

ვიდეოთამაშებში აგენტთა ჯგუფებად გაერთიანებისა და კოლექტიური გადაწყვეტილების მიღების შესახებ

გიორგი აბელაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

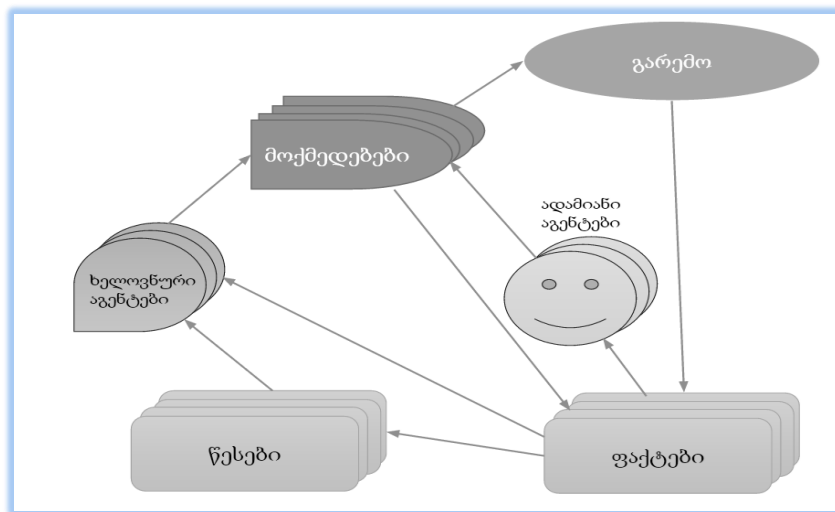
რეზიუმე

მულტიაგენტური ტექნოლოგია ფართოდ გამოიყენება ვიდეოთამაშებში. იგი აერთიანებს თამეშების თეორიის, რთული სისტემების, გამოთვლითი სოციოლოგიისა და ხელოვნური ინტელექტის საკითხებს. ვიდეოთამაშებში ხელოვნური ინტელექტის ამოცანები, ძირითადად, დამყარებულია ინდივიდუალურ აგენტზე, თუმცა არსებობს პრობლემები, სადაც საჭიროა აგენტთა ჯგუფები. არსებობს აგენტთა კოლექტივში გაერთიანების გარკვეული პრინციპები და მიდგომები. კოლექტივში, როგორც ინდივიდუალური აგენტის შემთხვევაში, ხდება გადაწყვეტილებების მიღება. ასეთ გადაწყვეტილებას ეწოდება ჯგუფური გადაწყვეტილება. სტატიაში განიხილება მულტიაგენტური კოლექტიური გაერთიანებისა და კოლექტიური გადაწყვეტილებების მიღების საკითხები ჭიანჭველების ამოცანის მაგალითზე.

საკვანძო სიტყვები: ვიდეოთამაში. მულტიაგენტური ტექნოლოგია. ინტელექტუალური აგენტი. პროგრამა. ხელოვნური ინტელექტი.

1. ინტელექტუალურ აგენტთა გაერთიანება, გადაწყვეტილებათა ტიპები

ვიდეოთამაშებში ადამიან მთამაშებთან ერთად მონაწილეობას ღებულობს ხელოვნური (პროგრამული) აგენტები, რომლებიც მთამაშესთან ერთად მოქმედებს დინამიკურ გარემოში [1,2]. ისინი ფაქტებზე და წესებზე დაყრდნობით ღებულობს ინდივიდუალურ ან კოლექტიურ გადაწყვეტილებებს. ასევე აგენტები ასრულებს გარკვეულ ქმედებებს ინდივიდუალურად ან კოლექტიურად (ნახ.1). მოქმედებისთვის პროგრამულ აგენტებს უნდა გააჩნდეს შესაბამისი ცოდნა [3]. ეს ცოდნა აგენტებში შეიძლება ჩადებული იყოს სტატიკურად კოდის სახით, ან მიეწოდებოდეს დინამიკურად წესებისა და ფაქტების საშუალებით.



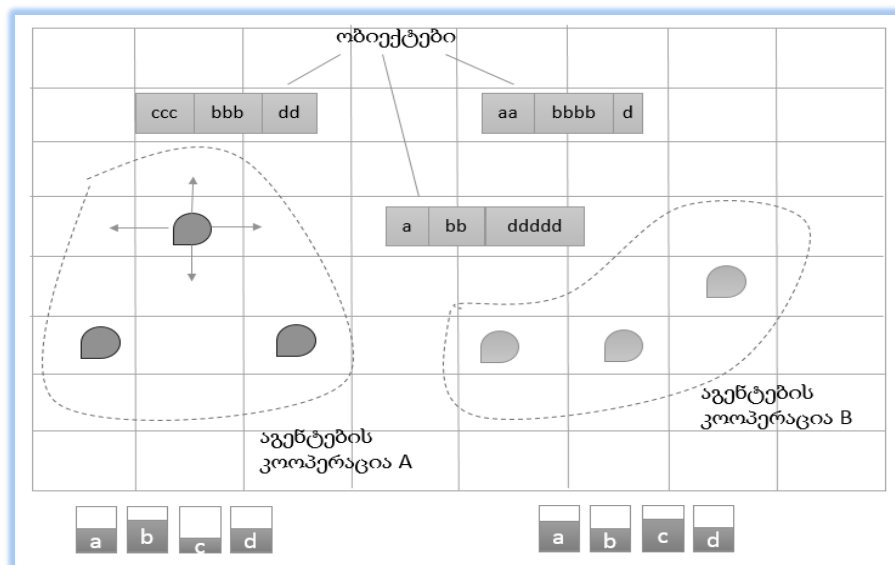
ნახ.1. ადამიანისა და ხელოვნური აგენტის მოქმედება

ნებისმიერი აგენტის მოქმედება დამყარებულია მის ცოდნაზე, ცოდნა - სწავლებაზე. აგენტი ინდივიდუალურად როდესაც მოქმედებს, მას დამოუკიდებელი გადაწყვეტილებების მიღების მექანიზმი გააჩნია, იგი მხოლოდ საკუთარ მონაცემებზე დაყრდნობით აკეთებს დასკვნებს, სწავლობს, იღებს შესაბამის ინდივიდუალურ გადაწყვეტილებებს. არსებობს ამოცანები, რომელთა გადაწყვეტა ინდივიდუალურ აგენტზე უფრო ეფექტურად აგენტთა კოლექტიური გადაწყვეტილებებით ხდება.

აგენტთა საერთო ცოდნიდან გამომდინარე მიიღება კოლექტიური გადაწყვეტილება. ასეთი გადაწყვეტილება ოპტიმალურია არსებული მიზნისათვის და ამოცანისთვის. საერთო ცოდნის ბაზა იქმნება თვითოეული აგენტის ინდივიდუალური ცოდნის საფუძველზე. იგი შეიძლება სრულიად განსხვავდებოდეს ინდივიდუალურისგან, რადგან აგენტები ხშირად აწყდებიან პრობლემას, როდესაც მათი ინდივიდუალური ცოდნა იცვლებოდა.

2. ჭიანჭველების ამოცანა

ქვემოთ ყველგან ვიგულისხმებთ, რომ პროგრამული აგენტები დელიბერაციულია და მხოლოდ სიმბოლების სამყაროში მოქმედებს. ჩამოვყალიბებთ ჭიანჭველა-აგენტების ამოცანა. ჭიანჭველა-აგენტები და ობიექტები ორგანოზომილებიან, უჯრებად დაყოფილ, შემოფარგულ სიბრტყეზე განთავსებული და შეუძლია ამ სიბრტყეში მოძრაობა, მხოლოდ ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებებით (ნახ.2).



ნახ.2. ჭიანჭველების ამოცანის გრაფიკული პროტოტიპი

აგენტები ასევე შეიძლება გარკვეულ კოლოპერაციაში იყოს გაერთიანებული. სიბრტყეზე შემთხვევითად ჩნდება ობიექტები (ფოთლები), რომლებიც შეზღუდული ანბანის შედგენილ მიმდევრობათა მიმდევრობაა. აგენტს შეუძლია შემდეგი მოქმედებების განხორციელება:

- შეზღუდული ზომის ფოთლის გადაადგილება;
- ფოთლის დაჭრა იმ სიმბოლოზე რომელსაც იცნობს;
- გამოყოფილი სიმბოლოს შენახვა საცავში;

• თამაშის მიზანია გარკვეულ დროში კოოპერაციაში მყოფმა ჭიანჭველა - აგენტებმა რაც შეიძლება მეტი სიმბოლოები დააგროვონ. აგენტები თავდაპირველად, შემთვევით პოზიციებში თავსდება და შეუძლიათ ერთდროულად იმოძრაონ. ასევე კოოპერაციაში მყოფმა აგენტებმა შეიძლება მოქმედებები ერთდროულად შეასრულონ, მაგ. სამმა აგენტმა გადაიტანოს დიდი ზომის ფოთოლი.

მოვახდინოთ ჭიანჭველების კლასიფიკაცია მათი როლების მიხედვით:

• **მზვერავი** – ჭიანჭველა, რომელიც ეძებს ვარგისი ზომის ფოთლებს. მას აქვს ფოთლის აღმოჩენის გარკვეული რადიუსი და იგი მოძრაობს გარკვეული სიჩქარით;

• **ფოთლების მჭრელი** – ჭიანჭველები, რომლებსაც აქვს საწყისი ცოდნა სიმბოლოებზე, ანუ ისინი ცნობს მხოლოდ მარტივ სიმბოლოებს, თუ ფოთოლი შეიცავს ამ სიმბოლოს ეს ჭიანჭველები შესაბამისი ფოთლის ნაწილს მოაჭრიან;

• **გადამზიდავები** – ჭიანჭველები, რომლებიც ეძებს უკვე ფოთლებისგან ჩამოჭრილ სიმბოლოებს და მიაქვთ საცავში. მათ აქვთ მოძრაობის გარკვეული სიჩქარე და შეუძლიათ გარკვეული რაოდენობის სიმბოლოების გადატანა საცავში;

• **გურუ ჭიანჭველა** - ჭიანჭველათა ჯგუფში, გუნდური გადაწყვეტილებების მიმღები ჭიანჭველა. მას ევალება გუნდის მიერ წარმოთქმული არგუმენტების დამუშავება და გადაწყვეტილებების მიღება.

ჭიანჭველების ამოცანაში, რომელიც ინდივიდუალური აგენტის მიდგომით რთული ამოსახსნელია, საჭიროა აგენტთა კოოპერაცია, გაერთიანება. ხელოვნურ ინტელექტში აგენტთა გაერთიანებები, ხდება არგუმენტაციის მექანიზმით [3].

ზოგადად, არგუმენტაციის მექანიზმი ლოგიკურად განსაზღვრავს, თუ როგორ შეიძლება იყოს მიღებული დასკვნა, ასევე ლოგიკური განსჯების საფუძველზე. ჭიანჭველების ამოცანის მაგალითზე, არგუმენტაციის მექანიზმი მუშაობს ჯგუფებში. არსებობს ზუსტი პირობები და დასკვნები, რომელთა მიხედვითაც ჭიანჭველები შეიძლება ჯგუფში გაერთიანდეს ან პირიქით, ზოგი ჭიანჭველა გუნდმა გაათავისუფლოს.

3. აგენტთა გაერთიანებები და მულტიაგენტური კოლექტიური გადაწყვეტილებები ჭიანჭველების ამოცანის მაგალითზე

ჭიანჭველების ამოცანა განვიხილოთ როგორც კოოპერატიული ვიდეოთამაში, სადაც მნიშვნელოვანია ოპტიმალური შედეგი. ჩვენ შეგვიძლია კლასიფიცირებული ჭიანჭველები გავაერთიანოთ ჯგუფებად, რათა მათი საერთო დავალებების შესრულება ავაჩქაროთ. თვითოეული კლასისთვის დავალებები ასეთია:

- მზვერავებმა რაც შეიძლება მეტი ფოთოლი იპოვოს მინიმალურ დროში;
- ფოთლის მჭრელებმა ფოთლის მაქსიმალური რაოდენობა დაჭრას;
- გადამზიდავებმა ფოთლის მაქსიმალური რაოდენობა გადაიტანოს საცავში.

მაქსიმალური შედეგის მისაღწევად საჭიროა კარგი გუნდის ფორმირება. კოოპერატივმა შეიძლება აიყვანოს ახალი წევრი გუნდში და ასევე შეელოს ძველ წევრს. განვიხილოთ აგენტთა გაერთიანებები და მათი კოლექტიური გადაწყვეტილებები, როდესაც თვითოეულ ჯგუფს სათავეში უდგას გურუ ჭიანჭველა.

4. მზვერავთა კოორდაცია და ჯგუფური გადაწყვეტილებები.

ჭიანჭველების ამოცანაში ნებისმიერ მზვერავს აქვს ფოთლის ამოცნობის R რადიუსი. მოცემული რადიუსის მქონე წრეწირის შიგნით იგი აღმოაჩენს ვარგის ფოთლოს და მონიშნავს მას. ყოველი მზვერავი მოძრაობს გარკვეული V სიჩქარით. დაუშვათ, ამოცანაში შემდეგი პირობაა - *ნებისმიერი მზვერავი ჭიანჭველისთვის რადიუსის დამოკიდებულება უკუპროპორციულია სიჩქარისა*. ჭიანჭველა რაც უფრო ჩქარა მოძრაობს, მით ნაკლებია მისი მოქმედების რადიუსი, ხოლო რაც უფრო ნელა მოძრაობს, პირიქით, მას შეუძლია უფრო ფართო ტერიტორია გამოიკვილოს. მზვერავის მარგი ქმედების კოეფიციენტი გამოვთვალოთ შემდეგი ფორმულით [1]:

$$Z = RV. \tag{1}$$

მზვერავების გუნდურად გაერთიანება მნიშვნელოვანია ამოცანის ამოხსნის წარმატებისთვის. თითოეული მზვერავის გუნდში აყვანის შემდეგ გუნდი იწყებს ახალი სიჩქარით მოძრაობას. ყველა ჭიანჭველას საშუალო სიჩქარეა

$$V_{max} = \sum_{i=1}^n (V_i / n), \tag{2}$$

ხოლო ჯამური დასაზვერი ფართობის რადიუსი, თითოეული ჭიანჭველის მიერ გამოკვლეული ფართობის რადიუსების ჯამის საშუალო არითმეტიკულია:

$$R_{max} = \sum_{i=1}^n (R_i / n) \tag{3}$$

ერთის მხრივ, მზვერავებმა უნდა გაითვალისწინოს ამოცანის შესრულების სისწრაფე და გუნდში ჰყავდეს სწრაფი გადაადგილების მქონე ჭიანჭველები. მეორეს მხრივ, საჭიროა ფართე რადიუსი, რადგან უფრო მეტი ხილვადობა ჰქონდეს ჯგუფს. ამ შემთხვევაში, საჭიროა ოპტიმალური შუალედის პოვნა, ჭიანჭველები არც ძალიან უნდა აჩქარდეს და არც უნდა შენელებს. შესაბამისად, მათ უნდა ჰქონდეს მაქსიმალურად დიდი ხილვადობის რადიუსი და უნდა მოძრაობდეს მაქსიმალურად სწრაფად.

ყოველი ახალი ჭიანჭველას შეხვედრის შემთხვევაში, ირთვება გუნდის არგუმენტაციის მექანიზმი, თვითოეული ჭიანჭველა ამბობს სათავისო არგუმენტს მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტიდან გამომდინარე, ანუ რომელი პარამეტრით არის უპირატესი. გურუ წყვეტს გუნდიდან წამოსული არგუმენტების მიხედვით აიყვანოს თუ არა ახალი წევრი, თუ ჩაანაცვლოს არსებული. ახალი წევრის აყვანამ დიდი რადიუსით, შეიძლება ძალიან შეანელოს მოქმედება, ხოლო სწრაფად მოძრაობა ჭიანჭველამ კი ხილვადობის რადიუსი შეამციროს.

[1]-ში აღწერილია გაძლიერებითი დასწავლის ალგორითმი, სადაც თვითოეულ ჯერზე გადაწყვეტილების მიღება დაფუძნებულია ჯილდოზე. ჯილდო პირობითად, არის მიზნის მიღწევის შედეგად მიღებული სარგებელი. ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაშიც გურუები, ზუსტად ასეთი მეთოდით მოქმედებს.

თუ ჩვენ გვაქვს არსებული მდგომარეობა x და ხელმისაწვდომი მოქმედება a , მაშინ Q დასწავლითი ალგორითმი მოიცემა ბოლცმანის ტოლობით [4]:

$$p(a_i|x) = \frac{e^{Q(x,a_i)/T}}{\sum_{k \in \text{actions}} e^{Q(x,a_k)/T}} \tag{4}$$

სადაც T არის ტემპერატურის პარამეტრი და ის განსაზღვრავს გადაწყვეტილებათა მიღების შემთხვევითობას. გურუ იღებს გადაწყვეტილებას, იღებს r - ჯილდოს. შემდეგ კი გადადის ახალ y მდგომარეობაზე. ყოველ ჯერზე აგენტი ანახლებს $Q(x, a)$ - რეკურსიულად, უმატებს პოზიტიურობის წონას β და აკლებს სამომავლო რესურსებს:

$$Q(x, a) \leftarrow Q(x, a) + \beta(r + \gamma V(y) - Q(x, a)) \quad (5)$$

$\gamma (0 \leq \gamma \leq 1)$ არის კლუბადობის პარამეტრი და $V(x)$ მიიღება ასე:

$$V(x) = \max_{b \in \text{actions}} Q(x, b) \quad (6)$$

5. ფოთლის მჭრელთა კოოპერაცია და ჯგუფური გადაწყვეტილებები

მზვერავთა ჯგუფური გადაწყვეტილებების მსგავსად შეგვიძლია განვიხილოთ ფოთლის მჭრელთა დინამიკური დაჯგუფებებიც. მათი კოლექტივიზაციაც დამოკიდებულია მარგი ქმედების კოეფიციენტზე, რომელიც გამოდინარეობს მათსავე დამახასიათებელი ქცევიდან - შესაბამისი სიმბოლოს ფოთლის დანაწევრებისგან.

ჭიანჭველათა ჯგუფი, რომელთა შემადგენლობაში შედის a, v, g, n, \dots ფოთლის ამომცნობი ჭიანჭველები. თითოეული ჭიანჭველათა ჯგუფისათვის არსებობს ჯგუფური მარგი ქმედების კოეფიციენტთა ჰემ-ცხრილი (ცხრ.1), სადაც წერია შესაბამისი სიმბოლოს ამომცნობი ჭიანჭველის არაწარმადობის ან წარმადობის კოეფიციენტი. თავიდან ეს კოეფიციენტები არის 0-ის ტოლი.

ყოველი ახალი სიმბოლოს ამომცნობი ჭიანჭველის დამატების შემთხვევაში ამ ჰემ-ცხრილს შეემატება შესაბამისი სიმბოლოს ერთი ჩანაწერი, მნიშვნელობით 0. განვიხილოთ შემთხვევები თუ როგორ იცვლება ჰემ-ცხრილი სიმულაციის ყოველ შემდეგ ნაბიჯზე.

ფოთლის მჭრელთა ჰემ-ცხრილი ცხრ.1

a	0
v	0
g	0
n	0
...	0

ნებისმიერი ფოთლის დამუშავების შემდეგ, ჯგუფში გადაიხედება შესრულებული სამუშაო და ამ სამუშაოზე მომუშავე ჭიანჭველები გადაირჩევა. ვთქვათ, თუ ჭიანჭველა a -სთვის შესაბამისი სიმბოლო ვერ მოიძებნა და ის, ასე ვთქვათ, უსაქმოდ დარჩა, ჰემ-ცხრილის გრაფაში მისი სიმბოლოს შესაბამის მნიშვნელობა შემცირდება 1-ით. ესე იგი, არსებული ჭიანჭველის წარმადობა შემცირდა. თუ დარჩა ისეთი ფოთლის ნაწილი, რომლის სიმბოლოს ამომცნობი არ მოიძებნება გუნდში, მაშინ გუნდის ჰემ-ცხრილში ჯერ დაიძებნება შესაბამისი სიმბოლოს ჩანაწერი. პოენის შემთხვევაში მისი მნიშვნელობა გაიზარდება 1-ით, ხოლო არ-პოენის შემთხვევაში, გაკეთდება ახალი ჩანაწერი ამ სიმბოლოთი და მნიშვნელობით 0. ეს იმას ნიშნავს, რომ შესაბამისი სიმბოლოს ამომცნობი ჭიანჭველის საჭიროების კოეფიციენტი გაიზარდა, ან საჭირო ჭიანჭველის გრაფა დაემატა.

ჰემ-ცხრილის ცვლილება გარკვეულ ბიჯზე ცხრ.2

a	1
v	0
g	2
n	-3
...	0
t	0

პირობითად, არსებობს გარკვეული ზღვარი ჰემ-ცხრილის მნიშვნელობებში, როდესაც საჭირო ხდება გურუ-ჭიანჭველის მიერ ახალი წვერის დამატება ან ძველი წვერის გაშვება. თუ მარგი ქმედების კოეფიციენტი მნიშვნელობით გარკვეულ ზღვარს ($-\delta$) ჩამოსცდება (ცხრ.2), გურუ იღებს გადაწყვეტილებას, რომ შესაბამისი სიმბოლოს ამომცნობი ჭიანჭველა საჭირო აღარ არის ამ გუნდში, და იგი მას ათავისუფლებს. ამ ჭიანჭველის შესაბამისი სიმბოლოანი ჩანაწერიც იშლება ჰემ-ცხრილიდან. თუმცა გათავისუფლებული ჭიანჭველა შეიძლება საჭირო იყოს სხვა გუნდისთვის, რომლის გურუმაც მისი სიმბოლოს მქონე ჭიანჭველის დამატების გადაწყვეტილება მიიღო, რაც შემდგომად განისაზღვრება - თუ სიმულაციის გარკვეული ბიჯების შემდეგ რომელიმე სიმბოლოს კოეფიციენტი გასცდა გარკვეულ ზღვარს (δ), ე.ი. საჭიროა ამ სიმბოლოს ამომცნობი ჭიანჭველის დამატება გუნდში, რადგან მისი საშუალო უხვად არის შესაბამის კოლონაში.

- ყოველი შემდეგი ჭიანჭველის დამატების ფსევდოკოდი:

```
foreach(each i; i < HashTable.length; i + +)
{if(i.value >  $\delta$ ) AddNextAntInColony(i.key)}
```

- არასაჭირო ჭიანჭველის გათავისუფლება კოლონიდან:

```
foreach(each i; i < HashTable.length; i + +)
{if(i.value <  $-\delta$ ) RemoveAntFromColony(i.key)}
{DecrementHashTable(i.key)}
```

6. გადამზიდავი ჭიანჭველების კოოპერაცია და ჯგუფური გადაწყვეტილებები

მზვერავი ჭიანჭველების მსგავსად, გადამზიდავებიც ანალოგურად შეგვიძლია განვიხილოთ, ოღონდ მათი მარგი ქმედების კოეფიციენტი დამოკიდებული იქნება მოძრაობის სიჩქარესა და ფოთლის სიმძიმის დაძლევაზე - რაც უფრო დიდ ნაჭერს წაიღებს ჭიანჭველა მით უფრო ნელა ივლის, ხოლო მსუბუქი ნაჭრის აწევის შემთხვევაში პრიქით, სწრაფად ივლის. ჯგუფის მიზანი იქნება კოლონამ წაიღოს ოპტიმალური წონის ფოთლები ოპტიმალურ დროში.

3. დასკვნა

განხილულ იქნა ვიდეოთამაშებში მულტიაგენტურ სისტემათა ჯგუფური გადაწყვეტილებების მიღების საკითხები, ჭიანჭველების ამოცანის კლასიკური მაგალითის საფუძველზე. ნაჩვენებ იქნა, რომ კოოპერაციისთვის მნიშვნელოვანია არგუმენტაციის მექანიზმი. ამ მექანიზმის საშუალებით გურუ აგენტები ჯგუფის თვითოეული წვერის გადაწყვეტილებაზე დაყრდნობით იღებენ საბოლოო გადაწყვეტილებას. ასევე ვნახეთ, თუ როდენ მნიშვნელოვანია სწორი გუნდის ფორმირება, რათა მიზნის მიღწევისთვის დაიხარჯოს ნაკლები რესურსი და ამოცანა შესრულდეს ოპტიმალურ დროში.

ლიტერატურა:

1. Ming Tan. Multi-Agent Reinforcement Learning: Independent vs. Cooperative Agents. GTE Laboratories Incorporated 40 Sylvan Road Waltham, MA 02254 tan@gte.com

2. აბელაშვილი გ., ბოსიკაშვილი ზ. (2015). ვიდეოთამაშებში მულტიაგენტური დასწავლის მეთოდების შესახებ. სტუ-ს შრ.კრ., „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, №2(20). გვ. 52-57.

3. აბელაშვილი გ., ბოსიკაშვილი ზ. (2015). ხელოვნური ინტელექტის არგუმენტაციის მექანიზმის გამოყენება ვიდეოთამაშებში. სტუ-ს შრ.კრ., „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, №2(20). გვ. 58-65.

4. Boltzmann Distribution. https://en.wikipedia.org/wiki/Boltzmann_distribution.

ON THE UNITED AGENTS IN GROUPS AND COLLECTIVE DECISION-MAKING IN A VIDEO GAME

Abelashvili Giorgi

Georgian Technical University

Summary

Multiagent Technology is widely used in videogames. It combines game theory, complex systems, artificial intelligence and computational sociology. Many videogames are based on the individual artificial agent, but there are problems which are often solved as collective agents, in this case, agents will be unite in community. To unite agents in Community, there are some principles and approaches. In agent's community decisions are made as one A.I. agent. These decisions called Community Decisions and it's based on the each individual community member's decision. In this article we are going to talk about these decisions and the example will be The Ant's Task.

ОБ ОБЪЕДИНЕНИИ АГЕНТОВ В ГРУППЫ И ПРИНЯТИИ КОЛЛЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В ВИДЕОИГРАХ

Абелашвили Г.

Грузинский Технический Университет

Резюме

Мультиагентная технология широко используется в видеоиграх. Она объединяет вопросы теории игр, сложных систем, вычислительной социологии и искусственного интеллекта. В видеоиграх задачи искусственного интеллекта опираются на индивидуального агента, однако существуют проблемы, когда необходимы группы агентов. Существуют определенные принципы и подходы объединения агентов в коллективу В коллективе, как и в случае индивидуального агента, происходит принятие решения. Такое решения называется групповым решением В статье рассматриваются вопросы принятия решений в мультиагентном коллективном объединении на примере задачи о муравьях.