

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი  
კომპიუტერულ მეცნიერებათა დეპარტამენტი

## გოდერძი ჯობაძე

აპლიკანტების შერჩევისა და რანჟირების სისტემა ფაზი-ლოგიკის  
და ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენებით

სამაგისტრო პროგრამა: საინფორმაციო სისტემები

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია საინფორმაციო სისტემებში  
მეცნიერების მაგისტრის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი:

ზურაბ ქოჩლაძე გამოყენებითი ინფორმატიკის  
კათედრის ასოცირებული პროფესორი

თბილისი

2017

## ანოტაცია

ნაშრომში განხილულია ინტელექტუალური სისტემების ამოცანები, რომელიც დაისვა ერთ-ერთ სოციალურ ვებ-სისტემაზე მუშაობისას. ნაშრომში აღწერილია მრავალკრიტერიალური გადაწყვეტილების მიღების სისტემა, სხვადასხვა ფაზი-ოპერატორები და გადაწყვეტილების მიღების ბიბლიოთეკა php-ზე, რომელიც სპეციალურად ამ ვებ-სისტემისთვის შეიქმნა.

ნაშრომის შემდეგ ნაწილში იგეგმება ხელოვნური ნეირონული ქსელით, ვებ-სისტემის მომხმარებლების მრავალკრიტერიალური კლასიფიკაცია.

## Annotation

In this thesis work have been discussed the problems of intellectual systems, which were introduced while creating one of the social web systems. In the mentioned thesis work has been demonstrated and described the system of multi criteria decision-making library on PHP, which has specifically been created for the mentioned web system.

The further part of the thesis work will be dedicated to multi criteria classification of web system user using Artificial Neural Network.

## შინაარსი

თავი I. ფაზი-სიმრავლეები .....	10
კლასიკური სიმრავლეები .....	11
ფაზი-სიმრავლეები .....	13
თავი II. მიკუთვნების ფუნქციები .....	15
Z - მაგვარი და S-მაგვარი მიკუთვნების ფუნქციები.....	20
$\pi$ –მაგვარი მიკუთვნების ფუნქციები.....	22
ზღურბლოვანი ფუნქციები.....	23
მიკუთვნების ფუნქციის არჩევა აპლიკანტთა შერჩევის ამოცანისთვის.....	23
თავი III. აპლიკაციათა რანჟირება.....	28
აგრეგატული ფუნქციები .....	28
აგრეგატული ფუნქციების ძირითადი კლასები .....	30
აგრეგატული ფუნქციების ძირითადი თვისებები .....	31
აგრეგატული ფუნქციის შერჩევა .....	32
თავი IV. გადაწყვეტილების მიღების სისტემის პროგრამული        იმპლემენტაცია.....	36
გადაწყვეტილების მიღების ბიბლიოთეკა .....	36
სისტემის მუშაობის სიმულირება .....	39
დასკვნა .....	67
გამოყენებული ლიტერატურა:.....	68

## შესავალი

ნაშრომში განხილულია ინტელექტუალური სისტემების ამოცანები, რომელიც დაისვა ერთ-ერთ სოციალურ ვებ-სისტემაზე მუშაობისას. იგი წარმოადგენს ონლაინ პორტალს, რომლის ზოგადი მიზანია ერთმანეთთან დააკავშიროს დამსაქმებელი და სამსახურის მაძებარი ადამიანები. ამ ტიპის სისტემები ძალიან მნიშვნელოვანია ქვეყანაში უმუშევრობის პრობლემის მოსაგვარებლად, რადგან ამ პრობლემის ერთ-ერთი მიზეზი სწორედ ისაა, რომ სამუშაოს მსურველი ადამიანები ვერ პოულობენ მათთვის საინტერესო და დამაკმაყოფილებელ სამსახურს და პირიქით - დამსაქმებლები ვერ პოულობენ სასურველ კადრს. ასეთი იდეა არ არის ახალი, თუმცა ინტელექტუალურ სისტემებთან სინთეზით, იგი გახდება გაცილებით უფრო ნაყოფიერი და შედეგიანი. ხელოვნური ინტელექტის ამოცანების ჩამოყალიბებამდე აღვწერ პორტალის ზოგად, ძირითად ფუნქციონალს:

- *ვაკანსიის რეგისტრაცია*

მომხმარებელს საშუალება ექნება დაარეგისტრიროს ვაკანსია, როგორც ორგანიზაციამ, ან როგორც კერძო პირმა, დეტალური აღწერითა და მიმოხილვით, ასევე დაურთოს სასურველ მოთხოვნები, რომლითაც მომავალში უნდა მოხდეს ვაკანსიით დაინტერესებული კანდიდატების შეფასება.

- *აპლიკაციის გაგზავნა ვაკანსიაზე*

მომხმარებელს შეეძლება მოძებნოს ვაკანსია და გაგზავნოს აპლიკაცია, მიუთითოს მონაცემები საკუთარი გამოცდილების და შესაძლებლობების შესახებ, ვაკანსიის მოთხოვნების შესაბამისად.

- *მომხმარებლების კლასიფიკაცია*

სისტემა რეგისტრაციისას შეყვანილი მონაცემების მიხედვით (როგორცაა აკადემიური, ან სამუშაო ისტორია), მოახდენს მომხმარებლების კლასიფიკაციას წინასწარ შეთანხმებული სტატუსების მიხედვით (პირობითად ავიღოთ შემდეგი სტატუსები: „ახალბედა“, „გამოუცდელი“, „გამოცდილი“, „პროფესიონალი“).

- *ვაკანსიაზე ხელსაყრელი აპლიკანტის შერჩევა*

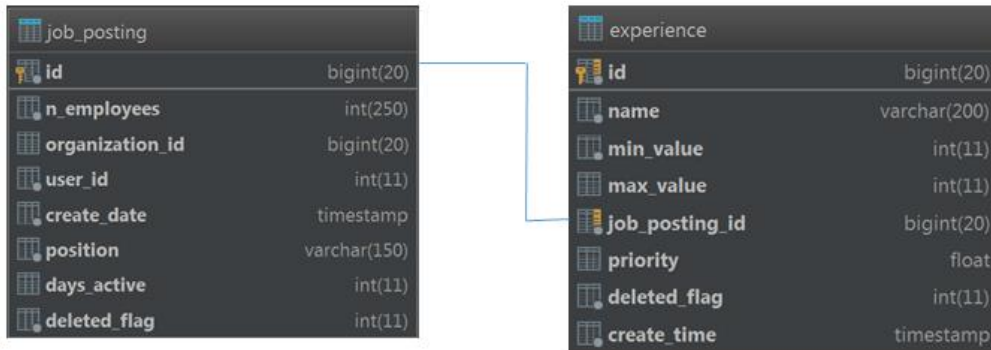
სისტემას შეეძლება ვაკანსიის ავტორს ურჩიოს ამ ვაკანსიაზე დარეგისტრირებულ აპლიკანტებს შორის, მოთხოვნების შესაბამისად, ხელსაყრელი აპლიკანტები.

- *მომხმარებლისთვის საინტერესო ვაკანსიების შერჩევა*

სისტემა მომხმარებელს შესთავაზებს მისთვის სავარაუდოდ საინტერესო ვაკანსიებს, რომელთა შერჩევასაც მოახდენს მომხმარებლის მიერ წარსულში ნანახი ვაკანსიებისა და აკადემიური და სამუშაო ისტორიის მიხედვით.

სისტემის ზოგადი ფუნქციონალის აღწერით უკვე იკვეთება კონკრეტული ამოცანები, რომლებშიც შესაძლებელია, ინტელექტუალური სისტემების ტექნოლოგიების ჩართვა. მაგალითად, ავიღოთ *ვაკანსიისთვის ხელსაყრელი აპლიკანტის შერჩევა*; ეს ნამდვილად კარგი გამოწვევა იქნება ფაზი-ლოგიკაში, როგორც მრავალკრიტერიალური გადაწყვეტილების მიღების ამოცანა. კრიტერიუმები ვაკანსიის ავტორის მიერ დადგენილი მოთხოვნები იქნება, რომელთაც ექნებათ მათემატიკური დამუშავებისთვის ხელსაყრელი ფორმა, რასაც სისტემის დეველოპერი უზრუნველყოფს. ხოლო გადაწყვეტილების მიზანი იქნება მოცემული კრიტერიუმებით ვაკანსიაზე დარეგისტრირებული აპლიკაციების რანჟირება და მიღებული შეფასებების მიხედვით, ლოგიკური სორტირება.

ზოგადი წარმოდგენისთვის, საჭიროა, უპირველეს ყოვლისა შევხედოთ სისტემას მონაცემთა ბაზის კუთხით, რათა ნათელი გახდეს აპლიკაციების ფაზი-დამუშავების პროცესი. სანამ აპლიკაციების დამუშავებაზე გადავალთ, განვიხილოთ ის მთავარი ცხრილები, რომლებიც უშუალოდ ვაკანსიისა და მოთხოვნილი გამოცდილებების შენახვას ემსახურება. ამისთვის გვაქვს ორი ცხრილი `job_posting` და `experience`, რომლებსაც



ველები job\_posting ცხრილიდან:

- n\_employees - ვაკანტური ადგილების რაოდენობა
- position - ვაკანტური პოზიციის დასახელება

ველები experience ცხრილიდან:

- name - მოთხოვნილი გამოცდილების დასახელება (მაგალითად, ასაკი, გამოცდილება, პროგრამირების ენების რაოდენობა და ა.შ)
- min\_value, max\_value - შესაბამისად, მოთხოვნილი გამოცდილების მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები.
- job\_posting\_id - გარე გასაღები, რომელიც „გამოცდილების“ ცხრილს აკავშირებს „ვაკანსიის“ ცხრილთან
- priority - გამოცდილების პრიორიტეტი. გამოხატავს იმას, თუ რამდენად პრიორიტეტულია მოთხოვნილი გამოცდილება ვაკანსიის ავტორისათვის. გამოიხატება ნამდვილი რიხვებით [0,1] შუალედიდან.

მონაცემების ვიზუალიზაციისათვის გამოვიყენოთ json ფორმატი, რადგან სისტემის ბირთვი იწერება ვებ-სერვისებზე და json-ი ვებ-სერვისებით ინფორმაციის მიმოცვლის ერთ-ერთი გავრცელებული და ხშირად გამოყენებადი ფორმატია. სწორედ ამ ფორმატში მოვიყვანოთ მაგალითი, რომელიც წარმოადგენს ვაკანსიის ავტორის მიერ, ვებ-სერვისისთვის გაგზავნილ, გამოცდილების დამატების მოთხოვნას:

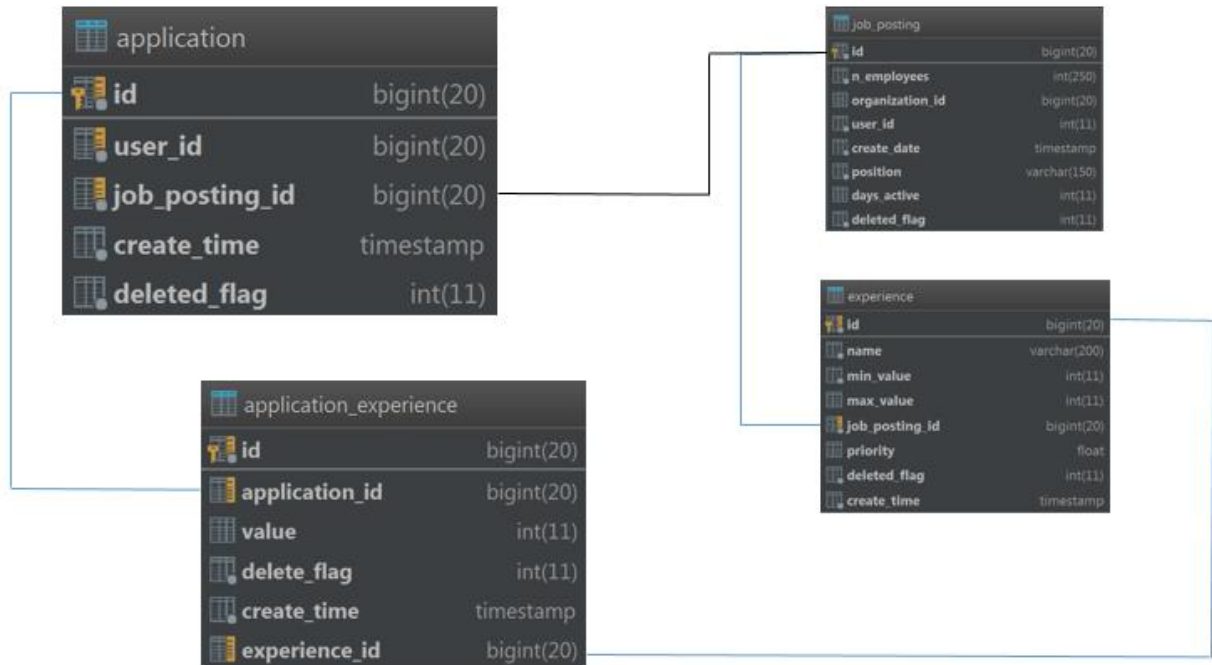
```

"experience": [
  {
    "name": "პროგრამირების ენების რაოდენობა",
    "min_value": 3,
    "max_value": 9,
    "priority": "0.9"
  },
  {
    "name": "ინტელექტუალურ სისტემებზე მუშაობის გამოცდილება (წელი)",
    "min_value": 1,
    "priority": 1
  },
  {
    "name": "ასაკი",
    "min_value": 19,
    "max_value": 30,
    "priority": 0.3
  }
]

```

რაც ნიშნავს, რომ ვაკანსიის ავტორს სურს, აპლიკანტი ფლობდეს 3-დან 9-ის ჩათვლით პროგრამირების ენებს, ჰქონდეს ინტელექტუალურ სისტემებზე მუშაობის მინიმუმ ერთწლიანი გამოცდილება და იყოს 19-დან 30 წლამდე. მოთხოვნილი „გამოცდილებების“ პრიორიტეტები priority ველშია მითითებული.

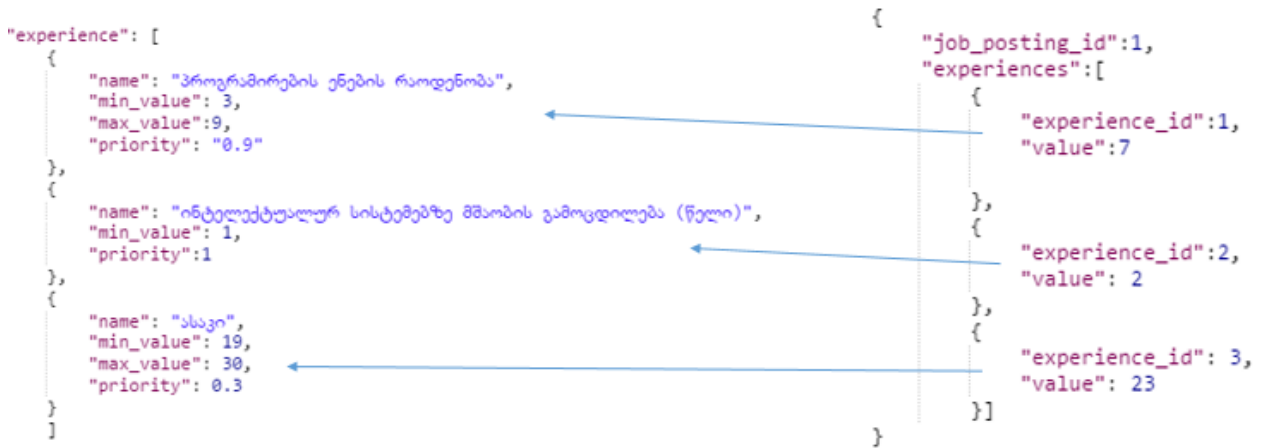
გვაქვს კიდევ ორი მნიშვნელოვანი ცხრილი, რომელიც უკვე აპლიკაციით დაინტერესებულ მომხმარებლებს ემსახურება. ესენია application და application\_experience ცხრილები, რომლებიც შესაბამისად აღნიშნავს, უშუალოდ აპლიკაციას და მოთხოვნილი „გამოცდილებების“ შესაბამის მნიშვნელობებს. ამ ცხრილების job\_posting და experience ცხრილებთან ბმაში, სრული სურათი ასეთია:



application ცხრილს ძალიან მარტივი სტრუქტურა აქვს, იგი მხოლოდ და მხოლოდ აფიქსირებს იმ მომხმარებელს, რომელმაც აპლიკაცია გაგზავნა, იმ ვაკანსიას, რომელზეც გაგზავნა და გაგზავნის ზუსტ დროს. მომავალში, შესაძლებელია ამ ცხრილის ინფორმაციულად გამრავალფეროვნება, თუმცა ამ ეტაპზე, მოცემული ამოცანისთვის, ასეთი ტრივიალურობაც საკმარისია. application\_experience - ცხრილი application და experience ცხრილების ერთგვარი მაკავშირებელია. ამ ცხრილის მეშვეობით, მომხმარებელი აფიქსირებს ვაკანსიის ავტორის მიერ მოთხოვნილი „გამოცდილებების“ მნიშვნელობებს.

მაგალითისთვის, კონკრეტული მნიშვნელობები განვიხილოთ ზემოთ მოცემული, „გამოცდილებების“ მიხედვით კვლავ json ფორმატში:





ეს ნიშნავს რომ აპლიკანტმა იცის შვიდი პროგრამირების ენა, აქვს ინტელექტუალურ სისტემებზე მუშაობის ორწლიანი გამოცდილება და არის ოცდასამი წლის.

ქვემოთ განვიხილავ ფაზი-ლოგიკის ელემენტებსა და სხვადასხვა ევრისტიკულ მეთოდებს, რომლებიც გამოიყენება მრავალკრიტერიალური გადაწყვეტილების მიღების ამოცანებში. უპირველეს ყოვლისა, უნდა მოვახდინოთ ვაკანსიაზე დარეგისტრირებული აპლიკაციები წარმოვადგინოთ, როგორც ფაზი-სიმრავლე, რომლის მიკუთვნების ხარისხი ვაკანსიის ავტორის მიერ დასმული მოთხოვნების მიხედვით განისაზღვრება.

## თავი I. ფაზი-სიმრავლეები

ფაზი, ანუ არამკაფიო სიმრავლის ცნების შემოღება მოხდა მას შემდეგ, რაც კლასიკური სიმრავლეთა თეორია, გარკვეულ შემთხვევებში, ვერ ერგებოდა ადამიანურ, არამკაფიო აზროვნებას. –რა არის არამკაფიო აზროვნება? –ისეთი განსაზღვრებები და მიმართებები, რომელთა შინაარსი გასაგებია, თუმცა მოკლებულია მათემატიკურ სიზუსტეს. მაგალითად, მოცემული გვაქვს ორი წინადადება: „A აპლიკანტმა გადალახა სამუშაო გამოცდილების ორწლიანი ზღვარი“ და „B აპლიკანტის სამუშაო გამოცდილება, საშუალებას გვაძლევს, რომ იგი პროფესიონალად ჩავთვალოთ“. პრიველი წინადადება მკაფიოა, გვაქვს მხოლოდ ორი ვარიანტი, აპლიკანტს შესაძლოა ჰქონდეს ორ წელზე მეტი სამუშაო გამოცდილება, ან - არა; ხოლო მეორე წინადადება ძალიან ბუნდოვანია, რადგან შეუძლებელია პროფესიონალიზაციისთვის საკმარისი სამუშაო გამოცდილების განსაზღვრა, ანდა საერთოდაც შესაძლებელია, სამუშაო გამოცდილებით ადამიანის პროფესიონალიზაციის შეფასება?! ეს უკანასკნელი წინადადება გარკვეულ წარმოდგენას გვიქმნის აპლიკანტის პროფესიონალიზაციაზე, თუმცა შეუძლებელია, ზუსტად განვსაზღვროთ მისი რეალური შესაძლებლობები. სწორედ ასეთი მომენტები ამცირებენ კლასიკური სიმრავლეთა თეორიის შესაძლებლობებს რეალურ სიტუაციებთან მიმართებაში.

ფაზი-სიმრავლეთა თეორია შემოთავაზებულ იქნა ცნობილი ამერიკელი ინფორმატიკოსის, ლოტფი ზადეს მიერ. იგი საშუალებას გვაძლევს, ხარისხობრივად აღწეროთ ჩვენი ცოდნის არაზუსტი ცნებები, რომლებიც, თავის მხრივ, აღწერენ გარემომცველ სამყაროში მიმდინარე რთულ პროცესებს. მიუხედავად თავისი უნივერსალობისა, ამ თეორიის საფუძველი მაინც კლასიკური სიმრავლეთა თეორიაა, ამიტომ ჯერ განვმარტავ კლასიკური სიმრავლეთა თეორიის იმ ძირითადელებს, რომლებიც ფაზი-სიმრავლეთა უშუალო საფუძველს წარმოადგენს.

## კლასიკური სიმრავლეები

- მიკუთვნება

ვთქვათ,  $A$  სიმრავლე  $E$  სიმრავლის ქვესიმრავლეა.

$$A \subset E$$

ავიღოთ  $x$  ელემენტი  $E$ -დან ( $x \in E$ ). რა შეიძლება ვთქვათ  $x$  ელემენტის შესახებ,  $A$  სიმრავლესთან მიმართებაში? ცხადია, გვაქვს ორი ვარიანტი,  $x$  ან ეკუთვნის  $A$  სიმრავლეს, ან – არა. ზემოთ მოყვანილ მაგალითს თუ გავიხსენებთ,  $x$  ელემენტი აპლიკანტად შეგვიძლია, მივიჩნიოთ, ხოლო  $E$  სიმრავლე იქნება იმ აპლიკანტთა სიმრავლე, რომელთაც ორ წელზე მეტი სამუშაო გამოცდილება აქვთ. ეს ფაქტი შეგვიძლია გამოვხატოთ მახასიათებელი ფუნქციით  $\mu_A(x)$ , რომელიც განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

განვიხილოთ სასრული, ხუთელემენტური სიმრავლე  $E = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$  და მისი სამელემენტური ქვესიმრავლე  $A = \{x_2, x_3, x_5\}$ . დავადგინოთ კუთვნილების ხარისხი თითოეული ელემენტისთვის  $A$  სიმრავლიდან  $E$  სიმრავლესთან მიმართებაში.

$$\mu_A(x_1) = 0, \mu_A(x_2) = 1, \mu_A(x_3) = 1, \mu_A(x_4) = 0, \mu_A(x_5) = 1$$

ეს საშუალებას გვაძლევს, წარმოვადგინოთ  $A$  სიმრავლე  $E$  სიმრავლის ელემენტების კუთვნილების ფუნქციებით შემდეგნაირად:

$$A = \{(x_1, 0), (x_2, 1), (x_3, 1), (x_4, 0), (x_5, 1)\}$$

ამ შემთხვევაში,  $A$  სიმრავლე წყვილების სიმრავლეა. წყვილის პირველი ელემენტი მოცემული სიმრავლის ელემენტია, ხოლო მეორე – მოცემულ ელემენტზე მიკუთვნების ფუნქციის შედეგი.

- შებრუნებული სიმრავლე

გავიხსენოთ ბულის ალგებრა; დავუშვათ,  $\bar{A}$  არის  $A$ -ს დამატება  $E$ -ში, რაც ნიშნავს შემდეგს:

$$\bar{A} \cap A = \emptyset \text{ და } \bar{A} \cup A = E$$

აქედან გამომდინარე, თუ  $x \in A$  მაშინ  $x \notin \bar{A}$ , რაც შეიძლება მიკუთვნების ფუნქციით ასე ჩაიწეროს:

$$\mu_A(x) = 1 \text{ და } \mu_{\bar{A}}(x) = 0$$

ჩავწეროთ მიკუთვნების ფუნქციები  $\bar{A}$ -სთვის:

$$\mu_{\bar{A}}(x_1) = 1, \mu_{\bar{A}}(x_2) = 0, \mu_{\bar{A}}(x_3) = 0, \mu_{\bar{A}}(x_4) = 1, \mu_{\bar{A}}(x_5) = 0$$

წყვილების სიმრავლე ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\bar{A} = \{(x_1, 1), (x_2, 0), (x_3, 0), (x_4, 1), (x_5, 0)\}$$

- თანაკვეთა და გაერთიანება

განვიხილოთ ორი სხვადასხვა  $A$  და  $B$  სიმრავლეების თანაკვეთის შემთხვევა ( $A \cap B$ ). ჩავწეროთ შესაბამისი მიკუთვნების ფუნქციები:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, x \in A \\ 0, x \notin A \end{cases}, \mu_B(x) = \begin{cases} 1, x \in B \\ 0, x \notin B \end{cases}, \mu_{A \cap B}(x) = \begin{cases} 1, x \in A \cap B \\ 0, x \notin A \cap B \end{cases}$$

აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია, ჩავწეროთ:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \otimes \mu_B(x)$$

სადაც  $\otimes$  ოპერაცია წარმოადგენს ბულის ნამრავლს. ანალოგიურად,  $A$  და  $B$  სიმრავლეების გაერთიანების შემთხვევაში:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \begin{cases} 1, x \in A \cup B \\ 0, x \notin A \cup B \end{cases}, \mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \oplus \mu_B(x)$$

სადაც  $\oplus$  ბულის ჯამია.

$\otimes$	0	1
0	0	0

1	0	1
---	---	---

$\oplus$	0	1
0	0	1
1	1	1

### ფაზი-სიმრავლეები

დავიწყოთ მაგალითით. განვიხილოთ ზემოთ მოყვანილი  $A$  და  $E$  სიმრავლეები. წინა შემთხვევაში  $E$  სიმრავლის ხუთივე ელემენტიდან თითოეული ეკუთვნოდა, ან არ ეკუთვნოდა  $A$  სიმრავლეს, ხოლო მიკუთვნების  $\mu_A$  ფუნქცია, შესაბამისად, იღებდა 0 და 1 მნიშვნელობებს. ახლა კი წარმოვიდგინოთ, რომ მიკუთვნების ფუნქციას შეუძლია, მიიღოს ნებისმიერი ნამდვილი მნიშვნელობა  $[0,1]$  შუალედიდან. რაც, იდეურად იმას ნიშნავს, რომ  $x_i$  ელემენტი გარკვეული დონით ეკუთვნის  $A$  სიმრავლეს. მაგალითისთვის, ამ შემთხვევაში, ზემოთ მოყვანილი მეორე წინადადება ავიღოთ, რომლის მიხედვითაც  $A$  სიმრავლე უკვე პროფესიონალი აპლიკანტების სიმრავლე იქნება და ეს სიმრავლე ლოგიკურად ისეთი ბუნდოვანი სიმრავლეა, რომ ელემენტი ( აპლიკანტი ) შეიძლება გარკვეული დონით ეკუთვნოდეს, ან არ ეკუთვნოდეს მას.

დავუშვათ,  $\tilde{A} = \{(x_1 | 0.2), (x_2 | 0), (x_3 | 0.3), (x_4 | 1), (x_5 | 0.8)\}$ . სადაც  $x_i$  არის  $E$  სიმრავლის ელემენტი, ხოლო რიცხვი ვერტიკალური ხაზის მარჯვნივ, წარმოადგენს კუთვნილების ხარისხს.  $A$  სიმრავლეს კი  $E$  სიმრავლის ფაზი-სიმრავლე (არამკაფიო ქვესიმრავლე) ეწოდება და ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\tilde{A} \subset E \text{ ან } A \tilde{\subset} E$$

ფაზი-სიმრავლეების ელემენტების მიკუთვნების ხარისხები კი ასე ჩაიწერება:

$$x \underset{0.2}{\in} \tilde{A}, y \underset{1}{\in} \tilde{A}, z \underset{0}{\in} \tilde{A}$$

ვთქვათ  $x \in E$ , მაშინ  $E$  სიმრავლის  $A$  ფაზი-სიმრავლე ეწოდება დალაგებულ წყვილებს  $\{(x | \mu_{\tilde{A}}(x)), \forall x \in E$ , სადაც  $\mu_{\tilde{A}}(x)$   $x$ -ის მიკუთვნების ხარისხია და  $x \xrightarrow{\mu_{\tilde{A}}} [0,1]$ .

ვთქვათ,  $\tilde{A}$  და  $\tilde{B}$   $E$  სიმრავლის ფაზი-სიმრავლებია.

- ქვესიმრავლე

ვიტყვიან, რომ  $\tilde{A}$  ფაზი-სიმრავლე ქვესიმრავლეა  $\tilde{B}$  ფაზი სიმრავლისა, თუ  $\forall x \in E: \mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{B}}(x)$  და აღინიშნება:  $\tilde{A} \subset \tilde{B}$ .

- ტოლობა

ვიტყვიან, რომ  $\tilde{A}$  ფაზი-სიმრავლე ტოლია  $\tilde{B}$  ფაზი სიმრავლისა, თუ  $\forall x \in E: \mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{B}}(x)$  და აღინიშნება  $\tilde{A} = \tilde{B}$ .

- დამატება

ვიტყვიან, რომ  $\tilde{A}$  და  $\tilde{B}$  ფაზი-სიმრავლეები ერთმანეთის დამატებები არიან  $E$  სიმრავლეში, თუ  $\forall x \in E: \mu_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{B}}(x)$  და აღინიშნება:  $\tilde{\tilde{A}} = \tilde{B}$  და  $\tilde{\tilde{B}} = \tilde{A}$ .

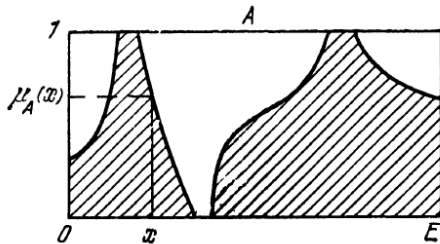
- თანაკვეთა

$\tilde{A} \cap \tilde{B}$  ნიშნავს, რომ  $\forall x \in E: \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \text{MIN}(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))$ .

- გაერთიანება

$\tilde{A} \cup \tilde{B}$  ნიშნავს, რომ  $\forall x \in E: \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \text{MAX}(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))$ .

ფაზი სიმრავლე შეგვიძლია, გამოვხატოთ ვიზუალურადაც. ამისათვის ავიღოთ ჩვეულებრივი, სწორკუთხოვანი კოორდინატა სისტემა. აბსცისთა ღერძზე ავიღოთ  $E$  სიმრავლე, ხოლო ორდინატა ღერძზე  $E$  სიმრავლის ელემენტთა მიკუთვნების ხარისხები.



დამტრიხული ზონა წარმოადგენს  $\tilde{A}$  ფაზი-სიმრავლეს.

## თავი II. მიკუთვნების ფუნქციები

მიკუთვნების ფუნქცია წარმოადგენს ისეთ ფუნქციას, რომელიც აფასებს თუ „რამდენად ეკუთვნის“ მოცემული ელემენტი მოცემულ სიმრავლეს. მიკუთვნების ფუნქციის შერჩევა დამოკიდებულია ამოცანის სემანტიკასა და ფორმალურად განსაზღვრულ ფაზი-სიმრავლეზე, თუმცა ეს ფაქტი არ ზღუდავს კონკრეტული მიკუთვნების ფუნქციის შერჩევის თავისუფლებას. მაგრამ პრაქტიკაში უფრო მოსახერხებელია ისეთების გამოყენება, რომლების უშვებენ ანალიზურა წარმოადგენას რომელიმე მარტივი ფუნქციის სახით. არსებობს მიკუთვნების ფუნქციების სხვადასხვა ტიპი; განვიხილავ რამდენიმე მათგანს და ვიზუალიზაციისათვის გამოვიყენებ პროგრამირების ენა **python**-ს.

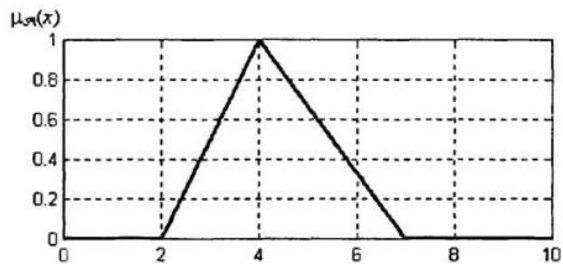
- **Python ბიბლიოთეკები (Scipy)**

**Scipy** არის Python-ის open-source მათემატიკური ბიბლიოთეკა, რომელიც შედგება რამდენიმე მოდულისაგან და მოიცავს ტექნიკურ მეცნიერებათა ძირითად დარგებს, როგორცაა მათემატიკა, კომპიუტერული მეცნიერება, არქიტექტურა და ა.შ. ამ მოდულთაგან ერთ-ერთია **scikit-fuzzy**, რომელიც შეიცავს ფაზი-ლოგიკის ალგორითმებს, ფუნქციებს და სხვადასხვა ხელსაწყოებს. გამოვიყენებთ **matplotlib**-ს რომელიც გვაძლევს ორგანოზომილებიანი და სამგანზომილებიანი გრაფიკების აგებისა და სხვადასხვა ვიზუალურ-მათემატიკური ანალიზის შესაძლებლობას. ასევე გვაქვს **numpy** მოდული, იგი ფუნდამენტური სამეცნიერო-მათემატიკური გამოთვლებისთვის იდეალურია **Scipy**-ში.

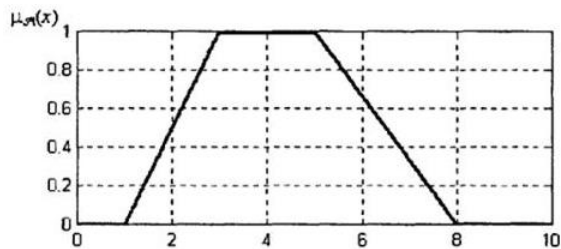
- **ნაწილობრივ წრფივი მიკუთვნების ფუნქციები**

ნაწილობრივ წრფივი მიკუთვნების ფუნქციები ისეთი, ფუნქციებია, რომლებიც შედგებიან წრფივი ხაზების სეგმენტებისაგან და ქმნიან უწყვეტ, ან ნაწილობრივ-უწყვეტ ფუნქციას. ასეთი ფუნქციების ყველაზე დამახასიათებელ მაგალითს წარმოადგენენ „სამკუთხა“ და „ტრაპეციული“ მიკუთვნების ფუნქციები. მაგალითისთვის, შევარჩიოთ  $X = [0,10]$  უნივერსუმი, რომლის სახით წარმოვადგინოთ ნამვილ რიცხვთა ჩაკეტილი ინტერვალი.

სამკუთხა



ტრაპეციული



ამ

ფუნქციათაგან პირველი ფუნქცია, ზოგად შემთხვევაში შეიძლება, მოცემული იყოს შემდეგი გამოსახულებით:

$$f_{\Delta}(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

სადაც  $a, b$  და  $c$  რიცხვითი პარამეტრებია, რომლებიც იღებენ

რაიმე ნამდვილ მნიშვნელობებს შემდეგი დამოკიდებულებებით  $a \leq b \leq c$ . ამ შემთხვევაში, პარამეტრების მნიშვნელობებია  $a$  და  $c$  ახასიათებენ სამკუთხედის ფუძეს, ხოლო პარამეტრი  $b$  - მის წვეროს.

წარმოვადგინოთ ეს სამკუთხა მიკუთვნების ფუნქცია პითონში: უპირველეს ყოვლისა, ჩავტვირთოთ საჭირო მოდულები.

```
import numpy as np
from skfuzzy.membership import *
from matplotlib import pyplot as plt
```

Numpy - მიკუთვნების ფუნქციის არგუმენტთა სიმრავლის შესაქმნელად; skfuzzy.membership-ში კი მოთავსებულია ის ძირითადი მიკუთვნების ფუნქცია, რომელსაც განვიხილავთ. Matplotlib-ი კი დაგვებმარება მიკუთვნების ფუნქციათა გრაფიკების აგებაში. Scikitfuzzy-ში სამკუთხა ფუნქცია აღინიშნება trimf-ით (trimf(x, abc)), რომელსაც გადაეცემა ორი არგუმენტი: პირველი - არგუმენტების სიმრავლე, ხოლო მეორე - სამელებმენტის ლისტი, რომელიც შეიცავს სამკუთხედის წვეროების შესაბამის წერტილებს არგუმენტთა სიმრავლიდან.



ჯერ ავაგოთ არგუმენტთა სიმრავლე Numpy-ს `arange` ფუნქციის გამოყენებით:

```
x = np.arange(0,10,0.1)
```

x ცვლადს მიენიჭება 101 ელემენტური ლისტის მნიშვნელობა, რომელიც შეიცავს ზრდადობით დალაგებულ ნამდვილ რიცხვებს 0-დან 10-ის ჩათვლით, 0.1 ბიჯით.

```
array([ 0. ,  0.1,  0.2,  0.3,  0.4,  0.5,  0.6,  0.7,  0.8,
        0.9,  1. ,  1.1,  1.2,  1.3,  1.4,  1.5,  1.6,  1.7,
        1.8,  1.9,  2. ,  2.1,  2.2,  2.3,  2.4,  2.5,  2.6,
        2.7,  2.8,  2.9,  3. ,  3.1,  3.2,  3.3,  3.4,  3.5,
        3.6,  3.7,  3.8,  3.9,  4. ,  4.1,  4.2,  4.3,  4.4,
        4.5,  4.6,  4.7,  4.8,  4.9,  5. ,  5.1,  5.2,  5.3,
        5.4,  5.5,  5.6,  5.7,  5.8,  5.9,  6. ,  6.1,  6.2,
        6.3,  6.4,  6.5,  6.6,  6.7,  6.8,  6.9,  7. ,  7.1,
        7.2,  7.3,  7.4,  7.5,  7.6,  7.7,  7.8,  7.9,  8. ,
        8.1,  8.2,  8.3,  8.4,  8.5,  8.6,  8.7,  8.8,  8.9,
        9. ,  9.1,  9.2,  9.3,  9.4,  9.5,  9.6,  9.7,  9.8,
        9.9, 10. ])
```

შემდეგ გამოვიძახოთ `trimf` ფუნქცია, რომელსაც არგუმენტად გადავცემთ x ლისტს და წვეროს წერტილებს.

```
y = trimf(x, [2,4,7])
```

ყოფნება ასევე 101 ელემენტური ლისტი, რომელიც შეიცავს x აბსცისების შესაბამის ორდინატებს.



$$f_T(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$

სადაც,  $a, b, c, d$  რიცხვითი პარამეტრებია, რომლებიც

იღებენ რაიმე ნამდვილ მნიშვნელობებს შემდეგი დამოკიდებულებებით:  $a \leq b \leq c \leq d$ .

სურათზე მოცემულ შემთხვევაში, პარამეტრების მნიშვნელობებია  $a=1, b=3, c=5, d=8$ .

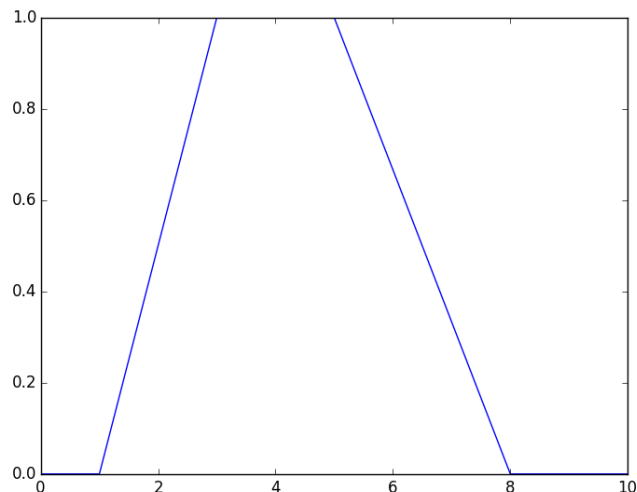
$a$  და  $d$  პარამეტრები ახასიათებენ ტრაპეციის ქვედა ფუძეს, ხოლო  $b$  და  $c$  ზედა ფუძეს. Scikit-fuzzy-ს აქვს ტრაპეციული `trapmf` ფუნქცია, რომელსაც გადაეცემა ორი პარამეტრი: პირველი – არგუმენტების ლისტი, ხოლო მეორე – ოთხელემენტისანი ლისტი, რომელიც შეიცავს ტრაპეციის წვეროების შესაბამის მნიშვნელობებს არგუმენტთა სიმრავლიდან.

გამოვთვალოთ  $y$  მიკუთვნების ფუნქციათა მნიშვნელობები  $x$  ლისტის ელემენტებისთვის:

```
y = trapmf(x, [1, 3, 5, 8])
```

და ავაგოთ შესაბამისი გრაფიკი:

```
plt.plot(x, y)
plt.show()
```



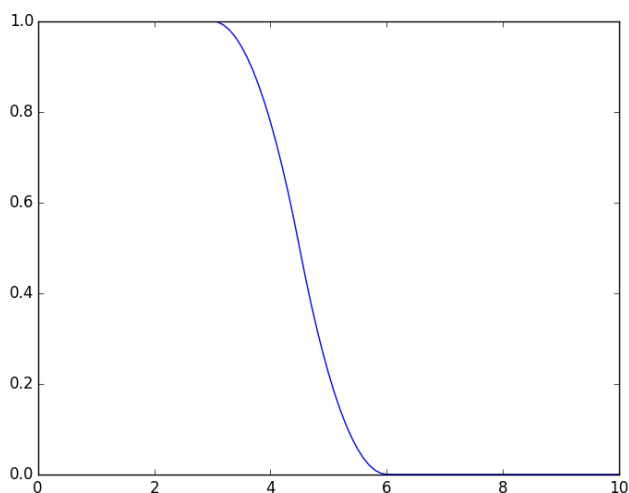
## Z - მაგვარი და S-მაგვარი მიკუთვნების ფუნქციები

მიკუთვნების ასეთმა ფუნქციებმა თავიანთი დასახელება ასევე მათი მრუდების გრაფიკების გამო მიიღეს. პირველს, ამ ფუნქციათა ჯგუფიდან, ეწოდება Z-მაგვარი მრუდი, ან სპლაინ ფუნქცია და ზოგად შემთხვევაში, ანალიზურად შეიძლება იყოს მოცემული შემდეგი გამოსახულებით:

$$f_{Z_2}(x, a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{b-x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 0, & b \leq x \end{cases}$$

სადაც  $a$  და  $b$  რიცხვითი პარამეტრებია.  $a, b \in \mathbb{R}$  და  $a < b$ . დავუშვათ,  $a = 3, b = 6$  და ავაგოთ ეს ფუნქცია python-ით იგივენაირად, როგორც წინა ფუნქციები. ამისთვის scikit-fuzzy-ში გვაქვს zmf ფუნქცია:

```
y = zmf(x, 3, 6)
plt.plot(x, y)
plt.show()
```

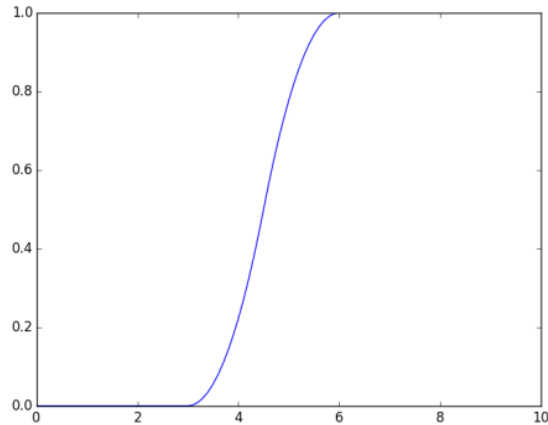


ამ ჯგუფიდან მეორე ფუნქციას ეწოდება S-მაგვარი მრუდი ან სპლაინ ფუნქცია და ზოგად შემთხვევაში ანალიზურად შეიძლება იყოს მოცემული შემდეგი გამოსახულებით:

$$f_{S_1}(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a} \pi\right), & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{cases} \quad a, b \in \mathfrak{R}, a < b$$

ვთქვათ,  $a = 3, b = 6$ , მაშინ:

```
y = smf(x, 3, 6)
plt.plot(x, y)
plt.show()
```



ეს ფუნქცია ასევე შესაძლოა მოცემული იყოს სხვა გამოსახულებით:

$$f_{S_2}(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2\left(\frac{b-x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 1, & b \leq x \end{cases}$$

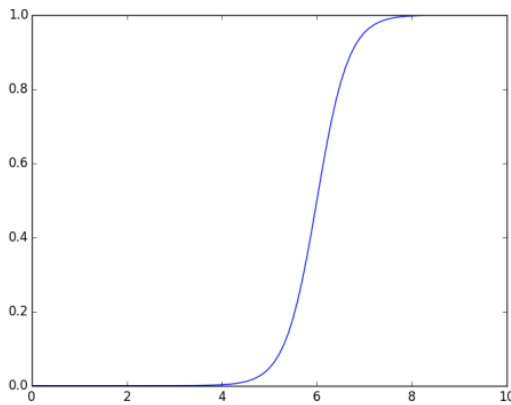
Z - მაგვარ და S-მაგვარ მიკუთვნების ფუნქციათა ჯგუფში შედის ეგრედ წოდებული სიგმოიდური ფუნქციაც, რომელსაც შეუძლია იყოს როგორც S-მაგვარი, ასევე Z - მაგვარიც და გამოიყურება შემდეგნაირად:

$$f_{S_3}(x, a, b) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-b)}} \quad a, b \in \mathfrak{R}, a < b$$

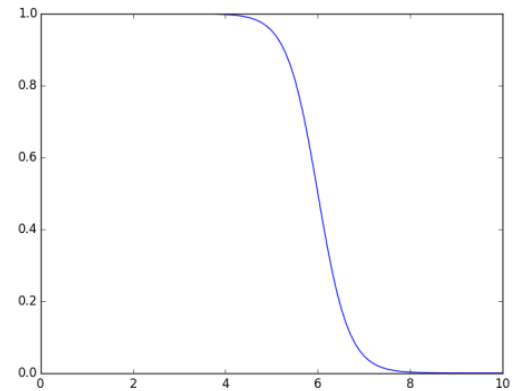
და თუ  $a > 0$  შეიძლება მიღებულ იქნას S-მაგვარი მიკუთვნების ფუნქცია, ხოლო თუ  $a < 0$  – Z-მაგვარი მიკუთვნების ფუნქცია.

scikit-fuzzy-ში გვაქვს `sigmf(x,b,a)` ფუნქცია:

```
y = sigmf(x, 6, 3)
plt.plot(x, y)
plt.show()
```



```
y = sigmf(x, 6, -3)
plt.plot(x, y)
plt.show()
```



### $\pi$ -მაგვარი მიკუთვნების ფუნქციები

მიკუთვნების ამ ტიპის ფუნქციებს მიეკუთვნება მრუდების მთელი კლასი, რომლებიც თავისი ფორმით ტრაპეციას, ზარს ან ასო  $\pi$ -ს ემსგავსებიან.

ერთ-ერთი ასეთი ფუნქციამიიღება Z - მაგვარი და S-მაგვარი ფუნქციების ნამრავლი და ჩაიწერება შემდეგი გამოსახულებით:

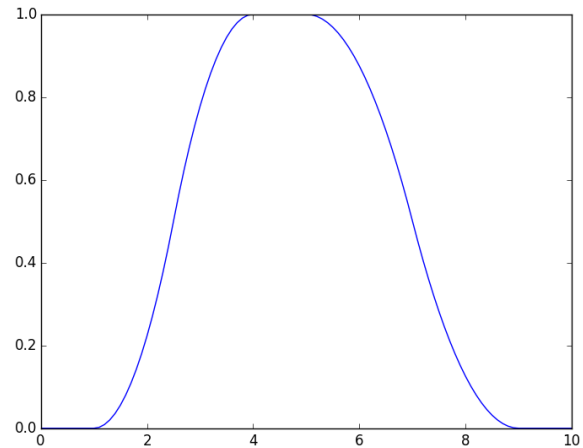
$$f_{\pi}(x, a, b, c, d) = f_S(x, a, b) \cdot f_Z(x, c, d)$$

$a, b, c, d \in \mathfrak{R}$ ,  $a \leq b \leq c \leq d$  ხოლო ნიშანი „ $\cdot$ “ ნიშნავს შესაბამისი ფუნქციების მნიშვნელობების ჩვეულებრივ, არითმეტიკულ ნარმრავლს. ავაგოთ ერთ-ერთი ასეთი ფუნქცია, ვთქვათ  $a = 1, b = 4, c = 5, d = 9$ . scikit-fuzzy-ში გვაქვს `pimf(x,a,b,c,d)` ფუნქცია:

```

y = pimf(x, 1, 4, 5, 9)
plt.plot(x, y)
plt.show()

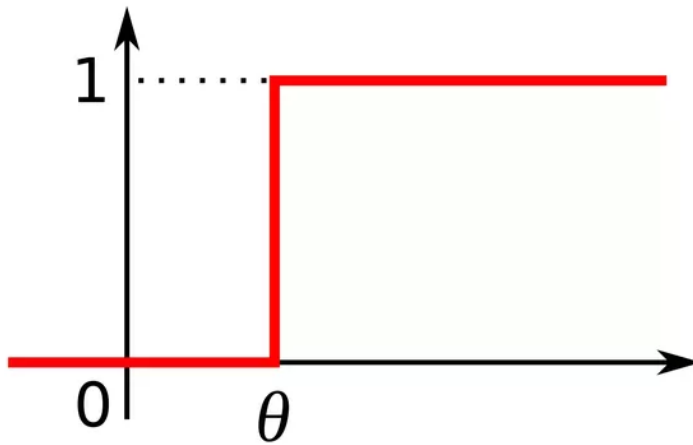
```



### ზღურბლოვანი ფუნქციები

ეს არის მარტივ ფუნქციათა კლასი, რომელიც იღებს ორ მნიშვნელობას. ამ შემთხვევაში, განვიხილავთ ისეთ ზღურბლოვან ფუნქციებს, რომლებიც იღებენ 0 და 1 მნიშვნელობებს.

$$f(x, \theta) = \begin{cases} 0, & x < \theta \\ 1, & x \geq \theta \end{cases}$$



### მიკუთვნების ფუნქციის არჩევა აპლიკანტთა შერჩევის ამოცანისთვის

მიკუთვნების ფუნქციის არჩევისთვის, უპირველეს ყოვლისა, უნდა გავანალიზოთ ის შემავალი მონაცემები, რომლებიც შეგვიძლია ჩვენი მონაცემთა ბაზიდან მივიღოთ. ცხადია, მიკუთვნების ფუნქცია უნდა შეირჩეს ვაკანსიის გამომცხადებელი მომხმარებლისთვის,

რადგან სწორედ მას სჭირდება, შეარჩიოს სასურველი კადრი წინასწარ განსაზღვრული მონაცემების მიხედვით. ფუნქციამ უნდა შეძლოს აპლიკანტის რანჟირება მისი თვისებებიზე დაყრდნობით.

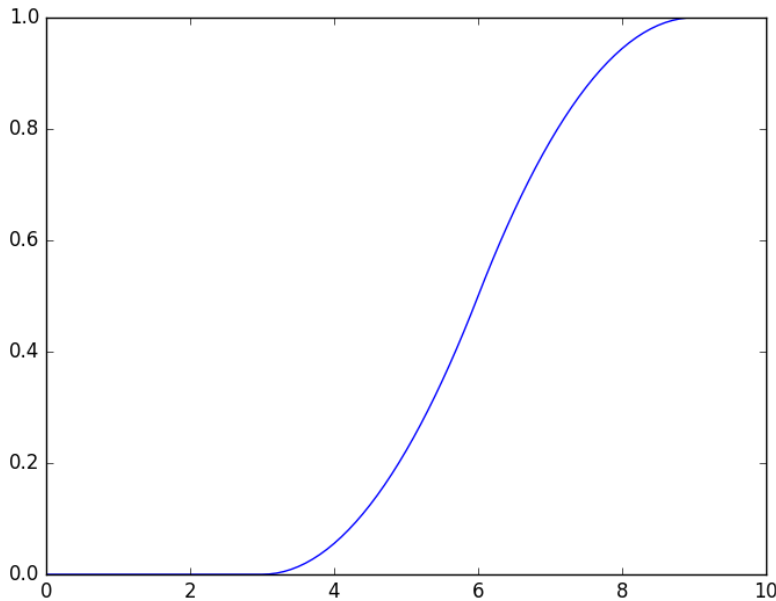
მონაცემთა ბაზაში გვაქვს ორი ვაკანსიის გამომცხადებლის მიერ მოთხოვნილ „გამოცდილებებში“ გვაქვს სამი ნიშნელობა: min\_value, max\_value და priority. აქედან გამომდინარე, უნდა შევარჩიოთ ისეთი მიკუთვნების ფუნქცია, რომლის ფორმულირებაც ორი მუდმივი მნიშვნელობით შეგვეძლება. ასეთი ფუნქციებია Z-მაგვარი და S-მაგვარი ფუნქციები. ასევე, შეგვიძლია გარკვეული მათემატიკური მანიპულაციების ხარჯზე, ამ ორი, მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობით, გამოვიყვანოთ კიდევ დამატებითი მნიშვნელობები და, შესაბამისად, ამოცანისთვის განვიხილოთ სხვა მიკუთვნების ფუნქციები, როგორებიცაა მაგალითად ტრაპეციული, სამკუთხა ან  $\pi$ -მაგვარი მიკუთვნების ფუნქციები.

1) როცა ვაკანსიის ავტორი უთითებს მინიმალურ და მაქსიმალურ მნიშვნელობას:

განვიხილოთ S მაგვარი ფუნქცია იმ ზემოთ მოცემული, მოთხოვნილი „გამოცდილების“ მიხედვით, სადაც ვაკანსიის ავტორისთვის სასურველია, რომ აიყვანოს ისეთი კადრი, რომელმაც იცის 3-დან 9-ის ჩათვლით პროგრამირების ენა. თუ მის მიერ დასახელებულ მინიმალურ და მაქსიმალურ მნიშვნელობებს გამოვიყენებთ, S-მაგვარი ფუნქციის პარამეტრებად, მაშინ მივიღებთ ასეთ სურათს:

$$f_{S_i}(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a} \pi\right), & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{cases} \quad a, b \in \mathfrak{R}, a < b$$



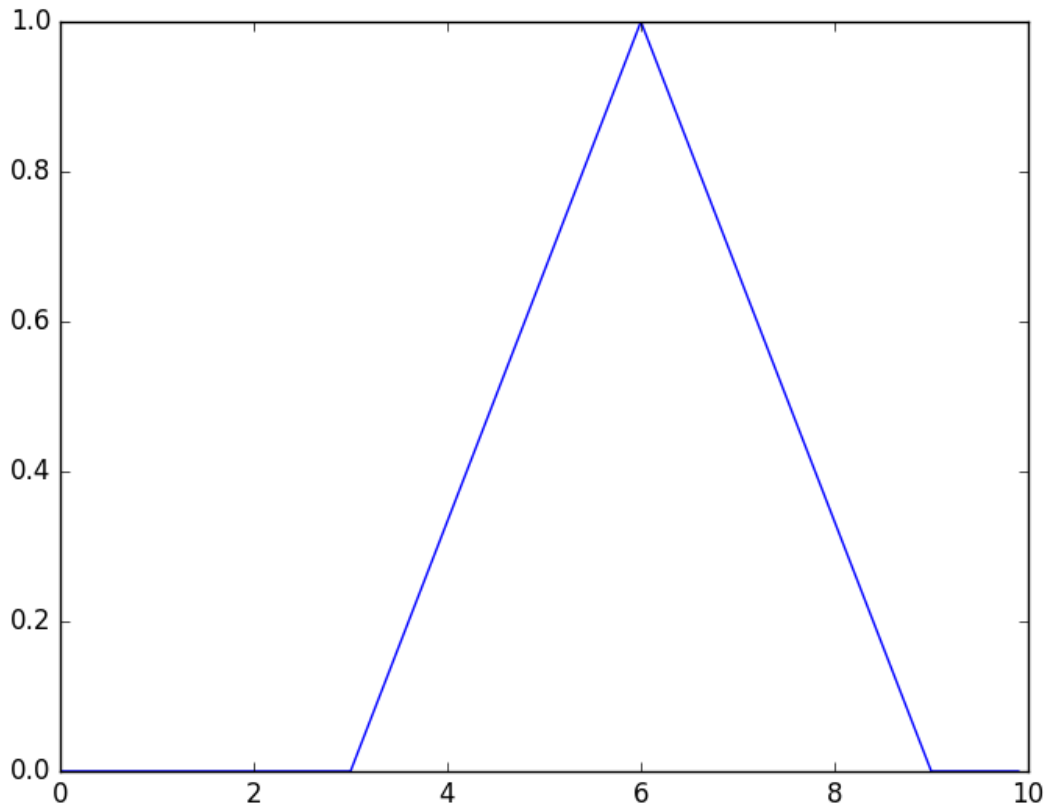


მიკუთვნების ფუნქციის შერჩევის მთავარი იდეა ის არის, რომ მის მიერ დაბრუნებული მნიშვნელობა მით უფრო ახლოს უნდა იყოს ერთთან, რამდენადაც არგუმენტად გადაცემული მნიშვნელობა ხელსაყრელია აპლიკაციის ავტორისათვის. ამ შემთხვევაში, თუ ფუნქცია, შეაფასებს 6 პროგრამული ენის მცოდნე აპლიკანტს, მისი შეფასება იქნება 0.5 ( $f_{s_1}(6,3,9) = 0.5$ ), რაც ნამდვილად არალოგიკურია, რადგან როცა ვაკანსიის ავტორი სასურველ მნიშვნელობათა შუალედს ასახელებს, თამამად შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მისთვის სასურველი არ იქნება ის მნიშვნელობები, რომლების მის მიერ დასახელებული შუალედის საზღვრებთან ახლოს მდებარეობს, არემედ ის მნიშვნელობები, რომლებიც შუალედის შუა ნაწილთან არიან ახლოს. ამისთვის საჭიროა შევარჩიოთ ისეთი ამოზნექილი ფუნქცია, რომლებიც დასახელებული შუალედის საზღვრებში მინიმალურ მნიშვნელობებს იღებენ. ასეთი ფუნქციებია ტრაპეციული, სამკუთხა და  $\pi$ -მაგვარი ფუნქციები, თუმცა ჩვენ მხოლოდ ორი სტატისკური მნიშვნელობა გვაქვს ამ ფუნქციების რეალიზაციისთვის, ამ ფუნქციებს კი, შესაბამისად, სჭირდებათ, ოთხი, სამი და ოთხი სტატისკური მნიშვნელობა. ამიტომ დაგვჭირდება გარკვეული მანიპულაციები, რომ ამ ორი min\_value და max\_value მნიშვნელობით, სამი, ან ოთხი მნიშვნელობა მივიღოთ.

ჩამოთვლილთაგან ყველაზე მოხერხებულად სამკუთხა მიკუთვნების ფუნქციის გამოყენება შეგვიძლია, რადგან მარტივად შეგვიძლია მივიღოთ ფუნქციის  $b$  წვეროს მნიშვნელობა, არითმეტიკული საშუალოს გამოთვლით. აქედან გამომდინარე, წვეროების მნიშვნელობები იქნება.

$$\begin{array}{ll}
 a = \text{min\_value} & a = 3 \\
 c = \text{max\_value} & \Rightarrow c = 9 \\
 b = \frac{a+c}{2} & b = 6
 \end{array}$$

ხოლო ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:



ეს ფუნქცია უკვე ლოგიკურად შეაფასებს 6 პროგრამირების ენის მცოდნე აპლიკანტს.

$$\text{trimf}(6, a, b, c) = 1$$

2) როცა მომხმარებელი უთითებს მხოლოდ მინიმალურ მნიშვნელობას:

ასეთ შემთხვევაში უმჯობესია გამოვიყენოთ ზღურბლოვანი ფუნქცია, სადაც ეგრედ წოდებული „ზღურბლი“ ვაკანსიის ავტორის მიერ დადგენილი „მინიმალური მნიშვნელობა“ (min\_value) იქნება. თუ ფუნქციის არგუმენტი min\_value-ზე მეტია, ფუნქციის მნიშვნელობა იქნება 1, ხოლო წინააღმდეგ შემთხვევაში - 0.

ზემოთ მოყვანილ მაგალითში, ვაკანსიის ავტორი ითხოვს რომ აპლიკანტს ჰქონდეს ინტელექტუალურ სისტემებზე მუშაობის მინიმუმ ერთწლიანი გამოცდილება. ამიტომ ჩვენ მიერ არჩეული ზღურბლოვანი ფუნქციის „ზღურბლი“ იქნება 1.

### თავი III. აპლიკაციათა რანჟირება

#### აგრეგატული ფუნქციები

ზოგადად, მათემატიკური ფუნქცია აღინიშნება როგორც  $y = f(x)$  სადაც  $x$  არგუმენტია, ხოლო  $y$  ფუნქციის მნიშვნელობა. არგუმენტი შესაძლოა იყოს  $n$ -განზომილებიანი ვექტორი  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  სადაც  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ვექტორის კომპონენტებია.

$f$  ფუნქცია შეიძლება მრავალნაირად იყოს წარმოდგენილი:

- როგორც ალგებრული გამოსახულება
- როგორც ფუნქციის გრაფიკი
- როგორც ვერბალურად გადმოცემული ბიჯების თანმიმდევრობა
- როგორც მონაცემთა გარკვეული ცხრილი
- როგორც რაიმე განტოლების ამონახსნი

აგრეგატული ფუნქცია არის განსაკუთრებული მახასიათებლების მქონე ფუნქცია, რომელსაც არგუმენტად გადაეცემა გარკვეულ მნიშვნელობათა ერთობლიობა და გამოსავალი მნიშვნელობა მხოლოდ ერთი.  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  ამჯერად განვიხილოთ აგრეგატული ფუნქცია  $[0,1]$  ინტერვალში:  $f : [0,1]^2 \rightarrow [0,1]$ .

მოვიყვანოთ აგრეგატული ფუნქციის გამოყენების მარტივი მაგალითი:

მაგალითად, გვაქვს ორი (ან მეტი) ალტერნატივა რაიმე გადაწყვეტილების მიღებისას და  $n$  კრიტერიუმი თითოეული შესაძლებლობის შესაფასებლად. აღვნიშნოთ ალტერნატიული ვარიანტები მახასიათებელთა ორი განსხვავებული ვექტორით,  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  და  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ . ჩვენი მიზანია ამ მახასიათებელთა დამუშავება რაიმე  $f$  აგრეგატული ფუნქციით, რომელიც გარკვეული პრინციპით გამოითვლის  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  და  $f(y_1, y_2, \dots, y_n)$ -ს და საშუალებას მოგვცემს მიღებული მნიშვნელობების მიხედვით, ამოვარჩიოთ საუკეთესო ვარიანტი.

ეს მაგალითი ზუსტად ესადაგება ნაშრომში აღწერილ ამოცანას, რადგან, ამ შემთხვევაში, ჩვენი მიზანია მათემატიკურად დავამუშავოთ მიღებული აპლიკაციები. ერთი მხრივ, გვაქვს ვაკანსიის ავტორის მიერ წამოჭრილი მოთხოვნები, ხოლო მეორე მხრივ ამ მოთხოვნების შესაბამისი მნიშვნელობები, რომლებიც ზემოთ აღწერილი მიკუთვნების ფუნქციებით დამუშავდება, ხოლო ამ დამუშავებული მნიშვნელობებისთვის უკვე საჭიროა, შევარჩიოთ აგრეგატული ფუნქცია, საბოლოო დასკვნის გამოსატანად. მოცემული ამოცანისთვის აგრეგატული ფუნქციების როლს მოგვიანებით განვიხილავთ, მანამდე კი წარმოვადგინოთ ყველაზე პოპულარული და გავრცელებული აგრეგატული ფუნქციები:

- *საშუალო არითმეტიკული*

$$f_n(x) = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$$

- *შეწონილი საშუალო არითმეტიკული*

$$M_w(x) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n), w_i \in [0,1]$$

- *საშუალო გეომეტრიული*

$$f_n(x) = \sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n}$$

- *საშუალო ჰარმონიული*

$$f_n(x) = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}}$$

- მინიმუმი

$$\min(x) = \min\{x_1, \dots, x_n\}$$

- მაქსიმუმი

$$\max(x) = \max\{x_1, \dots, x_n\}$$

- ნამრავლი

$$f_n(x) = \prod_{i=1}^n x_i$$

- შემოსაზღვრული ჯამი

$$f_n(x) = \min\{1, \sum_{i=1}^n x_i\}$$

## აგრეგატული ფუნქციების ძირითადი კლასები

აგრეგატული ფუნქციები იყოფიან გარკვეული კლასების მიხედვით და ესენია: კრებითი, კონიუნქციური, დიზიუნქციური და შერეული აგრეგატული ფუნქციები.

განვიხილოთ თითოეული ცალ-ცალკე.

- კრებითი აგრეგატული ფუნქციები (*Averaging Aggregation Functions*)

აგრეგატული ფუნქცია  $f$ -ს აქვს კრებითი ხასიათი (ან არის კრებითი) თუ ის ნებისმიერი  $x$  ვექტორისთვის შემოსაზღვრულია შემდეგნაირად:

$$\min(x) \leq f(x) \leq \max(x)$$

- კონიუნქციური აგრეგატული ფუნქციები (*Conjunctive Aggregation Functions*)

აგრეგატული ფუნქცია  $f$ -ს აქვს კონიუნქციური ხასიათი (ან არის კონიუნქციური) თუ ის ნებისმიერი  $x$  ვექტორისთვის შემოსაზღვრულია შემდეგნაირად:

$$f(x) \leq \min(x)$$

- დიზიუნქციური აგრეგატული ფუნქციები (*Disjunctive Aggregation Functions*)

აგრეგატული ფუნქცია  $f$  -ს აქვს დიზიუნქციური ხასიათი (ან არის დიზიუნქციური) თუ ის ნებისმიერი  $x$  ვექტორისთვის შემოსაზღვრულია შემდეგნაირად:

$$f(x) \leq \max(x)$$

- შერეული აგრეგატული ფუნქციები (*Mixed Aggregation Functions*)

შერეული აგრეგატული ფუნქციები ისეთ აგრეგატულ ფუნქციებს ეწოდებათ, რომლებიც არ მიეკუთვნებიან ზემოთ აღწერილ არცერთ კლასს.

## აგრეგატული ფუნქციების ძირითადი თვისებები

აგრეგატული ფუნქციებისთვის ასევე გამოყოფენ რამდენიმე ძირითად თვისებებს:

- იდემპოტენტურობა

აგრეგატული ფუნქცია  $f$  არის იდემპოტენტური, თუ ნებისმიერი  $x = (t, t, \dots, t)$  -სთვის  $f(x) = t$ .

მაგალითად, საშუალო არითმეტიკული არის კრებითი იდემპოტენტური აგრეგატული ფუნქცია, ისევე, როგორც საშუალო გეომეტრიული. ხოლო ნამრავლი არის კონიუნქციური აგრეგატული ფუნქცია.

- სიმეტრიულობა

სიმეტრიული აგრეგატული ფუნქცია  $f$ , თუ არგუმენტების ნებისმიერი პერმუტაციისთვის შესრულდება ტოლობა:

$$f(x_1, \dots, x_n) = f(x_{p(1)}, \dots, x_{p(n)})$$

მაგალითად, არითმეტიკული და გეომეტრიული საშუალო სიმეტრიული აგრეგატული ფუნქციებია.

- ნეიტრალური ელემენტი

$f$  აგრეგატულ ფუნქციას აქვს ნეიტრალური ელემენტი  $e \in [0,1]$  თუ ყოველი  $t \in [0,1]$  სთვის, ნებისმიერ პოზიციაზე, შესრულდება:

$$f(e, \dots, e, t, e, \dots, e) = t$$

- ანიჰილატორი (ეგრედ წოდებული შთანმთქმელი ელემენტი)

$f$  აგრეგატულ ფუნქციას აქვს შთანმთქმელი ელემენტი  $a \in [0,1]$  თუ  $f(x_1, \dots, x_{i-1}, a, x_{i+1}, \dots, x_n) = a$

თუ აგრეგატულ ფუნქციას აქვს ანიჰილატორი, იგი უნიკალურია და ის შეიძლება იყოს ნებისმიერი რიცხვი  $[0,1]$  შუალედიდან. კონიუნქციური აგრეგატული ფუნქციების შემთხვევაში  $a = 0$ , ხოლო დიზიუნქციურის შემთხვევაში  $a = 1$ .

## აგრეგატული ფუნქციის შერჩევა

სანამ გადავალთ უშუალოდ მოცემული ამოცანისთვის აგრეგატული ფუნქციის შერჩევაზე, უპირველეს ყოვლისა, შემოვიღოთ მათემატიკური აღნიშვნები ამოცანის ზოგიერთი კომპონენტისთვის. ვთქვათ, გვაქვს აპლიკაციათა სიმრავლე:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

ხოლო თითოეული  $a_i$  ელემენტს, ანუ თითოეულ აპლიკაციას შეესაბამება თვისებათა გარკვეული სიმრავლე, რომლის ზომაც ფიქსირებულია და შეესაბამება ვაკანსიის ავტორის მიერ დადგენილი მოთხოვნების რაოდენობას.



$$X_{(a_n)} = \{x_1^{(a_i)}, x_2^{(a_i)}, \dots, x_m^{(a_i)}\}$$

ზემოთ მოყვანილი მაგალითის შემთხვევაში, X სიმრავლე იქნება 3 ელემენტიანი ( $m=3$ ), რომლებიც შესაბამისად გამოხატავენ პროგრამირების ენების რაოდენობას, ინტელექტუალურ სისტემებზე მუშაობის გამოცდილებას წლებში და ასაკს. ანუ  $X_{(a_i)} = \{7,2,23\}$

თითოეული თვისება ფასდება მიკუთვნების ფუნქციებით, რომელის აღწერაც ხდება იმ ლოგიკით, რომელიც ზემოთაა აღწერილი და რეალურად მივიღებთ მიკუთვნების ფუნქციათა მნიშვნელობების სიმრავლეს მოცემული თვისებებისათვის:

$$\mu(X_{(a_i)}) = \{\mu(x_1^{(a_i)}), \mu(x_2^{(a_i)}), \dots, \mu(x_m^{(a_i)})\}$$

სწორედ ამ სიმრავლისთვისაა საჭირო აგრეგატული ფუნქციის შერჩევა, რათა მისი გამოყენებით შევძლოთ თითოეული აპლიკაციის შეფასება, ყველა თვისების გათვალისწინებით.

ჩვენ გვაქვს ძალიან ფართო არჩევანი აგრეგატული ფუნქციის შერჩევისათვის, ისინი იყოფიან უამრავ ოჯახებად, როგორებიცაა, მაგალითად, სამკუთხა ნორმები და კონორმები, ჩოკეს და სუგენოს ინტეგრალები და მრავალი სხვა. აგრეგატული ფუნქციის შერჩევამდე ჩნდება უამრავი კითხვა, რომელიც უშუალოდ დაკავშირებულია იმ ამოცანასთან, რომლისთვისაც ვირჩევთ ამ აგრეგატულ ფუნქციას, მაგალითად, უშუალოდ შერჩევის გარდა, ისიც გასარკვევია, იქნება თუ არა საკმარისი ერთი აგრეგატული ფუნქცია დასახული ამოცანისთვის. უპირველეს ყოვლისა აგრეგატული ფუნქცია თავსებადი უნდა იყოს თვითონ აგრეგაციის პროცედურის სემანტიკასთან. გათვალისწინებული უნდა იყოს მოცემული ამოცანისთვის აგრეგატული ფუნქციის კონიუნქციურობაა საჭირო, დიზიუნქციურობა, კრებითობა თუ სიმეტრიულობა; საჭიროა ჰქონდეს ნეიტრალური, თუ შთანმთქმელი ელემენტი? ჩვენს, აპლიკაციების შერჩევის ამოცანაში გვაქვს რამდენიმე მკვეთრად გამოკვეთილი მახასიათებელი: აგრეგატულ ფუნქციას უნდა ჰქონდეს კრებითი ხასიათი, რადგან ზემოთ ჩვენ მიერ შერჩეულმა მიკუთვნების ფუნქციებმა შეიძლება მიიღონ მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობაც მნიშვნელობათა სიმრავლიდან, ანუ 0 და 1, ხოლო ვინაიდან ჩვენ გვინდა რომ აგრეგატული ფუნქციის მნიშვნელობა  $[0,1]$  შუალედში იყოს, ამიტომ იგი კრებითი უნდა იყოს. იგი უნდა იყოს სიმეტრიული, რადგან მომხმარებელმა, შესაძლოა, ნებისმიერი თანმიმდევრობით დაამატოს სისტემაში მოთხოვნები საკუთარ ვაკანსიაზე;

ასევე უნდა ავარჩიოთ ისეთი აგრეგატული ფუნქცია, რომელსაც არ ექნება ანიჰილატორი, რადგან ფუნქციის არგუმენტთა ნებისმიერი მნიშვნელობისთვის ჩვენი მიზანია, აგრეგატული ფუნქციის მნიშვნელობა დამოკიდებული იყოს ყველა არგუმენტზე და არა რომელიმე ერთ-ერთზე. ზემოთ ჩამოთვლილ, ყველაზე გავრცელებულ აგრეგატულ ფუნქციათაგან, აღნიშნულ პირობებს აკმაყოფილებს საშუალო არითმეტიკული და ვინაიდან, შესაძლებელია ვაკანსიის ავტორმა თავის დადგენილ მოთხოვნებს პრიორიტეტებიც მიანიჭოს, ამიტომ გამოვიყენოთ შეწონილი საშუალო არითმეტიკული.

აქედან გამომდინარე, ვითვლით შეწონილ საშუალო არითმეტიკულს  $\mu(X_{(a_i)})$ -სთვის:

$$M_w(\mu(X_{(a_i)})) = \frac{\sum_{j=1}^n \mu(x_j^{(a_i)}) w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

რის შედეგადაც მივიღებთ კონკრეტული აპლიკაციის გარკვეულ შეფასებას  $[0,1]$  შუალედიდან. ამ პრინციპით შევაფასებთ ვაკანსიაზე მოსულ თითოეულ აპლიკაციას და უკვე ვდგებით კიდევ ერთი აგრეგატული ფუნქციის შერჩევის წინაშე, თუმცა ამ შემთხვევაში, საქმე უფრო მარტივადაა, ჩვენ ვეძებთ ისეთ აპლიკაციას რომლის ეგრედ წოდებული „შეფასება“ იქნება ყველაზე მაღალი, ანუ ამ პრინციპით ჩვენ უნდა გამოვავლინოთ „საუკეთესო“, ხელსაყრელი აპლიკაცია. ამიტომ ყველაზე ლოგიკური იქნება თუ ავიღებთ max აგრეგატულ ფუნქციას.

ახლა კი ფორმულირებულად შევაჯამოთ რანჟირების მთელი ეს პროცესი:

გვაქვს აპლიკაციათა სიმრავლე

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

თვისებათა სიმრავლეების სიმრავლე:

$$X_A = \{X_{(a_1)}, X_{(a_2)}, \dots, X_{(a_n)}\}$$

თვისებათა სიმრავლე:

$$X_{(a_i)} = \{x_1^{(a_i)}, x_2^{(a_i)}, \dots, x_m^{(a_i)}\}$$

შემდეგ გამოვითვალოთ მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობები თვისებებისთვის:

$$\mu(X_{(a_i)}) = \{\mu(x_1^{(a_i)}), \mu(x_2^{(a_i)}), \dots, \mu(x_m^{(a_i)})\}$$

მიღებულ სიმრავლეს ვუკეთებთ აგრეგირებას შეწონილი საშუალო არითმეტიკულით:

$$M_w(\mu(X_{(a_i)})) = \frac{\sum_{j=1}^n \mu(x_j^{(a_i)}) w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

ვითვლით აგრეგატულ მნიშვნელობებს თვისებათა თითოეული სიმრავლისთვის :

$$M_w(\mu(X_A)) = \{M_w(\mu(x_{(a_1)})), M_w(\mu(x_{(a_2)})), \dots, M_w(\mu(x_{(a_n)}))\}$$

და ბოლოს ვიღებთ მაქსიმალურ მნიშვნელობას მიღებული სიმრავლიდან  $\max(M_w(\mu(X_A)))$ , რომელიც შეესაბამება პირობითად ყველაზე ხელსაყრელ აპლიკაციას.

## თავი IV. გადაწყვეტილების მიღების სისტემის პროგრამული იმპლემენტაცია

სისტემის ბირთვს წარმოადგენს, ეგრედ წოდებული, REST ვებ-სერვისები, რაც სამომავლოდ საშუალებას მოგვცემს სისტემის ერთი ფუნქციონალი გამოვიყენოთ სხვადასხვა ტიპის ტექნოლოგიებით. იქნება ეს ვებ-ტექნოლოგიები, მობილური აპლიკაციები, თუ სხვა. სწორედ ამიტომაც ნაშრომში წარმოდგენილი მაგალითები json ფორმატში. ამ ეტაპზე მუშაობს სისტემის ძირითადი ფუნქციონალი REST ვებ-სერვისებზე, php-ს Yii2 ფრეიმვორკით. ფუნქციონირებს სისტემაში მომხმარებლის რეგისტრაცია და ავტორიზაცია, პირადი ინფორმაციის დამატება, ვაკანსიის რეგისტრაცია, ვაკანსიაზე მოთხოვნების დამატება, აპლიკაციის გაგზავნა ვაკანსიაზე და აპლიკაციების რანჟირება. ეს უკანასკნელი ნაშრომის მთავარ ასპექტს წარმოადგენს და თავისი არსით ნაშრომში აღწერილი სისტემისგან დამოუკიდებელი კომპონენტია, როგორც გადაწყვეტილების მიღების სისტემა და ჩვენს სისტემაში მხოლოდ აპლიკაციათა შერჩევის ამოცანით არის სინთეზირებული. უფრო კონკრეტულად რომ ვთქვათ, სისტემაზე მუშაობის ეგიდით დაიწერა გადაწყვეტილების მიღების ბიბლიოთეკა php-ზე, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია მრავალნაირ გადაწყვეტილების მიღების ამოცანებში და შესაძლებელია, მისი ჩაშენება ნებისმიერ php პროექტში composer-ის მეშვეობით. აქედან გამომდინარე, კოდი ხალმისაწვდომია github-ზე და ნებისმიერ მსურველს შეუძლია ბიბლიოთეკის გაუმჯობესება და განვითარება.

### გადაწყვეტილების მიღების ბიბლიოთეკა

Github: <https://github.com/goodot/fuzzy-dm>

Packagis: <https://packagist.org/packages/ketili/fuzzydm>

ამ ბიბლიოთეკაში საშუალება გვაქვს გამოვიყენოთ შემდეგი მიკუთვნების ფუნქციები:

- სიგმოიდური
- ზღურბლოვანი
- სამკუთხა

აგრეგატული ფუნქციები:

- საშუალო არითმეტიკული
- შეწონილი საშუალო არითმეტიკული
- საშუალო გეომეტრიული
- შეწონილი საშუალო გეომეტრიული
- საშუალო ჰარმონიული
- შეწონილი საშუალო ჰარმონიული

ბიბლიოთეკის კომპონენტების ილუსტრაციისთვის მოვიყვანოთ რაიმე გადაწყვეტილების მიღების მაგალითი, რისთვისაც გამოვიყენებთ ამ ბიბლიოთეკას. ვთქვათ, კალათბურთის გუნდისთვის გვინდა შევარჩიოთ გამთამაშებელი. გვაქვს შემდეგი მოთხოვნები:

- მოთამაშის სიმაღლე დაახლოებით უნდა იყოს 180-195 სმ (0.69)
- მოთამაშეს NBA-ში გატარებული უნდა ჰქონდეს 3-6 სეზონი (0.84)
- მოთამაშე უნდა იყო დაახლოებით 27-30 წლის (0.9)

ფრჩხილებში მითითებულია მოთხოვნათა პრიორიტეტები

დავუშვათ, გვყავს სამი კანდიდატი, რომელთა შორისაც უნდა გავაკეთოთ არჩევანი:

- მანუ ჯინობილი 198სმ, 39 წლის, NBA-ში ითამაშა 15 სეზონი
- ტონი პარკერი 188სმ, 34 წლის, NBA-ში ითამაშა 16 სეზონი
- სერხიო როდრიგესი 191სმ, 30 წლის, NBA-ში ითამაშა 5 სეზონი

ამ ყველაფერს პროგრამულად შემდეგნაირად ჩავწერთ:

```

//აგრეგატული ფუნქცია
$aggregationFunction = new WeightedArithmeticMean();

//მოთხოვნები
$height = new Feature("Height", new Trimf(170, 190, 205));
$height->set_weight(0.69);
$seasons = new Feature("Seasons", new Trimf(1, 5, 10));
$seasons->set_weight(0.84);
$age = new Feature("Age", new Trimf(20, 28, 36));
$age->set_weight(0.9);

= $features = array(
    |     $height, $seasons, $age
    | );

```

```

//შესარჩევი ობიექტები
= $items = array(
=     new Item("Manu Ginobili",
=         array(
=             "Height"=>198,
=             "Seasons"=>15,
=             "Age"=>39)),
=     new Item("Tony Parker",
=         array(
=             "Height"=>188,
=             "Seasons"=>16,
=             "Age"=>34
=         )),
=     new Item("Sergio Rodrigues",
=         array(
=             "Height"=>191,
=             "Seasons"=>5,
=             "Age"=>29
=         ))
= );

//მონაცემების დამუშავება
$analyzer = new Analyzer($features, $items, $aggregationFunction);

$result = $analyzer->analyze();
$best = $analyzer->top(1);

echo json_encode(array("result"=>$result, "best"=>$best));|

```

შედეგად, მივიღებთ:

```
[
  "result": [
    {
      "item_identifier": "Manu Ginobili",
      "score": 0.13251028806584
    },
    {
      "item_identifier": "Tony Parker",
      "score": 0.34814814814815
    },
    {
      "item_identifier": "Sergio Rodrigues",
      "score": 0.93477366255144
    }
  ],
  "best": [
    {
      "item_identifier": "Sergio Rodrigues",
      "score": 0.93477366255144
    }
  ]
]
```

როგორც ჩანს, ყველაზე ხელსაყრელი გამთამაშებლის სტატუსი სერხიო როდრიგესს ერგო, რაც, ლოგიკურად რომ ვიმსჯელოთ, მართლაც ჯდება ჩვენ მიერ წინასწარ განსაზღვრულ მოთხოვნებში.

### სისტემის მუშაობის სიმულირება

ვინაიდან სისტემა განვითარების პროცესშია და ამ ეტაპზე რეალურ სიტუაციებში მის შემოწმებას ვერ შევძლებთ, ამიტომ საჭირო გახდა, მონაცემთა ბაზის სიმულირებული მონაცემებით შევსება. ამ პრინციპით, სისტემაში დარეგისტრირდა 1000 ფსევდო-მომხმარებელი, თითოეულმა მათგანმა კი აპლიკაცია გაგზავნა ერთ ვაკანსიაზე, რომელიც წარმოდგენილია ქვემოთ.

ვთქვათ ვეძებთ პროგრამისტს შემდეგი მოთხოვნებით:

- პროგრამირების ენების რაოდენობა მინიმუმ - 1, მაქსიმუმ - 15 (0.85)
- ასაკი მინიმუმ - 13 წელი მაქსიმუმ - 50 წელი (0.45)
- გამოცდილება მინიმუმ 1 წელი (0.67)
- განხორციელებული პროექტების რაოდენობა მინიმუმ 1 (0.8)
- უცხო ენების რაოდენობა (ტექნიკურ ლიტერატურაში გასარკვევად) მინიმუმ - 1 მაქსიმუმ - 3 (0.2)

წარმოვადგენ იმ 1000 ფსევდო მომხმარებლის მონაცემებს და აპლიკაციებს, რომლებიც ამ ვაკანსიით „დაინტერესდნენ“:

სახელი	გვარი	პროგრამირების ენები	ასაკი	გამოცდილებ ა	პროექტებ ი	უცხო ენები
Bobbie	Farrell	11	40	1	2	0
Angela	Freeman	8	25	6	2	0
Melisa	Branch	17	53	4	3	1
William	Castaneda	3	41	1	5	0
Britt	Huff	11	42	3	5	2
Duran	Oneill	8	13	6	6	2
Ortega	Burriss	1	43	4	4	2
Brady	Parrish	20	54	6	2	2
Benjamin	Keith	12	54	6	4	2
Pacheco	Cardenas	10	50	5	6	2
Vilma	Bartlett	1	34	3	2	0
Whitaker	Collins	10	31	3	3	1
Mack	Solomon	14	14	2	3	0
Phelps	Wells	10	61	1	2	2
Ethel	Bernard	11	52	3	2	0
Carlene	Murray	8	20	4	3	0
Mclean	Sherman	6	54	5	2	2
Stephanie	Maddox	9	55	5	3	0
Luann	Baird	7	61	4	4	1
Meyer	Keller	5	38	3	3	0
Neal	Estes	9	58	2	2	0
Talley	Burnett	19	57	4	6	1
Waters	Guzman	7	47	5	3	0
Amanda	Wong	6	45	1	5	0
Rosales	Odom	2	47	2	2	1
Sophia	Klein	12	30	5	6	2
Hanson	Marquez	18	23	1	6	2
Mercer	Sheppard	9	51	6	1	1
Jaime	Calderon	1	59	3	1	2
Kristy	Woodard	12	39	6	6	0
Singleton	Barnes	15	24	3	5	0
Monica	Hammond	17	25	4	4	1
Twila	Schroeder	11	40	2	5	0
Christy	Travis	9	43	4	4	2



Phyllis	Hyde	2	38	5	5	2
Barron	Yang	4	54	5	5	0
Allison	Booker	5	31	6	1	2
Matthews	Snow	10	29	5	4	2
Yesenia	Vincent	10	14	5	4	0
Anderson	Briggs	16	21	4	6	0
Hicks	Moore	3	57	5	3	2
Laurie	Mcfarland	4	42	2	4	1
Avery	Carrillo	9	34	3	1	0
Forbes	Delacruz	19	47	3	2	2
Baird	Wilder	4	60	1	4	1
Barker	Henry	20	38	5	5	2
Walsh	Roberson	4	13	1	5	2
Chandler	Mcdowell	12	20	3	1	0
Hopper	Morrow	7	35	4	4	2
Ramona	Lynn	16	25	2	4	0
Carney	Strickland	1	38	5	1	1
Tamra	Simmons	14	33	5	1	2
Hendricks	Cruz	18	44	3	6	0
Fulton	Curtis	4	56	5	6	2
Laurel	Cleveland	17	61	6	6	1
Cook	Harper	9	58	2	3	2
Cain	Hubbard	7	31	1	1	0
Lambert	Donaldson	5	13	6	6	1
Beck	Preston	17	42	2	1	1
Charlotte	Rivas	11	28	1	6	2
Trisha	Clay	6	38	3	5	0
Anita	Lloyd	14	54	1	3	0
Russell	Jennings	16	57	3	4	2
Michele	Hoover	17	32	5	6	2
Rhoda	Steele	18	33	4	1	0
Daugherty	Justice	4	21	2	2	1
Roach	Lee	15	16	2	3	0
Jordan	Finch	3	40	4	4	1
Liliana	Copeland	13	55	3	4	1
Rivas	Gentry	7	22	5	6	2
Barrett	Terrell	5	59	3	3	1
Cheryl	Cameron	20	36	3	2	0
Valeria	Mcintyre	14	14	3	4	1
Huff	Dotson	17	41	6	1	0
George	Morales	12	60	6	2	2

Pitts	Noble	17	37	5	3	0
Bullock	Powell	8	48	1	5	0
Phillips	Mathews	10	32	5	2	0
Winnie	Cobb	12	21	1	3	1
Ilene	Stephens	11	17	3	2	1
Nancy	Durham	19	43	6	4	1
Tanisha	Guerra	2	46	6	1	0
Tracey	Johnston	9	50	3	4	1
Gay	Bridges	7	33	6	6	0
Alexander	Watson	13	46	6	6	2
Johns	Wolf	9	46	1	5	2
Willie	Becker	13	57	2	1	2
Hillary	Maynard	17	27	1	6	2
Tucker	Booth	16	31	1	6	2
Valenzuela	Mclean	20	46	3	5	2
Alberta	Patrick	9	61	1	5	2
Lilly	Dixon	1	61	4	5	1
Brooks	Head	4	29	1	1	0
Humphrey	Joyner	12	40	4	2	2
Oconnor	Coleman	11	35	1	1	1
Jennings	Contreras	9	37	2	3	1
Kerr	Montgomer y	16	39	2	1	0
Fuentes	Fowler	20	36	5	3	1
Graham	Walter	9	35	4	6	0
Cannon	Mayer	7	23	1	2	2
Burns	Bowen	4	27	2	1	1
Barr	Duke	1	61	6	5	1
Blanche	Padilla	5	35	5	4	2
Deena	Howard	3	32	1	6	0
Padilla	Fletcher	11	38	1	4	2
Nell	Mckenzie	9	46	2	3	1
Glass	Houston	4	29	4	6	1
Hudson	Dorsey	16	45	2	3	0
Beatriz	Holt	2	58	3	3	1
Fletcher	Gibson	19	26	2	5	2
Tran	Oliver	12	38	1	5	0
Christa	Woods	19	13	3	5	1
Dean	Yates	12	59	2	3	0
Amparo	Underwood	18	61	1	5	1
Lawrence	Luna	14	35	4	6	1
Decker	Bonner	10	58	3	3	2

Hahn	Talley	2	52	5	1	2
Estes	Ayala	5	44	4	5	0
Webb	Alford	17	16	6	4	0
Roberson	Stevenson	13	53	3	2	2
Ellison	Carpenter	18	14	2	3	2
Nellie	Pierce	9	33	1	1	1
Martha	Hunt	20	46	2	2	1
Cole	Crane	12	46	3	3	1
Parker	Whitney	18	59	2	1	2
Cobb	Hess	8	28	6	1	1
Tammi	Cortez	2	59	2	3	0
Kemp	Holder	19	28	5	5	2
Henrietta	Daniel	5	27	2	4	2
Stella	Castro	14	52	3	2	1
Parks	Compton	20	20	1	6	1
Kathrine	Joyce	2	44	1	2	1
Collier	Heath	9	59	6	5	1
Pruitt	Wilkerson	13	50	5	5	2
Sargent	Fry	8	25	5	6	2
Shana	Cook	19	52	2	1	2
Becky	Lawson	1	14	6	6	2
Terry	Boyle	10	43	3	5	0
Simpson	Newman	3	16	1	3	1
Leann	Schmidt	20	43	5	1	0
Candace	Allison	14	43	4	4	1
Diana	Hernandez	6	32	1	4	1
Morse	Burgess	3	47	5	2	2
Kaufman	Miles	12	58	4	6	2
Mooney	Dudley	1	21	1	4	2
Mcneil	Mccullough	5	56	2	1	0
Hughes	Hart	15	45	4	1	1
Edith	Figuroa	11	39	5	2	0
Eloise	Wilkins	12	42	5	4	2
Pearson	Medina	2	14	6	5	2
Bernice	Lester	20	36	4	5	2
Burnett	Slater	18	22	2	5	0
Ollie	Deleon	19	21	4	4	1
Alexis	Foreman	18	53	4	5	0
Esther	Lindsay	2	32	2	1	1
Kirby	Valenzuela	11	24	4	6	2
Key	Aguirre	8	61	6	2	1

Lila	Wiggins	20	17	5	1	2
Combs	Tyson	14	45	5	1	2
Taylor	Hartman	17	53	4	1	1
Mccarthy	Schneider	12	32	4	6	2
Tamara	Wade	9	45	6	6	1
Nunez	Kaufman	8	32	4	1	1
Molina	Avila	15	30	4	6	2
Byrd	Tanner	19	29	4	3	1
Mercado	Garrison	19	26	2	3	0
Lynch	Rowe	13	17	4	5	1
Bertha	Cooke	6	61	1	2	1
Rachelle	Stout	11	24	3	4	2
Irma	Garcia	10	58	4	6	0
Bethany	Stein	19	48	5	1	2
Bowman	Whitfield	19	15	3	2	2
Rhonda	Haley	16	17	4	3	0
Meredith	Raymond	20	15	3	3	2
Ayers	Velazquez	16	38	2	3	1
Raquel	Gilliam	13	49	3	6	1
Katheryn	Cantu	18	24	6	2	2
Velez	Shepard	14	61	3	3	0
Dawson	Torres	5	57	6	4	0
Estelle	Sweet	17	28	1	5	2
Hodge	Stone	1	14	4	2	2
Winters	White	2	18	1	1	0
Riley	Harrell	3	36	2	2	2
Reba	Kidd	8	52	6	1	2
Evangelina	Campos	9	27	2	6	0
Millie	Logan	15	53	3	1	0
Atkinson	Salas	17	46	2	6	0
Madden	Sharpe	2	31	2	5	2
Hallie	Alvarado	10	13	4	6	1
Rose	Brewer	7	31	4	5	1
Betsy	Finley	11	40	3	6	0
Johnston	Cotton	6	38	6	1	1
Pansy	Adams	13	27	3	2	0
Spencer	Dunlap	18	16	5	5	2
Mildred	Vargas	3	42	3	3	2
Celia	Navarro	20	47	1	5	1
Liz	Weeks	14	40	1	1	1
Olivia	Oneil	3	46	4	2	0

Christina	Sears	7	51	5	3	0
Dianna	Mendoza	9	34	6	3	1
Sharpe	Levy	16	20	1	2	1
Mullins	Valdez	20	31	4	6	0
Mia	Zamora	5	30	2	6	0
Serrano	Lane	12	31	1	4	2
Gallegos	Hendricks	6	57	5	6	2
Florence	Black	20	14	3	5	2
Catalina	Estrada	10	18	2	5	2
Cristina	Abbott	1	55	2	4	0
Rena	Atkins	17	60	5	4	1
Pratt	Stark	17	16	4	3	1
Pam	Floyd	12	43	4	1	0
Parsons	Reynolds	11	38	5	3	2
Henry	Campbell	6	59	4	5	2
Jayne	Rogers	4	54	5	2	1
Pearl	Scott	17	16	6	5	0
Stafford	Macdonald	11	54	6	5	0
Janine	Doyle	8	32	4	3	0
Washington	Mcgowan	15	28	4	5	0
Addie	Monroe	12	51	5	1	0
Lindsey	Stokes	19	54	1	4	2
Montgomery	Sanford	1	37	5	1	2
Benton	Reyes	8	52	3	1	0
Knowles	Dickson	10	19	6	2	1
Moran	Ballard	19	59	2	1	1
Tessa	Matthews	20	29	4	3	0
Love	Rosa	8	18	2	4	1
Adrienne	Nelson	5	26	5	2	2
Antonia	King	11	41	1	2	2
Roseann	Roy	12	18	2	3	1
Kristine	Ryan	7	60	4	3	1
Madge	Holman	18	17	5	6	0
Kelli	Barton	18	27	2	6	0
Charmaine	Mcclain	9	58	5	3	0
Strong	Clemons	4	17	6	1	2
Aguilar	Franklin	15	56	3	6	2
Kline	Barry	8	37	4	2	2
Sears	Malone	11	29	2	5	0
Nixon	Diaz	7	17	4	2	0
Griffin	Whitley	9	28	4	4	2

Dixon	Church	17	54	5	6	1
Huffman	Lang	14	44	2	3	0
Lowery	Castillo	3	34	1	5	2
Angelique	Sargent	18	47	1	2	2
Minnie	Zimmerman	18	15	6	6	1
Juliette	Perez	15	23	3	6	0
Lois	Bryan	8	54	6	2	0
Harding	Emerson	12	13	1	4	2
Jacklyn	Mason	11	40	4	6	0
Heath	Mckay	2	17	5	5	1
Oneil	Vaughn	6	56	4	2	1
Clements	Pickett	3	59	2	3	2
Hammond	Moon	3	57	2	4	0
Bernadine	Mooney	4	53	5	5	1
Herring	Morin	13	43	3	4	1
Foster	Rivera	1	15	4	1	0
Battle	Carter	16	16	6	1	1
Gomez	Lopez	17	52	1	1	2
Wilma	Wilson	1	28	3	4	0
Noemi	Irwin	7	44	4	4	0
Simmons	Whitaker	12	42	6	3	0
Latasha	Goff	8	36	3	5	2
Whitehead	Weaver	14	16	5	4	1
Ola	Berry	12	48	3	4	2
Graciela	Parker	14	55	3	6	1
Gilbert	Fulton	4	43	4	4	2
Olson	Witt	16	46	6	6	1
Emerson	Gonzales	2	48	5	6	0
Jean	Ross	11	33	3	3	1
Lorrie	Gilbert	14	43	4	3	1
Browning	Russell	8	55	1	6	2
Colette	Harvey	6	51	3	4	1
Adams	Richmond	13	25	4	4	0
Newman	Wise	11	26	2	6	1
Judy	Sloan	20	15	3	3	2
Rosemarie	Blackwell	5	45	4	3	2
Leticia	Richardson	2	31	6	2	0
Kerri	Love	16	38	6	6	2
Dona	Smith	12	35	1	5	1
Marguerite	Hodges	1	58	6	6	2
Rosemary	Flowers	1	31	4	6	0

Wendi	Blackburn	8	21	6	2	0
Rosella	Mckinney	11	18	1	2	2
Kara	Callahan	13	52	5	2	0
Weiss	Williams	19	45	4	3	0
Woods	Gaines	4	45	3	1	2
Frances	Carey	16	54	3	2	2
Ernestine	Alston	16	28	2	2	0
Iris	Roth	2	55	1	3	2
Santiago	Carr	20	45	1	5	0
Fisher	Haynes	19	19	6	4	1
Keith	Cantrell	6	54	6	3	2
Tania	Warren	11	18	2	3	2
Ellis	Leach	11	50	2	2	2
Hilda	Obrien	20	40	6	6	1
Jeannette	Bond	8	59	6	3	0
Greer	Chan	2	28	5	3	0
Susanne	Vaughan	14	24	3	4	1
Lorraine	Mann	10	22	4	4	0
Cecile	Larson	3	26	4	5	0
Concetta	Vang	15	18	2	6	2
Parrish	Gates	2	55	1	1	2
Beryl	Randall	2	50	5	5	0
Frye	Wolfe	4	43	6	3	0
Nona	Moreno	17	17	4	1	0
Harriet	Reilly	6	25	3	2	1
Ruth	Sparks	2	15	2	2	1
Walker	Burt	2	38	4	6	1
Gena	Quinn	8	30	6	2	0
Debbie	Robertson	2	42	1	2	2
Lawanda	Robinson	18	27	4	6	1
Compton	Stevens	2	47	5	1	0
Nanette	Higgins	4	59	5	2	0
Weber	Peterson	1	43	6	5	1
Miles	Hahn	15	60	3	2	0
June	Sweeney	12	44	1	6	1
Anastasia	Hardy	17	42	1	4	1
Stevenson	Buchanan	1	41	4	5	0
Schultz	Swanson	8	46	1	3	0
Sims	Fuentes	6	37	2	3	1
Mendoza	Hays	8	58	5	4	0
Melva	Buckley	18	57	1	1	2

Katharine	Blevins	6	42	6	6	0
Ryan	Mcneil	13	14	1	5	2
Elsie	Roman	12	23	6	5	0
Pollard	Jacobson	2	24	2	3	2
Olive	Shields	14	24	1	3	1
Wolfe	Hinton	8	59	4	4	1
Alissa	Nunez	2	24	1	5	1
Joan	Walters	5	22	5	3	0
Enid	Drake	1	46	2	2	0
Francis	Sullivan	18	43	2	5	2
Gould	Newton	7	41	1	4	0
Hines	Boyd	3	35	1	3	0
Yvonne	Sellers	20	51	5	2	1
Gonzales	Velasquez	12	20	4	1	2
Candy	Buckner	15	24	2	6	0
Franklin	Butler	12	46	6	4	0
Pamela	Snyder	13	42	1	3	2
Angelia	Jarvis	11	31	4	3	0
Rowe	Rodriquez	10	35	6	4	1
Esperanza	Beach	1	46	6	5	0
Bartlett	Farley	15	19	3	6	1
Conner	Mathis	19	28	6	5	0
Malinda	Mccarthy	18	23	6	5	1
Ford	Norman	8	52	3	3	0
Tamika	Guy	20	20	1	5	0
Natalia	Aguilar	7	21	3	4	2
Guadalupe	Dean	20	24	6	1	2
Adrian	Morse	3	29	5	4	0
Hebert	Valentine	16	22	2	1	0
Blake	Cochran	13	28	5	3	0
Vicki	Marks	13	61	1	2	2
Nichols	Bryant	14	21	4	2	1
Lindsay	Bailey	9	53	3	4	0
Wright	Wiley	18	19	2	3	1
Yang	Hale	7	43	5	5	0
Peterson	Tran	18	58	5	1	1
Dodson	Mcknight	6	26	4	2	0
Ophelia	Mcmahon	10	20	3	2	1
Rosalinda	Middleton	7	16	3	2	0
Gladys	Curry	7	17	6	3	1
Conway	Lindsey	20	35	5	3	0



Fry	Delgado	14	39	5	1	2
Kristie	Harding	11	33	4	5	1
Bates	Boone	14	27	6	2	0
Allison	Baker	10	56	6	2	2
Corinne	Williamson	17	55	4	2	1
Allie	Forbes	7	28	1	1	2
Elise	Peters	15	46	1	2	0
Edwards	Clark	8	42	5	5	2
Maxine	Nicholson	18	20	4	6	2
Marjorie	Gardner	1	21	1	5	0
Bowers	Mcintosh	17	49	1	2	1
Williams	Tate	4	25	3	2	2
Eva	Kirk	8	60	6	5	0
Smith	Davenport	2	30	5	4	2
Ratliff	David	17	22	5	3	0
Vance	Taylor	15	56	3	5	0
Shannon	Flores	7	51	6	4	2
Agnes	Hopkins	7	40	6	4	1
Haney	Patel	4	13	6	5	0
Janell	Cooley	19	49	3	4	1
Daniel	Duncan	1	33	1	1	2
Lee	Chambers	13	21	1	4	1
Louisa	Tucker	20	43	6	3	2
Mcmahon	Ruiz	1	31	3	2	2
Richardson	Cain	5	59	4	3	0
Gabrielle	Sharp	10	59	3	1	2
Kathie	Fields	20	36	1	3	2
Hinton	Miller	9	45	2	3	2
Lucile	Chaney	2	53	6	6	2
Joseph	Harmon	7	33	1	5	2
Jerry	Villarreal	16	29	6	5	1
Ester	Jones	10	58	6	5	1
Sheryl	Patton	11	32	5	6	1
Freeman	Cash	13	37	4	5	1
Livingston	Mercer	2	17	6	5	2
Tonia	Ware	2	41	3	6	1
Molly	Benjamin	16	43	1	4	2
Trevino	Holcomb	18	21	6	4	2
Gutierrez	Potter	20	30	2	2	1
Holcomb	Santiago	14	57	4	5	1
Meagan	Mccray	13	16	5	1	1

Shaffer	Schwartz	10	19	1	4	1
Joyce	Bradley	17	33	1	6	2
Cindy	Wallace	2	44	2	3	0
Petty	Howell	5	18	6	6	0
Katherine	Bell	20	58	1	3	2
Eaton	Morrison	1	59	2	1	0
Hogan	Hensley	6	61	1	1	2
Estrada	Davidson	11	53	4	1	2
Elena	Munoz	20	13	6	5	2
Perkins	Maxwell	7	33	4	2	0
Savannah	Rodriguez	15	58	3	4	0
Trujillo	Bray	11	59	5	2	2
Stone	Bush	2	17	4	4	1
Joann	Hawkins	19	14	5	1	1
Leach	Velez	1	44	1	5	2
Rosa	Moran	12	29	2	6	2
Katelyn	Lambert	7	42	4	1	0
Swanson	Blair	3	58	3	6	1
Polly	Dodson	11	34	2	1	1
Sophie	Faulkner	14	13	6	6	1
Angelina	Savage	5	17	4	6	0
Gilmore	Cannon	14	30	6	4	1
Mcdaniel	Horne	6	21	5	5	1
Frazier	Jimenez	9	18	5	2	1
Noel	Paul	15	46	6	1	1
Bennett	Lewis	19	51	2	5	1
Rosetta	Thomas	12	41	3	6	1
Hyde	Holland	20	57	4	6	1
Leblanc	Flynn	10	61	6	3	2
Latisha	Hebert	20	17	3	6	2
Rocha	Giles	2	45	5	6	1
Dollie	Perkins	8	26	5	1	0
Lisa	York	12	57	1	3	1
Natasha	Decker	4	39	4	3	1
Gregory	Beard	3	33	4	6	0
Barrera	Ramirez	2	49	5	5	1
Roth	Merrill	7	30	2	2	0
Kelsey	Phelps	2	22	3	5	1
Ofelia	Sanders	17	33	4	4	0
Regina	Martinez	17	50	5	2	2
Franco	Pollard	12	28	1	1	2

Fitzpatrick	Serrano	12	27	3	2	1
Kristina	Petersen	12	15	6	3	2
Bentley	Shepherd	11	49	1	5	1
Cote	Elliott	20	28	1	2	1
Katy	Bender	5	54	5	5	1
Jami	Ramsey	20	32	3	6	0
Mueller	Pennington	12	17	1	6	0
Cantrell	Carver	10	33	2	4	2
Lynnette	Burns	16	59	2	2	2
Garrison	Lowe	19	24	5	2	2
Janette	Orr	15	59	6	5	1
Esmeralda	Hooper	16	29	2	6	1
Alston	Camacho	2	45	4	5	2
Alyce	Walsh	15	32	2	6	0
Ginger	Merritt	20	26	1	1	0
Finley	Ellis	15	42	1	5	1
Toni	Cummings	17	23	3	2	0
Ramsey	Brady	13	49	6	3	1
Cooper	Griffin	6	27	6	5	2
Beth	Fleming	6	56	1	3	0
Leonor	Kemp	3	45	4	2	2
Hill	Knowles	4	22	4	5	1
Harmon	Ochoa	13	44	4	1	1
Aisha	Hamilton	10	17	6	2	0
Barbara	Marshall	18	38	2	1	1
Jody	Olsen	15	33	3	3	1
Brooke	Mcmillan	2	42	3	2	0
Carroll	Richard	2	45	2	6	1
Debora	Pope	2	16	5	1	1
Lesa	Bean	14	25	2	3	1
Brandi	Anthony	4	53	4	5	1
Solis	Cooper	7	41	1	6	0
Stark	Espinoza	17	52	5	1	0
Owen	Gallegos	12	33	6	4	0
Abby	Sanchez	6	14	4	3	1
Rosalie	Berger	15	25	5	4	2
Claudine	Graham	20	40	5	1	2
Hodges	Richards	20	34	6	6	2
Vanessa	Mclaughlin	1	30	3	5	0
Karen	Martin	15	26	6	4	2
Tanya	Odonnell	12	26	1	2	1

Mcguire	Douglas	5	25	5	2	2
Downs	Casey	7	38	5	4	2
Elba	Bruce	1	35	1	6	1
Mason	Horn	19	18	2	3	2
Houston	Herman	1	42	2	2	0
Kane	Massey	8	22	5	6	1
Mercedes	Ray	12	45	3	5	0
Atkins	Wyatt	9	34	2	5	1
Spears	Holloway	4	19	4	1	2
Donovan	Wheeler	3	27	5	3	0
Elvia	Dale	2	43	6	5	2
Manning	Goodwin	3	49	5	6	2
Moreno	Horton	3	21	1	4	0
Dee	Bishop	5	13	1	3	0
Heather	Thompson	19	16	2	5	0
Lauren	Baxter	10	45	1	6	0
Irene	Reed	4	39	6	1	1
Monroe	Oconnor	5	60	2	4	0
Vivian	West	6	47	2	2	1
Conley	Ramos	13	53	1	2	1
Mccarty	Riggs	2	29	1	2	2
Nielsen	Molina	12	46	4	5	1
Lynne	Gibbs	7	15	2	5	0
Queen	Harrison	12	13	4	4	1
Morris	Watts	14	49	6	6	1
Latoya	Franco	4	24	3	5	2
Sharon	Brennan	6	21	1	2	1
Snow	Sykes	4	28	5	4	0
Little	Leonard	9	34	1	4	0
Morton	Hicks	3	42	2	4	0
Mckee	Schultz	20	39	4	5	0
Keisha	Kline	15	30	1	4	1
Macias	Mcfadden	20	20	4	2	0
Celeste	Humphrey	20	48	5	6	2
Burt	Moses	4	35	3	2	0
Doris	Best	7	58	3	6	2
Cardenas	Hardin	17	27	4	5	0
Allen	Hurley	17	21	5	6	1
Faith	Christian	4	34	1	3	0
Mary	Brock	18	20	6	3	2
Candice	Conway	3	23	6	3	1

Holder	Pitts	14	42	3	6	1
Audra	Kelley	12	55	6	6	1
Mcmillan	Cherry	8	16	3	4	0
Bird	England	19	24	5	4	1
Caldwell	Warner	6	14	2	3	2
Lesley	Mccormick	20	30	4	6	1
Noelle	Ward	11	21	4	3	0
Martinez	Madden	4	31	3	6	0
Josephine	Morgan	18	14	5	4	0
Castaneda	Gomez	10	58	3	6	1
Tabatha	Hunter	7	46	5	6	0
Ochoa	Webster	19	58	4	1	0
Angie	Byers	10	23	3	3	1
Ada	Ingram	19	52	3	1	2
Vinson	Pratt	9	49	5	6	0
Holloway	House	10	23	4	2	0
Clarissa	Jordan	7	26	3	3	2
Colon	Vega	13	48	5	4	1
Hamilton	Bradford	10	58	5	2	1
Elnora	Jenkins	6	13	4	2	1
Adele	Chase	3	59	3	3	1
Wall	Guthrie	13	43	2	4	1
Jewel	Payne	11	25	5	1	0
Caroline	Osborn	5	33	4	4	1
Evelyn	Sims	7	53	6	4	1
Snyder	Caldwell	10	61	5	5	0
Charlene	Bolton	7	13	1	1	2
Jana	Harris	4	38	1	5	2
Douglas	Blanchard	5	45	6	1	2
Rush	Valencia	18	36	6	2	2
Bernard	Barnett	10	61	3	5	2
Bruce	Bird	17	60	4	2	2
Mallory	Bentley	10	52	1	4	2
Georgina	Banks	10	26	6	4	2
Morgan	Parsons	17	28	6	3	0
Garrett	Fox	8	26	6	4	1
Kramer	Petty	11	36	6	3	2
Cervantes	Frazier	5	47	5	1	2
Brittney	Ortega	18	27	6	6	2
Blackburn	Burton	15	29	6	5	2
Thornton	Beasley	13	14	5	5	0

Owens	Dillard	5	36	6	3	0
Erica	Pugh	10	40	5	3	1
Margaret	Guerrero	7	37	3	6	2
Mcconnell	Mosley	1	32	6	5	2
Wiggins	Fuller	19	36	1	4	0
Marian	Winters	18	60	4	2	2
Hazel	Mcconnell	9	20	4	6	0
Goldie	Rowland	10	50	2	6	0
Byers	Porter	3	56	5	6	2
Rene	Mayo	5	31	5	5	1
Janna	Gillespie	8	60	3	2	2
Carmen	Singleton	5	23	5	3	2
Frankie	Morton	8	31	4	2	0
Brittany	Webb	12	13	2	4	1
Joyce	Hancock	12	55	2	1	0
House	Rios	10	52	5	6	2
Sherry	Green	12	43	6	4	2
Florine	Chandler	1	24	3	4	2
Booth	Shannon	13	24	5	5	0
Weaver	Rosales	9	46	6	3	2
Hannah	Silva	20	51	3	3	2
Witt	Cote	8	32	4	6	1
Imelda	Salazar	1	39	5	4	0
Bush	Langley	6	27	3	4	2
Carrie	Hood	11	50	1	4	0
Marcy	Trevino	19	25	2	1	0
Nadine	Acevedo	13	18	3	2	2
Caitlin	Koch	6	26	5	3	2
Boyle	Henson	14	25	5	3	1
Jennifer	George	4	17	1	4	1
Merritt	Lara	6	23	4	4	1
Gallagher	Peck	12	23	2	4	2
Shaw	Cunningham	8	54	3	6	2
Cooke	Calhoun	1	56	3	2	1
Becker	Herring	14	29	6	1	0
Kelley	Albert	1	45	6	5	1
Eunice	Reese	15	48	4	3	1
Chelsea	Sexton	18	24	4	3	1
Darcy	Fitzpatrick	14	48	4	1	2
Francesca	Cohen	17	48	2	4	2
Wilkerson	Mccoey	6	29	3	5	1

Kirsten	Vasquez	8	27	4	4	2
Dominique	Good	16	20	5	1	0
Hendrix	Melendez	16	37	1	5	1
Gloria	Bowman	11	23	4	3	0
Vaughan	Cline	19	32	3	5	2
Miriam	Nichols	12	45	6	4	1
Andrea	Barron	20	43	4	6	2
Hester	Roach	5	27	1	6	0
Willa	Workman	12	44	2	5	2
Sawyer	Cross	14	32	2	5	1
Workman	Chen	4	23	1	4	2
Misty	Lucas	12	40	6	6	1
Cleo	Gallagher	11	28	5	5	2
Cornelia	Page	6	47	4	4	0
Marietta	Kramer	10	20	5	5	2
Sanchez	Conner	15	60	1	1	2
Stanton	Mccall	20	50	5	4	2
Liza	Johnson	9	34	5	6	1
Maryanne	Burks	6	15	5	3	1
Whitney	Blankenship	1	50	6	3	0
Margret	Sawyer	13	38	3	6	1
Alyssa	Pate	10	60	2	3	2
Wyatt	Buck	1	27	4	3	1
Kinney	Spence	11	60	4	6	2
Muriel	Sosa	2	39	2	5	0
Teresa	Rodgers	12	14	4	6	2
Cara	Bennett	17	46	6	5	0
Althea	Mcdaniel	13	19	1	2	1
Burgess	Simpson	11	46	5	2	1
Galloway	Clayton	15	28	4	3	1
Amy	Morris	4	31	2	5	1
Briana	Ball	18	38	2	5	0
Shauna	Kerr	15	56	3	4	0
Deanne	Clarke	15	19	2	1	1
Price	Evans	16	24	6	1	1
Fowler	Dunn	9	53	1	4	1
Ware	Santos	17	22	3	6	0
Vicky	Galloway	7	39	3	6	2
Herminia	Spears	13	59	4	3	1
Ruiz	Jacobs	14	22	4	5	1
Blackwell	Barrett	2	44	3	1	2

Wade	Mejia	20	35	1	4	2
Araceli	Simon	20	30	2	2	0
Brandie	Park	9	39	6	1	1
Noble	Lamb	19	44	6	1	0
Alfreda	English	8	54	6	3	0
Maude	Barker	15	41	1	2	0
Knox	Gordon	7	47	3	3	1
Hilary	Pacheco	9	24	4	4	2
Jodie	Rivers	8	32	3	5	0
Yates	Crosby	1	38	1	6	2
Chan	Fernandez	2	49	4	6	1
Duncan	Byrd	11	40	1	4	2
Steele	Robles	12	34	6	3	1
Margo	Kennedy	2	52	6	4	2
Tiffany	Shaw	7	44	3	1	1
Brianna	Snider	13	27	5	2	1
Rojas	Golden	13	18	6	5	0
Margarita	Austin	4	22	5	2	1
Clayton	Hudson	4	37	4	5	1
Neva	Turner	5	36	4	1	1
Erma	Meyer	7	41	5	5	1
Deborah	Hogan	11	16	3	6	0
Rosario	Levine	12	34	1	1	1
Soto	Gregory	9	43	6	3	2
Bonita	Foley	6	18	4	2	2
Kristi	Noel	2	16	6	2	1
Maxwell	Frye	12	41	6	3	1
Flowers	Lawrence	7	16	1	5	2
Brigitte	Mcgee	12	52	6	5	1
Pittman	Ferrell	3	49	1	6	2
Underwood	Moody	18	38	5	3	2
Donaldson	Small	19	19	4	5	2
Loretta	Cole	4	40	4	3	1
Gray	Poole	18	23	3	3	2
Mable	Alexander	7	39	3	5	1
Amber	Farmer	9	22	1	1	0
Medina	Case	19	42	1	2	0
Brown	Rush	6	35	2	1	0
Shepherd	Herrera	2	29	1	6	2
Sheppard	Lyons	16	35	5	4	2
Moon	Duffy	12	34	2	2	0



Erika	Clements	2	42	2	2	0
Danielle	Randolph	8	32	2	4	1
Carmella	Greene	7	55	1	3	1
Desiree	Le	3	31	5	1	2
Kirkland	Kelly	2	18	5	5	1
Katie	Soto	5	52	4	5	1
Gibbs	Hester	11	14	5	4	1
Whitfield	Beck	12	22	2	5	0
Chase	Ferguson	15	54	5	6	1
Sexton	Burke	12	39	6	1	2
Hull	Walls	14	21	1	4	1
Haley	Fischer	10	32	5	5	0
Jeannine	Walker	14	61	2	6	0
Logan	Livingston	5	40	5	4	1
Benita	Lancaster	8	29	5	5	1
English	Rosario	11	32	4	4	1
Burch	Stuart	10	36	2	2	1
Paula	Carlson	17	38	2	1	2
Adela	Bullock	5	58	4	5	1
Pugh	Mendez	18	22	1	4	2
Dianne	Mitchell	13	46	6	3	2
Sellers	Young	12	53	6	5	0
Nelson	Hull	17	32	1	4	0
Lenore	Cox	14	45	3	5	1
Briggs	Perry	2	46	6	3	1
Hooper	Todd	6	42	2	3	0
Nelda	Skinner	14	32	6	5	1
Carter	Barlow	2	36	2	4	0
Estella	Stanton	13	48	1	3	0
Amelia	Willis	10	13	4	2	2
Alta	Moss	17	47	2	2	1
Erickson	Gould	9	57	5	4	2
Chandra	Pace	14	39	4	6	2
Gonzalez	Eaton	17	52	1	4	1
Mullen	Michael	15	24	6	6	1
Lana	Huffman	10	43	6	5	1
Jeri	Saunders	6	37	6	4	1
Mcclain	Rojas	4	59	2	2	1
Norma	Hanson	16	44	1	1	2
Guy	Owen	9	35	4	6	1
Rita	Howe	7	48	6	5	0

Pope	Kirkland	11	21	6	6	2
Chaney	Osborne	7	50	1	2	0
Faye	Avery	13	30	2	5	2
Stout	Vance	1	46	5	4	2
Lacey	Chapman	7	17	3	2	1
Jimmie	French	11	49	2	3	0
Lorene	Rocha	3	34	3	5	1
Fran	Hendrix	17	26	4	6	2
Tameka	Wood	17	60	2	2	0
Romero	Strong	5	15	5	4	0
Virginia	Salinas	2	22	3	5	2
Alford	Armstrong	20	37	5	6	0
Blankenship	Mcclure	20	58	2	3	1
Kidd	Collier	1	40	5	4	2
Contreras	Wilkinson	15	19	5	2	0
Janis	Knapp	5	55	1	1	1
Fanny	Rose	4	50	1	6	1
Dickerson	Norris	5	30	5	3	1
Bonner	Hatfield	2	23	1	1	2
Howe	Owens	7	24	2	2	2
Ruthie	Charles	9	51	2	6	1
Vera	Mercado	5	20	1	5	2
Brock	Kim	4	20	1	2	0
Harrington	Jensen	5	39	4	4	2
Pennington	Dennis	4	24	2	2	0
Sally	Mcbride	8	21	4	6	2
Cash	Santana	6	33	6	1	1
Goodman	Terry	19	59	3	4	2
Carpenter	Delaney	3	23	4	5	2
Roberts	Watkins	19	30	4	5	0
Lessie	Brown	5	60	6	4	2
Genevieve	Mcpherson	15	47	2	6	2
Travis	Hurst	14	39	3	5	1
Gail	Ewing	14	61	2	3	2
Tillman	Hayden	15	46	2	4	0
Lawson	Hodge	14	26	4	1	0
Wynn	Berg	18	23	2	4	2
Mckenzie	Juarez	10	14	4	2	2
Young	Waters	14	58	6	1	1
Dalton	Sandoval	17	32	3	5	1
Luella	Key	12	58	4	3	2

Robles	Phillips	15	23	2	5	0
Head	Sutton	11	33	3	6	0
Brewer	Leon	15	32	4	3	0
Stokes	Craig	15	59	5	1	2
Helen	Bates	4	15	4	5	1
Rosanna	Thornton	14	18	1	3	1
Hensley	Stanley	18	60	1	4	0
Erna	Kent	20	54	1	3	1
Austin	Glover	16	53	6	6	2
Patty	Riddle	5	33	5	3	1
Matilda	Wright	11	31	5	6	1
Jacqueline	Haney	17	32	4	5	0
Wilcox	Dalton	12	53	1	4	0
Gretchen	Chavez	17	18	3	4	2
Glenna	Waller	16	28	4	4	1
Jenny	Huber	14	18	4	5	2
Knight	Leblanc	18	24	4	4	0
Christi	Vazquez	20	43	3	3	1
Leta	Washington	2	19	4	2	0
Wanda	Nguyen	4	60	5	1	2
Hester	Pittman	12	53	3	2	2
Shepard	Miranda	6	25	3	2	0
Debra	Dyer	1	57	4	4	1
Juliana	Brooks	15	45	4	5	1
Emilia	Gill	13	49	2	3	2
Hoffman	Wilcox	4	47	2	4	1
Howell	Hall	16	34	3	4	2
Mccall	Reeves	7	27	4	1	2
Stevens	Wagner	3	54	2	5	0
Eleanor	Benton	5	16	4	3	0
Peggy	Lott	7	35	6	5	1
Maribel	Ellison	10	56	5	2	2
Lavonne	Norton	19	18	6	3	0
Santana	Blake	6	15	5	1	2
Lester	Jackson	20	35	1	3	2
Jacobs	Tyler	20	13	1	6	2
Rios	Davis	11	29	3	6	1
Cynthia	Gilmore	10	45	6	4	2
Jane	Tillman	3	19	1	1	2
Buckley	Acosta	9	36	2	5	2
Mona	Little	18	38	2	4	0

Hatfield	Graves	3	59	5	6	0
Kayla	Glenn	11	24	1	3	2
Jordan	Roberts	5	57	3	1	2
Mattie	Henderson	11	44	4	4	1
Mavis	Mcguire	16	54	4	3	0
Lamb	Palmer	4	57	5	1	1
Leigh	Puckett	15	44	6	4	1
Kim	Neal	12	41	2	5	0
Opal	Olson	15	24	6	6	0
Beatrice	Bowers	20	53	1	3	1
Hardy	Day	13	25	4	4	2
Hood	Conrad	11	14	3	5	2
Jenifer	Marsh	17	27	4	2	2
Bridget	Hines	16	54	3	2	1
Paul	Bright	18	33	2	3	2
Rosalyn	Gray	18	28	4	1	2
Dyer	Barber	18	60	6	5	2
Shelby	Nash	17	45	3	6	0
Robbie	Benson	16	15	2	4	1
Marcia	Crawford	20	51	5	2	0
Crosby	Suarez	1	41	2	2	2
Nicole	Harrington	5	37	4	3	2
Slater	Wynn	6	18	1	3	0
Karina	Garner	13	57	3	2	0
Watts	Donovan	15	28	6	3	0
Lott	Gay	11	43	5	6	1
Herman	Dominguez	18	61	5	1	0
Barbra	Burch	18	35	2	5	0
Sweeney	Britt	8	21	4	2	1
Clemons	Rich	20	32	4	1	0
Christian	Glass	15	53	5	1	0
Priscilla	Colon	8	54	1	1	2
Patsy	Kirby	12	28	5	6	0
Marla	Hickman	10	20	3	1	0
Casey	Vinson	9	61	5	1	1
Mcdonald	Francis	11	31	3	4	2
Ingram	Spencer	14	31	6	5	2
Walters	Craft	17	46	2	4	2
Sasha	Mcleod	1	14	6	4	2
Martin	Goodman	4	46	3	2	0
Essie	Mullen	8	43	2	1	1

Mollie	Johns	15	44	6	3	2
Imogene	Bauer	3	21	2	2	2
Tara	Long	5	61	1	2	0
Freida	Gonzalez	12	14	5	5	2
Small	Nieves	10	16	2	3	0
Coleman	Dawson	6	31	2	1	1
Randi	Carroll	4	34	2	3	1
Lena	Baldwin	18	55	6	4	0
Eliza	Daugherty	17	47	1	3	2
Sutton	Dickerson	4	28	5	6	2
Emily	Stephenson	18	55	2	5	1
Kennedy	Hansen	15	36	4	5	0
Graves	Mays	19	40	1	1	0
Lindsay	Garrett	7	37	6	6	0
Clarice	Chang	6	40	5	5	1
Gayle	Patterson	4	35	5	1	0
Massey	Hill	11	30	3	1	2
Elinor	Mills	16	45	2	3	1
Martina	Griffith	5	45	3	4	2
Reyna	Ortiz	4	42	1	5	2
Diane	Russo	16	53	2	6	2
Chen	Melton	16	56	2	5	1
Tanner	Knight	7	56	3	4	0
Erin	Oneal	1	20	5	4	2
Jillian	Rhodes	14	58	3	1	2
Cotton	Hoffman	6	60	6	5	1
Wiley	May	15	18	6	2	2
Reva	Foster	2	43	1	4	0
Susie	Cervantes	8	26	3	6	2
Haley	Ayers	8	22	4	4	1
Jamie	Weber	2	43	2	4	2
Casey	Reid	14	16	1	3	2
Michael	Carson	5	42	5	1	2
Dana	Nielsen	10	48	3	5	0
Ida	Nolan	7	58	3	2	0
Madeline	Grimes	11	34	1	6	1
Lane	Shelton	8	24	5	4	1
Leon	Dejesus	9	60	6	3	0
Cabrera	Landry	17	18	4	2	0
Juanita	Hopper	9	54	3	3	1
Miranda	Hutchinson	1	51	2	2	0

Black	Ford	6	50	3	3	1
Delia	Sampson	20	21	5	5	0
Rice	Rollins	11	58	6	5	1
Powell	Andrews	4	34	4	2	0
Stanley	Mccarty	8	14	4	4	2
Nash	Gross	16	61	1	1	2
Robinson	Garza	4	16	2	2	1
Rosalind	Joseph	14	50	1	3	1
Fannie	Cabrera	6	31	6	4	1
Gamble	Gamble	18	21	4	3	0
Middleton	Alvarez	16	31	5	5	2
Juana	Riley	4	53	4	2	2
Rivers	Larsen	1	47	3	6	0
Carey	Fitzgerald	15	32	4	1	2
Louella	Edwards	2	59	2	6	1
Bianca	Holden	2	36	4	5	1
Rivera	Rice	1	42	3	4	2
Nolan	Conley	12	40	6	1	1
Diaz	Stewart	10	42	5	5	0
Richards	Potts	19	46	4	4	1
Marisa	Whitehead	6	27	3	2	0
Higgins	Powers	1	43	2	6	2
Marilyn	Mullins	10	38	3	3	1
Elaine	Gutierrez	19	16	4	6	2
Dunlap	Townsend	11	18	3	5	0
Odonnell	Price	17	18	5	3	2
Preston	Pruitt	12	50	1	1	0
Mitzi	Coffey	3	18	2	4	1
Peters	Kinney	3	48	2	1	1
Ballard	Barr	9	24	1	6	0
Isabelle	Erickson	16	49	3	1	0
Chapman	Bass	4	32	3	5	2
Myra	Dillon	19	48	3	3	1
Kerry	Fisher	8	32	6	3	0
Klein	Short	16	25	4	1	0
Bradford	Anderson	13	31	2	1	0
Magdalena	Christensen	16	51	1	4	0
Ramirez	Wooten	16	13	1	4	1
Delores	Montoya	7	30	4	3	1
Horne	Browning	10	56	4	4	2
Levy	Mack	4	51	1	1	1

Ball	Mcdonald	4	29	3	6	2
Julianne	Allen	6	29	1	3	1
Buchanan	Hobbs	6	51	6	6	1
Foley	Bradshaw	15	16	6	3	2
Jessie	James	13	61	6	6	1
Baker	Hampton	4	33	5	5	0
Gwendolyn	Hughes	7	13	3	3	0
Nadia	Nixon	10	37	3	1	1
Carr	Walton	6	24	6	3	1
Cantu	Knox	10	30	3	5	0
Palmer	Hayes	8	49	3	2	2
Lynda	Frederick	1	32	1	3	2
Larson	Ashley	3	32	6	2	0
Hernandez	Jefferson	9	37	4	3	2
Ella	Carney	14	43	3	5	0
Brandy	Myers	16	20	1	5	2
Mari	Shaffer	1	54	1	5	2
Savage	Macias	19	51	1	5	2
Celina	Franks	10	23	5	3	1
Hollie	Rasmussen	2	41	1	5	2
Kaye	Robbins	1	14	2	3	2
Delaney	Downs	9	51	5	1	1
Flynn	Rutledge	19	56	3	4	2
Perez	Parks	8	25	3	3	0
Farley	Stafford	5	30	5	4	1
Jeanne	Grant	17	55	5	4	0
Stein	Frank	15	19	6	5	0
Meghan	Weiss	10	49	1	6	0
Mccullough	Barrera	11	16	1	1	0
Stuart	Duran	18	36	5	4	1
Leah	Pearson	6	22	1	6	0
Hall	Meadows	11	47	1	3	0
Juliet	Mckee	15	39	6	6	2
Allyson	Summers	16	17	6	1	1
Judith	Woodward	7	32	2	4	0
Bobbi	Everett	17	20	4	1	1
Georgia	Combs	10	31	4	2	0
Ewing	Greer	5	60	1	4	0
Roberta	William	4	57	4	2	0
Rodriguez	Battle	4	24	1	5	0
Britney	Adkins	8	58	3	5	0

Banks	Manning	7	37	2	3	0
Bridgette	Frost	5	61	1	4	2
Sloan	Atkinson	15	42	3	2	0
Nannie	Arnold	12	57	1	6	0
Hobbs	Maldonado	1	18	3	4	1
Keri	Holmes	12	15	4	4	1
Victoria	Trujillo	16	30	1	1	2
Shawna	Prince	17	27	6	2	2
Valencia	Hewitt	13	50	5	4	0
Alexandra	Solis	4	36	2	5	0
Lauri	Mueller	19	32	2	2	2
Keller	Lynch	11	22	4	1	2
Hurst	Romero	13	22	3	2	1
Potter	Meyers	20	52	5	5	0
Minerva	Daniels	17	60	4	2	2
Mathis	Boyer	3	35	4	4	1
Constance	Pena	2	31	5	3	2
Carolina	Murphy	4	48	3	4	0
Strickland	Welch	11	48	2	4	1
Lopez	Ratliff	19	52	6	3	0
Mara	Wall	18	22	2	5	2
Justine	Kane	17	31	4	3	1
Kent	Farrell	1	40	3	4	2



სისტემის ვებ-სერვისებში გვაქვს მეთოდი, რომლიც გვიბრუნებს რანჟირებულ აპლიკაციებს გარკვეული შეფასებებით [0,1] შუალედში. ცხადია, აპლიკაციის შეფასება რაც უფრო ახლოსაა 1-თან, სისტემა მით უფრო ხელსაყრელად მიიჩნევს მას. ასევე მეთოდი იღებს მთელ რიცხვს და აბრუნებს ამ რაოდენობის „საუკეთესო“ აპლიკაციებს. ქვემოთ მოცემულია საუკეთესო ოცდაათეული, შეფასებებით.

სახელი	გვარი	პროგრამირების ენები	ასაკი	გამოცდილებ ა	პროექტებ ი	უცხო ენები	შეფასება
Latasha	Goff	8	36	3	5	2	0.95135135
Kirsten	Vasquez	8	27	4	4	2	0.95135135
Kline	Barry	8	37	4	2	2	0.94054054
Susie	Cervantes	8	26	3	6	2	0.94054054
Hopper	Morrow	7	35	4	4	2	0.93359073
Griffin	Whitley	9	28	4	4	2	0.93359073
Sargent	Fry	8	25	5	6	2	0.92972973
Cantrell	Carver	10	33	2	4	2	0.92664093
Buckley	Acosta	9	36	2	5	2	0.92277992
Matthews	Snow	10	29	5	4	2	0.91583012
Clarissa	Jordan	7	26	3	3	2	0.91196911
Margaret	Guerrero	7	37	3	6	2	0.91196911
Hernandez	Jefferson	9	37	4	3	2	0.91196911
Mcdonald	Francis	11	31	3	4	2	0.90888031
Downs	Casey	7	38	5	4	2	0.9011583
Cooper	Griffin	6	27	6	5	2	0.89420849
Bush	Langley	6	27	3	4	2	0.89420849
Hilary	Pacheco	9	24	4	4	2	0.8903474

							9
Vicky	Galloway	7	39	3	6	2	0.89034749
Howe	Owens	7	24	2	2	2	0.89034749
Edwards	Clark	8	42	5	5	2	0.88648649
Sally	Mcbride	8	21	4	6	2	0.88648649
Georgina	Banks	10	26	6	4	2	0.88339768
Caitlin	Koch	6	26	5	3	2	0.88339768
Mccarthy	Schneide r	12	32	4	6	2	0.88030888
Chapman	Bass	4	32	3	5	2	0.88030888
Blanche	Padilla	5	35	5	4	2	0.87644788
Cleo	Gallaghe r	11	28	5	5	2	0.87644788
Sophia	Klein	12	30	5	6	2	0.86949807
Rivas	Gentry	7	22	5	6	2	0.86872587

## დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილი სისტემა სიახლეა ქართული ვებ-სივრცისთვის, მასში გამოყენებული ინტელექტუალური სისტემების მეთოდების გამო. ნაშრომი ასევე მნიშვნელოვანია ზოგადად ფაზი-ლოგიკით და კერძოდ, მრავალკრიტერიალური გადაწყვეტილების მიღების ფაზი-მეთოდებით დაინტერესებულთათვის, რადგან სისტემაზე მუშაობისას შეიქმნა ზოგადი ბიბლიოთეკა, მრავალკრიტერიალური გადაწყვეტილებების მიღებისათვის და იგი წარმოადგენს იზოლირებულ, დამოუკიდებელ სისტემას, რომელიც ნებისმიერ მსგავს PHP პროექტში შეიძლება ჩაშენდეს.

წარმოდგენილი თემა შესანიშნავი პერსპექტივაა ახალი, საინტერესო ინტელექტუალური სისტემების ამოცანების დასასმელად, რადგან იგი მოახდენს დიდი ინფორმაციის აკუმულირებას, ხოლო ინფორმაციის დამუშავებაში ძალიან ხელსაყრელია ინტელექტუალური მეთოდები.

შემდეგ ეტაპზე იგეგმება სისტემაში დარეგისტრირებულ მომხმარებელთა კლასიფიკაცია ხელოვნური ნეირონული ქსელის გამოყენებით. სისტემამ გარკვეული ნიშნით უნდა დააჯგუფოს მომხმარებლები თავისი აკადემიური, თუ შრომითი ისტორიის მიხედვით; მაგალითად, თითოეული მათგანი უნდა განათავსოს ჯგუფში „ახალბედა“, „გამოცდილი“ ან „პროფესიონალი“. ცხადია, ეს პირობითი ნიშნები შეიძლება იყოს კიდევ უფრო ბევრი და შესაძლოა ამ ამოცანამაც გამოიწვიოს დამოუკიდებელი ბიბლიოთეკის შექმნა.

## გამოყენებული ლიტერატურა:

- А.Кофман - Введение в теорию нечетких множеств
- გ.სირბილაძე - ლექციათა კურსი: „გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემები“
- Gleb Beliakov, Ana Pradera, Tomasa Calvo – “Aggregation Functions: A Guide for Practitioners”
- <http://matplotlib.org/>
- <http://www.numpy.org/>
- <https://www.scipy.org/>
- <http://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/>
- <http://www.yiiframework.com/>
- <http://www.json-generator.com/>