამედიცინო სფეროში, რომლებიც იქნებიან აღჭურვილი გარკვეული დონის ხელოვნური ინტელექტით რომელთა განახლება და განვითარება დროში სწრაფი და იაფი იქნება.

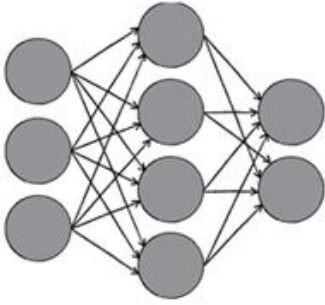
ხელოვნური ნეირონული ქსელი გვევლინება ძლიერ და კარგ ინსტრუმენტად ექიმთა დასახმარებლად, ანალიზისა მოდელირების და კომპლექსური კლინიკური ინფორმაციის მომზადებისათვის ფართო სამედიცინო სპექტრში.

კომპიუტერული ტექნოლოგიები მეცნიერები იყვნენ შთაგონებული აადამიანის ტვინის მოდელის მიხედვით, 1943 წელს ნევროლოგმა უორენ მაკკალოხმა და მოაზროვნე უოლტერ პიტმა გამოიგონეს პირველი ცონცეფტუალური მოდელი ხელოვნური ნეირონული ქსელის,

მათ არწერეს ნეირონის ცონცეფტუალური მოდელი, სადაც ერთტი კლექტა არის მთლიანი ქსელის ნაწილი, სადაც ისინი იღებენ შესასვლელ სიგნალს, ამუშავებენ და აგენერირებენ გამოსავალს.

დღესდღეობით ყველაზე მეტად გავრცელებული ამოცანა ნეირონული ქსელებში არის “easy-for-a-human, difficult-for-a-machine” ხშირად მოიხსენიებენ როგორც მოდელის ამოცნობის ამოცანას.

ნეირონული ქსელის ერთერთი მტავარი ასპექტი არის ის რომ მას შეუძლია სწავლა განვითარება. ნეირონული ქსელი არ არის მხოლოდ კომპლექსური სისტემა, არამედ ის არის კომპლექსური ადაპტაციის უნარის მქონე სისტემა, რაც ნიშნავს რომ მას შეუძლია შეცვალოს მისი შიდა სტრუქტურა არსებული ინფორმაციის მიხედვით, ეს კი ხდება წონების რეგულირებით.



დიაგრამაზე მოცემულია ნეირონებს შორის კავშირი და ინფორმაციის გადაცემის გზები, ყოველი კავშირს აქვს წონა და მნიშვნელობა რომელიც აკონტროლებს სიგნალს ორ ნეირონს შორის. თუ ქსელი აგენერირებს კარგ გამოსავალს მაშინ არ ხდება წონის კორექტირება, ხოლო თუ შედეგი არის ცუდი სისტრმა განიცდის ადაპტაციას და იცვლება მასა რომ იქნას მიღებული გაუმჯობესებული შედეგი

ხელოვნური ნეირონული ქსელი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნებისმიერ სიტუაციაში, რომლიც არსებობს დამოკიდებულება შემავალ ცვლადებსა და შესაბამისად გამომავალ ცვლადებზე. ხელოვნური ნეირონული ქსელის გამოყენების ერთერთი უმთავრესი ასპექტი არის ის რომ მას შეუძლია ისეთი პრობლემების გადაწყვეტა რაც ცვეუბრივი ტექნოლოგიებისათვის რთულია, რომელთაც არ გააჩნიათ ალგორითმული გადაწყვეტის გზა ან გადაწყვეტის გზა არის ზალიან რთული და კომპლექსური. ეს მახასიათებლები კი მედიცინაში ხშირად გვხვდება, ხელოვნური ნეირონული ქსელი წარმატებით იქნა გამოყენებული მედიცინის სხვადახვა დარგში, ისეთებში როგორცაა სისტემური დიაგნოსტკა, ბიომედიცინური ანალიზი, ვიზუალური ანალიზი და წამლების შემუშავება. ხელოვნური ნეირონული ქსელის გამოყენებით შეიძლება მრავალი ჯანმრთელობის მაჩვენებელზე დაკვირვება (სუნთქვის სიხშირე, სისხლის წნევა, შაქრის რაოდენობა სისხლში) ან შეიძლება წინაწინ იქნას პაციენტისათვის შესაძლო ვარიანტების განსაზღვრა. ხელოვნური ნეირონული ქსელს მნიშვნელოვანი როლიაქვს გამოსახულების ანალიზში, გამოიყენება ციფრული გამოსახულების შექმნისა ამოცნობასა და კლასიფიკაციაში.

ისინი გამოიყენება სხვადასხვა ნიმუშთა ამოცნობისათვის რადგან მათ აქვთ არაჩვეულებრივი უნდარი განვითარებისა და მიღებული ინფოს შენახვა დამუშავების. სამედიცინო სფეროში ასევე გამოიყენება არაერთი აპლიკაცია რომელიც არის დაკავშირებული და იყენეს BAYESIAN სტატისტიკას.

თრომბის რისკი

თრომბი შეიძლება წარმოიქმნას ნებისმიერ დროს, სდისით თუ ღამით. მხოლოდ დიდ ბრიტანეთში 150 000 თრომბ ფიქსირდება დღეღამის განმავლობაში, ძირითადად კი პრობლემის მქონე ადამიანის ერგვლივ მყოფ ხალხი შემსწრეა და შეუძლიათ აღწერონ ინსულტის ნიშნები რაც შემდგომში გამოყენებული იქნება. მიუხედავად იმისა რომ თრომბი შეიძლება წარმოიქმნას გამითაც ძოლის დროს, ნაკლებად მნიშვნელოვანია ინსულტის დრო, უფრო მეტად მნიშვნელოვანია მისი წარმოქმნის დაწყების დროის დადგენა, რადგან დადგინდეს მისი წარმოქმნის წინაპირობები და შტრიხები რომელიც ხელს უწყობს თუ უშლის მის წარმოქმნას.

ინსულტმა შეიძლება ზეგავლენა ომახდინოს ადამიანის მლოტორულ ფუნქციებზე(ხელების და ფეხების მოძრაობაზე მაგ.) უნდა მოხდეს დაკვირვება ნორმალური მდგომარეობასა და ინსულტის დადგომის მომენტზე რომლის შედეგადაც მოხდა მოტორულ იფუნქციის დარღვევა რათა მივიღოთ სისტემა რომელიც განსაძრვრავს მომავალში წინაპირობებს. ასევე შესაძლებელია სისტემამ ინსულტის წინაპირობის არსებობის შემთხვევაში გააფრთხოლოს ახლობელი ადამიანი ან სასწრაფო დახმარება რატა მოხდეს დროული რეაგირება და პაციენტისათვის ამბულატორიული დახმარების აღმოჩენა. ასევე ჩვენ ვმუშაობთ ნეირონული ქსელის მეშვეობით სპეციალური ფიზიკური მატრასის შექმნაზე რომელიც ადამიანს ექნება საწოლში, მას შეუძლია სხვადასხვა სენსორის მეშვეობით განსაზღვროს ადამიანს მდგომარეობა, მაგალითად მისი მოზრაობების მიხედვით. სხვადასხვა სენსორების მიერ მოწოდებულ ინფორმაციას შეაგროვებს და

დაამუშავებს ნეირონული ქსელი და მათზე დაყრდნობით შეისწავლის და მიიღებს დასკვნებს.

მას შემდეგ რაც მობილური ტელეფონები იქნა გამოგონებული ის გახდა ერთერთი ინსტრუმენტი ტელემედიცინისათვისაც, რადგან მათ აქვთ არაერთი ფუნქციონალი და რესურსები, სხვადასხვაგვარი პორტები შესავალისათვის და ასევე ინტერნეტ კავშირის შესაძლებლობა, ამ გზებით ტელეფონს შეუძლია ქონდეს კავშირი მოახდინოს ქმედებები ელექტრომედიცინურ ხელსაწყოებზე, მაგალითად შეუძლია გადასცეს სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი სიგნალები ინტერნეტ პროტოკოლებზე მეშვეობით როგორებიცაა TCP/IP და UDP.

აპლიკაცია და სენსორები; მონაცემების დამუშავება

განვიხილოთ სმარტფონების სენსორები და აპლიკაციების რამდენიმე ვარიანტი რომელიც სწორედ რომ ადამიანის ჯანმრთელობის საკითხში საკმაოდ დახმარების გაწევა შეუძლიათ. სმარტფონები არიან და თანდათან კიდევ უფრო ხებიან ძლიერი და განვითარებული ცომპიუტერული ტექნოლოგიის მატარებელი, ქსელური ტექნოლოგიისა და მძლავრი სენსორების მქონე მოწყობილობა, ის გავლენას ახდენს ადამიანის ცხოვრებაზე, ახდენს მისი მონაცემების ანალიზს, ჯანმრთელობისა და აცტივობის მონიტორინგს.

მოქმედების ამოცნობა ძალიან მნიშვნელოვანია ბევრი აპლიკაციისათვის. გულმოდგინედ დავამუშავოთ ეს შემდეგი მაგალითებით. მაგალითად, ვივარაუდოთ, რომ ტელეფონი აღმოაჩენს , რომ მომხმარებელი აპირებს ოთახიდან გასვლას და მისი ამინდის აპლიკაცია აჩვენებს რ, რომ მოგვიანებით იწვიმებსშემხსენებელი ფანჯარა გაიხსნება შმდეგი შეტყობინებით“იქონიეთ ქოლგა . დიდი ალბათობით იწვიმებს.“

კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი აპლიკაცია მოქმედების ამოცნობის მეთოდი არის ორივე შიდა და გარე ლოცალიზაცია ნავიგაციის მშენებლობისათვის. საბოლოოდ, როგორც სმარტ ტელეფონები გახდა აუცილებელი, როგორც გასაღები და საფული ჩვენს ჯიბეში. ის ასევე შეიძლება დაგვეხმაროს საშიში საქმიანობის თავიდან

არიდებამში, როგორცაა ახალგაზრდული აუტიზმის სპექტრის აშლილობის გამოვლენა სკალში და ა.შ. იმისათვის, რომ დაეხმაროს მომხმარებელს შეიქმნას ჯანსაღი ფიტნეს ჩვევა, სმარტ ტელეფონს შეუძლია გაუზიაროს შეხსენების ფანჯარა თუ ის აღმოაჩენს , რომ მომხმარებელი იჯდა ძალიან დიდი ხანი. რამოდენიმე პოპულარული ფიტნეს მრჩეველი , როგორცაა „Fitbit One“ აგებულია მორგებად სენსორებზე და მოქმედების ამომცნობი ტექნიკით. ისინი ითვლიან მომხმარებლის გადადგმულ ნაბიჯებს, კიბეებზე ასვლას, კალორიის დაწვას, ძილის საათებს, განვლილ მანძილს, ძილის ხარისხიანობას და ა.შ.

მოქმედების ამომცნობი აპლიკაცია იღებს დაუმუშავებელ სენსორს როგორც შემავალი და პროგნოზირებას უკეთებს მომხმარებლის მონიტორის მოქმედებას. სანამ ჩავუღრმავდებით ალგორითმის დეტალებს შემდეგ განყოფილებაში , განვიხილოთ ეს ძირითადი ცნებები.

სენსორები არის წყარო პირველადი მონაცემების შეგროვებისათვის მოქმედების ამომცნობისათვის. ჩვენ ვყოფთ სენსორებს სამ კატეგორიად: ვიდეო სენსორები, გარემოზე დაფუძნებული სენსორები და ტარებადი სენსორები. ვიდეო სენსორები ზირითადად დაყენებულია ფიქსირებულ ადგილებში, როგორცაა შესასვლელი და გასასვლელი საზოგადოებრივ ადგილებში ან საცხოვრებელ ოთახში და საწოლ ოთახში. კამერები ასევე დამონტაჟებულია რობოტებში უფრო აქტიური ვიზუალური მონაცემების შესაგროვებლად.

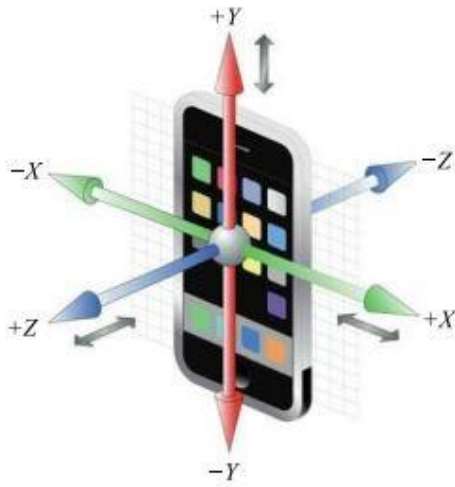
გარემოზე დაფუძნებული სენსორები გამოიყენება აღმოჩენისათვის მომხმარებლის ურთიერთდამოკიდებულება გარემოსთან. ისინია რადიოზე დაფუძნებული სენსორები როგორც wifi , Bluetooth, და infrared . ეს სენსორები, როგორც წესი განლაგებულია ოფისებში ან სახლებში. ისინი პასიურად აკონტროლებენ მომხმარებლის ადგილმდებარეობას გარკვეულ ადგილებში ან მომხმარებლის ურტიერტქმედებას ობიექტთან რომელიც ასევე აღჭურვილია სენსორებით. მათი შეზღუდვებია ის, რომ ისინი შეიძლება იქნან გამოყენებულნი

მხოლოდ გარკვეულ ფიქსირებულ ადგილებში და ღირებულება სრული განლაგების ასეთი სენსორების ძალიან ძვირია.

მოსახერხებელი სენსორი არის მობილური სენსორი, რომელიც განკუთვნილია ყოველდღიურ სატარებლად. მათ შეუძლიათ მონაცემების მოწოდება მომხმარებლის ფიზიოლოგიური მდებარეობის შესახებ, როგორცაა ადგილმდებარეობის შეცვლა, მოძრაობის მიმართულება, სიჩქარე და ა.შ. ასეთი სენსორები შეიცავენ აქსელერომეტრს, მიკროფონს, GPS, ბარომეტრს და ა.შ. მობილური სენსორის უმეტესობა ადჟურვილია სმარტ ტელეფონებში. ცხრილი 1 აჯამებს სენსორების ერთობლიობას რომელიც გათვალისწინებულია ძირითადი სმარტ ტელეფონებისათვის.

აქსელერომეტრი სენსორები გრძნობენ აჩქარების შემთხვევას სმარტ ტელეფონებისათვის. შესწავლა შეცავს სამ ღერძს, რომლის მიმართულაც წინასწარ არის დადგენილი, როგორც სურათ 2-ში. დაუმუშავებელი მონაცემების ნაკადი აქსელერომეტრიდან არის აჩქარება თითოეულ ღერძზე ერთეულ გ-ძალაზე. დაუმუშავებელი მონაცემები წარმოდგენილია ვექტორების სახით: $Acc_i = \langle x_i ; y_i ; z_i \rangle$, ($i = 1; 2; 3; \dots$). უმეტესი არსებული აქსელერომეტრიდან უზრუნველყოფენ მომხმარებლის ინტერფეისს შერჩევის სიხშირის კომფიგურაციისათვის, ისე რომ მომხმარებელს შეეძლოს აირჩიოს საუკეთესო შერჩევის განაკვეთი ექსპერიმენტის მეშვეობით.

აქსელერომეტრი ფართოდ იხმარება სმარტ ტელეფონების სენსორებში დაფუძნებული მოქმედების ამოცნობაზე.



სმარტფონის აქსელერომეტრი



კომპასის სენსორი სმარტფონებში

კომპასი არის ტრადიციული საშუალება მიმართულების დასადგენად მხედველობაში მიღებით დედამიწის ჩრდილო-სამხრეთ პოლუსის მაგნეტიზმის გამოყენებით. სმარტ ტელეფონების კომპასის სენსორიც მუშაობს ანალოგიური ფუნქციით. სურათი გვიჩვენებს კომპასს სმარტ ტელეფონის ეკრანზე. დაუმუშავებელი მონაცემების კომპასიდან ამოკითხვა ნამდვილი რიცხვი 0° და 360° შორის. ის იწყება 0° დან როგორც აბსოლიტური ჩრდილოეთი და რეალური მდგომარეობა კი გვიჩვენებს სმარტფონის დახრის კუთხეს ჩრდილოეთის მიმართ. მაგალითად მიმართულა აბსოლიტური აღმოსავლეთით არის 90° და აბსოლიტური დასავლეთი 270° .

ასევე გვაქვს გიროსკოპი, რომელიც სამგანზომილებიან სივრცეში, ადამინის ტვინის მაგალითზე ახდენს ორიენტაცია გარემოში და განსაზღვრავს სმარტფონის ორიენტაციას ადამინის მიმართ.

დღესდღეობით ასევე სმარტფონებში შეიძლება შეგვხვდეს ბარომეტრის სენსორი, რომელიც გვიჩვენებს ატმოსფერულს წნევას მაღალი სიზუსტით, მის ცვალებადობასა თუ სხვა მახასიათებლებს.

დაუმუშავებელი მონაცემების შეგროვების გზა აუცილებლად იქონიების გავლენას სიზუსტეზე დამუშავების(ამოცნობის) დროს.

სენსორების რაოდენობა და მათი ნაირფეროვნება ასევე გავლენას ახდენს ამოცნობის შედეგზე , ასევე ადგილი სადაც მოქმედება ხდება. ჩვენ შევაჯამებთ ცდის პარამეტრებს სენსორების თვალსაზრისით და საგნების უმეტესად ლიტერატურული აქტივობის ამოცნობი მობილური სენსორის გამოყენებით.

არსებობს სხვადასხვა პარამეტრები მგრძნობელობის ეფექტის შესამცირებლად ადგილმდებარეობასა და სიროვნებაზე.მაგალითად, ნამუშევარში ,ზოგიერთი სენსორი გამოიყენება გრავიტაციის ეფექტის გასაქრობად ასელერომეტრის შედეგიდან და გარდაქმნას აქსელერომეტრი ისე, რომ შედეგი მიიგოს სხეულის კოორდინატთა სისტემიდან დედამიწის საკოორდინატო სისტემით. ამით მომზადებული მოდელი ხდება სენსორები_ორიენააციით-დამოუკიდებელი. ნაშრომში, ავტორები ცდილობდნენ შეეგროვებინათ მონაცემები სხვადასხვა მომხმარებლისაგან და დაეყნებინათ სენსორები სუბიექტების სხეულის სხვადასხვა ნაწილებზე.მათ დაასკვნეს, რომ უფრო დიდი შემსწავლელ კომპლექტს მიღებული სხვადასხვა პარამეტრებიდან, ადგილმდებარეობა და პირადი მგრძნობელობა შეიძლება შემცირებინა.

სხვა ძირითადი მხარე დაუმუშავებელი მონაცემების შეგროვებაში წარმოადგენს შევჩევის რაოდენობა. თითქმის ნებისმიერი სენსორი უზრუნველყოფს API-ს იმისათვის, რომ მომხმარებელს შეეძლოს შერჩევის რაოდენობის კონფიგურირება. ასევე მონაცემების შეგროვება უმაღლესი რაოდენობით უზრუნველყოფს მეტი ინფორმაციას მომხმარებელზე, ამან ასევე შეიძლება წარმოგვიდგინოს მეტი ხმა .

აქედან გამომდინარე, უმაღლესი შერჩევის რაოდენობა ყოველთვის არ გვაძლევს უმაღლეს სიზუსტეს.²

წინასწარი დამუშავება : ხმაურის მოცილება და სეგმენტაცია

დაუმუშავებელი მონაცემების შეგროვების შემდეგ სხვადასხვა სენსორებიდან, შემდეგი ნაბიჯი არის მათი წინასწარ დამუშავება სანამ შემდეგი ნაწილის განხორციელებაზე გადავალთ. ერთ-ერთი მიზანი მონაცემების წინასწარ დამუშავების არის, რომ შევამციროთ ხმაური მომხმარებლისაგან და ასევე თვითონ სენსორის. გამოიყენება საშუალო დამარბილებელი მეთოდი. ისინი გადაადგილებენ თითოეულ დაუმუშავებელ მონაცემებს მათი საშუალოს საშუალებით ორი გვერდიგვერდ მდგომი მონაცემით ხმის შემცირებამდე , რომელის შეიძლება იყოს გამოწვეული ტელეფონის შემთხვევით ძირს დავარდნით.

კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ნაბიჯი არის მონაცემების სეგმენტაცია. სეგმენტაცია შეიძლება დაიყოს ორ კატეგორიად:

1. სეგმენტაცია გადაფარვით
2. სეგმენტაცია გადაფარვის გარეშე

'სწორი' მახასიათებლების გამოყოფა საკმაოდ მნიშვნელოვანია საბოლოო შედეგის მისაღებად. მონაცემების დამუშავებისა და გაანალიზებისათვის ასევე ძალიან მნიშვნელოვანია მისი კლასიფიკაცია, რომელსაც ახდენს სხვადასხვა კლასიფიკაციის მეთოდები რომელიც სხვადასხვა დარგში საკმაო ხანია უკვე გამოიყენება.

დეიქსტრას ალგორითმი

ნეირონული ქსელების გამოყენებისას მნიშვნელოვანია ასევე ალგორითმი რომელსაც გამოვიყენებთ საბოლოო ზუსტი დიაგნოსტიკისათვის, არსებობს

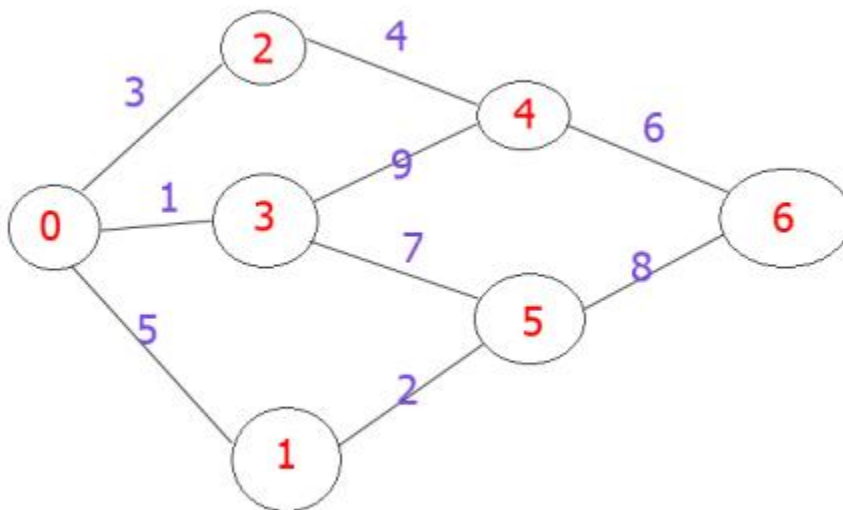
² Su, X., Tong, H., & Ji, P. (2014). *Activity Recognition with Smartphone Sensors*. Beijing: Tsinghua Science and Technology.

რამდენიმე გზა ზუსტი და ეფექტური დიაგნოსტიკების მეთოდის შესამუშავებლად, ჩვენ ამ შემთხვევაში განვიხილავთ დიქსტრას ალგორითმს. რომელიც საკმაო კარგად მიესადაგება ნეირონებში დაზიანებული სინაფსების გვერდის ავლით უმოკლესი მანძილის საპოვნელად სხვა კვანძებთან რათა მოხდეს სასიცოცხლო უნარებისა და საჭირო ფუნქციების შენარჩუნება.

დიქსტრას ალგორითმი ეძებს დადებით წიბოებიან გრაფში უმოკლეს მანძილს ერთი წერტილიდან მეორეში. ის იქნა გამოგონილი ედსგარ დიქსტრას მიერ 1956 წელს, არის აგორითმის მრავალი ვარიანტი, თავდაპირველი ორ კვანძს შორის უმოკლეს გზას ეძებდა ხოლო შემდგომ ვარიაციებში უკვე საწყისი კვანძიდან ყველა დანარჩენ კვანძთან უმოკლეს გზის მოძიებაა, ძიების ხის მეშვეობით.

მოცემული შესავალი კვანძისათვის ალგორითმი პოულობს უმოკლეს გზას ამ და სხვა ნებისმიერ კვანძს შორის, ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას უმოკლესი გზის მოსაძებნად ერთი კვანძიდან სხვა ერთ კვანძამდე როდესაც უკვე გამოსავალი კვანძის მიმართ უმოკლესი გზის ძიება დასრულებულია. დიქსტრა აქამდე ფართოდ გამოიყენებოდა მრავალ დარში, გზების ძიების პროგრამებსა თუ კომპიუტერულ ქსელში.

ავილოთ ასეთი გრაფი:



გვინდა 0 წვეროდან გადასვლა მეექვსეში, ალგორითმი ასეთია:

ვწერთ ყველა წვეროს და ქვევით ვაწერთ უმოკლეს მანძილს მაგ წვერომდე 0 დან. თავიდან პირველს ვაწერთ 0ს დანარჩენს ყველას უსასრულობას...

0123456

0 ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞

ვიწყებთ ნოლიდან. ნოლიდან გამოდის 1 2 3 .1ში მისასვლელი გზის სიგრძეა 5. დავაწეროთ 5 და ფრჩხილებში წვეროს რიცხვი რომლიდანაც მივედით(ეს გვჭირდება მაშინ თუ უმოკლესი მანძილის გარდა გვაინტერესებს მარშრუტიც).

0123456

05(0)∞∞∞∞∞

მერე მე-2-ს დავაწეროთ 3 და მესამეს 1. როცა ერთი წვეროდან გამოსასვლელი ყველა წიბო მორჩება უფლება გვაქვს მეორე სიის(ანუ ქვედა) უმცირესი დავაფიქსიროთ,რაც ნიშნავს რომ მის წვერომდე მისასვლელი უმოკლეს გზა ნაპოვნია, ამ შემთხვევაში მესამეს ვაფიქსირებთ. შეიძლება გაგიკვირდეთ 4,5,6 არ გვაქვს განხილული და რა უფლება გვაქვს მაგრამ თუ დაკვირდებით 4,5,6ში რომ მივიდეთ აუცილებელია 1 ან 2 გავიაროთ(პირველი ხომ უკვე გადავარჩიეთ) ხოლო პირველიც და მეორეც მესამეზე მეტია შესაბამისად შეგვიძლია გადავხაზოთ.მაშ:

012**3**456

0 5(0) 3(0) **1** ∞ ∞ ∞

შემდეგი ეტაპია გადავარჩიოთ დაფიქსირებული წვეროს გადარჩევა. იგივე გზით. მესამე მიდის მე-4ში და მე-5ში, შესაბამისად მანძილებით 9 და 7... ვაწერთ და გამოგვდის:

012**3**456

05(0)3(0)**1**10(3)8(3) ∞

რადგან აქაც დავამთავრეთ იგივე ლოგიკით გვაქვს უფლება დავაფიქსიროთ:

01**2**3456

0 5(0) **3(0)** **1** 10(3) 8(3) ∞

თუ დაიქსირებისას უმცირესი ორია(ან მეტი) არსებითი მნიშვნელობა არ აქვს რომელს დავაფიქსირებთ პირველს.

შემდეგი ეტაპი: II წვერო, და მისიანები. მეორედან გადის მხოლოდ მეოთხეზე 4 სიგრძით...აქ ვხედავთ რმ ოთხს დაწერილი აქვს უკვე ამიტომ ვწერთ იმას რომელიც უფრო პატარაა ამ შემთხვევაში $3+4 < 1+9$ აქედან გამომდინარე ვაწერთ 7-ს.

ვხაზავთ უმცირესს და გამოდის:
0123456
0 5 3 1 7 8 ∞

ვატარებ იგივე ოპერაციოებს მეოთხე წვეროზე და ექვსიანს ეწერება 13 და ფიქსირდება 1ლი:

0123456
0 5 3 1 7 8 13

ვიხილავთ პირველს რომლის შედეგადაც მეხუთეს გადაეწერება 7 და დაფიქსირდება მე-5-ე:

0123456
0 5 3 1 7 7 13

შემდეგ ვიხილავთ მეხუთეს ნმდე სჭირდება 15 ამიტომ პასუხზე ზეგავლენას ვერ მოახდენს ამიტომაც პასუხია:13

დეიქსტრას ალგორითმი მოდელი, დეიქსტრას ალგორითმი პოულობს წონადი ორიენტირებული $G = (V, E)$ გრაფისათვის უმოკლეს გზებს საწყისი s წვეროდან ყველა დანარჩენ წვერომდე. აუცილებელია, რომ ყველა წიბოს წონა იყოს არაუარყოფითი ($w(u, v) \geq 0$ ყოველი $(u, v) \in E$).

დეიქსტრას ალგორითმის მუშაობის დროს გამოიყენება $S \subseteq V$ სიმრავლე, რომელიც შედგება იმ წვეროებისაგან, რომელთათვისაც $\delta(s, v)$ უკვე მოძებნილია (ე.ი. $d[v] = \delta(s, v)$). ალგორითმი ირჩევს უმცირესი $d[u]$ -ს მქონე $u \in V \setminus S$ წვეროს, ამატებს

u-ს S სიმრავლეში და ახდენს u -დან გამომავალი ყველა წიბოს რელაქსაციას, რის შემდეგ ციკლი მეორდება. წვეროები, რომლებიც S -ს არ მიეკუთვნებიან, ინახება Q რიგში პრიორიტეტებით, რომელიც განისაზღვრება d ფუნქციის მნიშვნელობებით. იგულისხმება, რომ გრაფი მოცემულია მოსაზღვრე წვეროთა სიების საშუალებით.

Dijkstra(G,w,s)

1 INITIALIZE-SINGLE-SOURCE(G,s)

2 S=∅

3 Q=V[G]

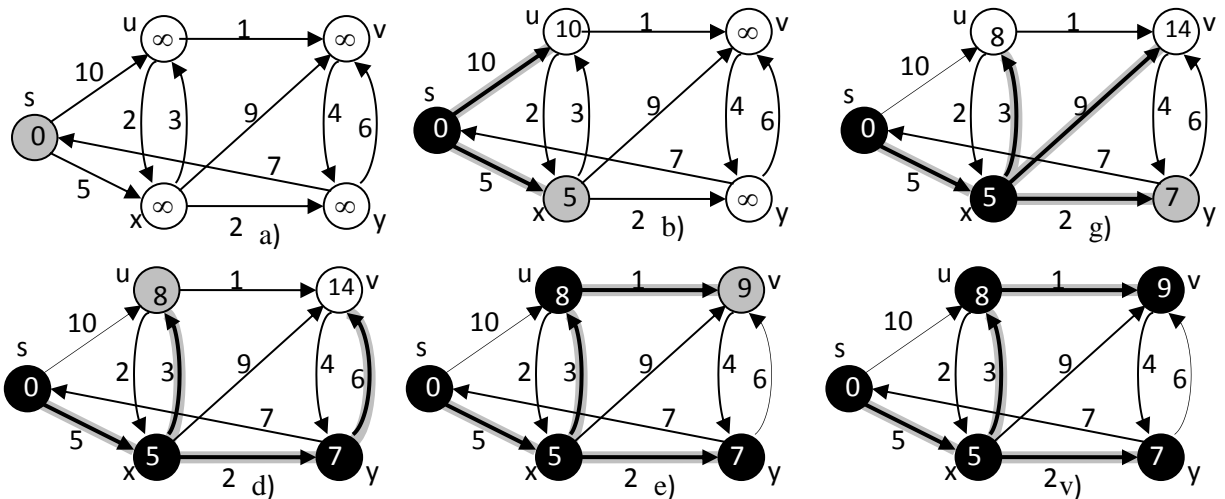
4 while Q≠∅ {

5 u=EXTRACT-MIN(Q)

6 S=S ∪ {u}

7 for ∇ v∈Adj[u] {

8 RELAX(u,v,w) } }



ნახ. 1

დეიქსტრას ალგორითმის მუშაობის პროცესი აღწერილია ნახ. 1-ზე. საწყისი წერტილია s. წვეროებში ჩაწერილია უმოკლესი გზების შეფასებები მოცემული

მომენტისათვის. შავი ფერით აღნიშნულია წვეროები, რომლებიც S სიმრავლეს ეკუთვნის. სხვა წვეროები დგანან $Q = V \setminus S$ რიგში. რუხი ფერის წვეროები ციკლის მომდევნო იტერაციის დროს გამოდიან u წვეროს როლში. d და π თავიანთ საბოლოო მნიშვნელობებს ღებულობენ ვ) ნახ.1-ზე.

ალგორითმის მუშაობის 1 სტრიქონში ხდება d -ს და π -ს, მე-2 სტრიქონში $-S$ -ის, ხოლო მე-3 სტრიქონში $-Q$ -ს ინიციალიზაცია. დასაწყისში $Q = V$. 4-8 სტრიქონებში Q -დან ხდება უმცირესი $d[u]$ - ს მქონე u წვეროს ამოღება და ის ემატება S სიმრავლეს (თავდაპირველად $u = s$). 7-8 სტრიქონებში ხდება u -დან გამოსული ყოველი (u, v) წიბოს რელაქსაცია. ამ დროს შეიძლება შეიცვალოს $d[v]$ შეფასება და $\pi[v]$ წინამორბედი. შევნიშნოთ, რომ ციკლის მუშაობის დროს Q რიგში ახალი წვეროები არ ემატება, ხოლო Q -დან ამოღებული ყოველი წვერო ემატება S სიმრავლეს მხოლოდ ერთხელ, ამიტომ while ციკლის იტერაციათა რაოდენობაა $|V|$.

ასევე ქვემოთ გვაქვს მოყვანილი ფსევდოკოდი)))

```

1  function Dijkstra(Graph, source):
2
3      dist[source] ← 0                // Distance from source to
source
4      prev[source] ← undefined        // Previous node in optimal
path initialization
5
6      for each vertex v in Graph:    // Initialization
7          if v ≠ source              // Where v has not yet been removed
from Q (unvisited nodes)
8              dist[v] ← infinity     // Unknown distance
function from source to v
9              prev[v] ← undefined    // Previous node in optimal
path from source
10         end if

```

```

11         add v to Q                                     // All nodes initially in Q
   (unvisited nodes)
12     end for
13
14     while Q is not empty:
15         u ← vertex in Q with min dist[u] // Source node in first case
16         remove u from Q
17
18         for each neighbor v of u:                     // where v is still in Q.
19             alt ← dist[u] + length(u, v)
20             if alt < dist[v]:                         // A shorter path to v has
   been found
21                 dist[v] ← alt
22                 prev[v] ← u
23             end if
24         end for
25     end while
26
27     return dist[], prev[]
28
29 end function

```

გამოყენებული ლიტერატურა და რესურსები

1. Artificial Neural Networks for Beginners-Carlos Gershenson C.Gershenson@sussex.ac.uk
2. Early Diagnosis of Ischemia Stroke using Neural Network- *Proceedings of the International Conference on Man-Machine Systems (ICoMMS*
3. <http://www.cdc.gov/>
4. <http://en.academic.ru/>
5. <http://www.doc.ic.ac.uk/>
6. Activity Recognition with Smartphone Sensors, TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY
7. Artificial Neural Network and Mobile Applications in Medical diagnosis.
Lela.mirtskhulava@tsu.ge