



საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის

ქართული უნივერსიტეტი

**ფიზიკა-მათემატიკის და კომპიუტერულ მეცნიერებათა სკოლის
(ფაკულტეტი) კომპიუტერული ტექნოლოგიებისა და მათემატიკური
მოდელირების მიმართულება**

ხელნაწერის უფლებით

ნუგზარ კერესელიძე

ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელირება

კომპიუტერული მეცნიერებები - 04.01.04
ინფორმატიკის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი ნაშრომის
ავტორეფერატი

თბილისი
2012

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის ფიზიკა-მათემატიკისა და კომპიუტერულ მეცნიერებათა სკოლის (ფაკულტეტის) კომპიუტერული ტექნოლოგიებისა და მათემატიკური მოდელების მიმართულეზაზუე.

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: **თემურ ჩილაჩავა**, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი.

ოფიციალური რეცენზენტები: **ილია თავხელიძე**, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი.
ბესარიონ დოჭვირი, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი.
თამაზ ოზგაძე, ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

დისერტაციის დაცვა შედგება 2012 წლის 24 სექტემბერს 16⁰⁰ საათზე, საქართველოს საპარტიარქოს წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის ფიზიკა-მათემატიკისა და კომპიუტერულ მეცნიერებათა სკოლის (ფაკულტეტის) სადისერტაციო კომისიის სხდომაზე.

მისამართი: 0162, თბილისი, ილია ჭავჭავაძის №53^ა. სხდომათა დარბაზში.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს საპარტიარქოს წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის სამეცნიერო ბიბლიოთეკაში

ავტორეფერატი დაიგზავნა 2012 წლის 28 ივნისს

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი

მანანა კაჭახიძე
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

კვლევითი თემის აქტუალობა. მსოფლიოში მაღალი ტემპით მიმდინარე გლობალურმა ტექნოლოგიურმა ცვლილებებმა და ინფორმატიზაციამ წარმოშვა სახელმწიფოთა შორის ახალი ტიპის დაპირისპირება - ინფორმაციული ომი. წამყვანმა ქვეყნებმა ამ მძლავრი დაპირისპირების საპასუხოდ შექმნეს ინფორმაციული ომის ნაციონალური დოქტრინები. ამ დოქტრინებში, სახელმწიფოს ინფორმაციული უსაფრთხოების მიზნით სათანადო ყურადღება ექცევა ინფორმაციული ომის კვლევის თემას, მათ შორის მათემატიკური მეთოდებით. ინფორმაციული ომის შესწავლა მათემატიკური მეთოდებით წარმოადგენს ძალზედ პერსპექტიულ მიმართულებას. კერძოდ კი ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელირება, რომელიც გულისხმობს მათემატიკური თანაფარდობებით მოდელის შექმნის, შემდგომ მისი ალგორითმიზაციის და ბოლოს შესაბამისი პროგრამების შედგენის ეტაპს, წარმოადგენს კვლევებისთვის მეტად მოქნილ, უნივერსალურ და არაძვირ ინსტრუმენტს, მეთოდს. მათემატიკური მოდელირების ეს ტრიადა იძლევა საშუალებას გამოთვლითი ექსპერიმენტების ჩატარებით მოხდეს მოდელის ადეკვატურობის შეფასება რეალობასთან, და დადებითი დასკვნის შემდეგ შესაძლებელია მოდელზე სხვადასხვა ექსპერიმენტის ჩატარება, რათა მიღებულ იქნას შესასწავლი ობიექტის რაოდენობითი და ხარისხობრივი მახასიათებლები.

ინფორმაციული ომის, ან მასთან ახლოს მდგომი თემების მათემატიკური მეთოდებით კვლევის საქმეში მიღებული შედეგების თვალსაზრისით აღსანიშნავია სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერთა მოღვაწეობა: ა. ბოგდანოვი, კ. იზმოდენოვა, ჯ. კარესი, ნ. მარევეცვა, ა. მიხაილოვი, ვ. მოხორი, ე. პუგაჩევა, ა. სამარსკი, კ. სოლოვენკო, თ. ჩილაჩავა, ვ. ჯარმო, ჯ. ჯორმაკა და სხვები. პროფ. თემურ ჩილაჩავას მიერ შემოთავაზებულია ინფორმაციული ომის მოდელირების ახალი მიმართულება – ინფორმაციული ნაკადების მათემატიკური მოდელირება.

ნაშრომის მიზანია ინფორმაციული ომის ადეკვატური მათემატიკური მოდელირების აგება და გამოკვლევა, მოდელირების ანალიზური და რიცხვითი ამოხსნების პოვნა, ინფორმაციული ომის გამძაფრებისა და ჩაქრობის პირობების დადგენა.

დასახული მიზნის მისაღწევად ნაშრომში დიფერენციალური და სხვაობრივი განტოლებების მათემატიკური თეორიის, რიცხვითი, ოპტიმიზაციის, ოპტიმალური მართვის ამოცანის და კომპიუტერული მეთოდების

გამოყენებით ხდება იმ მეცნიერული ამოცანების კვლევა, რაც დაკავშირებულია გამოსაკვლევი მოდელების ანალიზთან.

დაცვაზე გამოტანილი ძირითადი შედეგები.

1. ინფორმაციულ ომში ორი მხარის მიერ ინფორმაციული ნაკადების საშუალებით წარმოებული დაპირისპირების უწყვეტი წრფივი და არაწრფივი მათემატიკური მოდელები მესამე - მშვიდობისმყოფელი მხარის მონაწილეობით.

2. ინფორმაციულ ომში ორი მხარის მიერ ინფორმაციული ნაკადების საშუალებით წარმოებული დაპირისპირების წრფივი დისკრეტული მათემატიკური მოდელები მესამე - მშვიდობისმყოფელი მხარის მონაწილეობით.

3. ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელების კვლევის შედეგები ინფორმაციული ომის დასრულების თუ გამძაფრების პირობების (რეჟიმების) არსებობის თვალსაზრისით.

4. ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელების პარამეტრების ზეგავლენის კვლევის შედეგები ინფორმაციული ომის ოპტიმალურად დასრულებაზე.

მეცნიერული სიახლე.

1) ინფორმაციულ ომში ორი მხარის მიერ ინფორმაციული ნაკადების საშუალებით წარმოებული დაპირისპირების უწყვეტი წრფივი და არაწრფივი მათემატიკური მოდელების სიახლეა მესამე - მშვიდობისმყოფელი მხარის მონაწილეობის ჩართვა.

2) ინფორმაციულ ომში ორი მხარის მიერ ინფორმაციული ნაკადების საშუალებით წარმოებული დაპირისპირების დისკრეტული წრფივი მათემატიკური მოდელების სიახლეა მესამე - მშვიდობისმყოფელი მხარის მონაწილეობის ჩართვა.

3) ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელების კვლევის შედეგად პირველად დადგენილია ინფორმაციული ომის დასრულების თუ გამძაფრების პირობები.

4) მიღებულია ინფორმაციულ ომში მონაწილე მხარეთა აქტიურობის ანალიზური და რიცხვითი გამოსახულებები.

თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა. ინფორმაციული ომის წარმოდგენილი განზოგადოებული მათემატიკური მოდელები თეორიული თვალსაზრისით საინტერესო არიან იმიტაც, რომ თანამედროვე მსოფლიოს ჩართულობის გათვალისწინებით ინფორმაციული ომის მოდელში განხილულია დაპირისპირებულ - ანტაგონისტურ მხარეებთან ერთად სამშვიდობო მხარის აქტიურობაც. პრაქტიკული თვალსაზრისით,

შემოთავაზებული ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელების საშუალებით შესაძლებელია დაკვირვებისა და მოვლენების გაანალიზების შედეგად ინფორმაციული ომის ადრეულ სტადიაზე მოწინააღმდეგე მხარეების განზრახვების დადგენა და მოსალოდნელი დაპირისპირების ჩახშობა. კერძოდ ინფორმაციული ომის ადრეულ სტადიაზე დაკვირვების საფუძველზე შესაძლებელია მოდელის პარამეტრების მნიშვნელობათა დადგენა (აგრესიულობის ინდექსის, სამშვიდობო მზადყოფნის, სამშვიდობო აქტიურობის) და შემდეგ უკვე მოდელის ამოხსნების საშუალებით ინფორმაციული ომის განვითარების დადგენა (ე.ი განსახილველია შებრუნებული ამოცანა). ნებისმიერი ინფორმაციული ომის შეწყვეტა არის შესაძლებელი იმ შემთხვევაში, თუ მხარეებს შორის ჩაერევა საერთაშორისო ორგანიზაციები და ოპერატიულად იქნება მიღებული სამშვიდობო მოწოდებები. მესამე - მშვიდობისმყოფელი მხარის მოქმედების სტრატეგია და ტაქტიკა უნდა ეფუძნებოდეს იმ რეკომენდაციებსა და ანალიზს, რასაც ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელები იძლევიან.

კვლევის მეთოდები. ნაშრომში დასმული მიზნების მისაღწევად გამოყენებულ იქნა მათემატიკური მოდელების აგების პრინციპები და მეთოდები; წრფივი და არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნის მეთოდები; წრფივი სხვაობიანი განტოლებების ამოხსნის მეთოდები; რიცხვითი და ოპტიმიზაციის მეთოდები; ოპტიმალური მართვის ამოცანის ამოხსნის მაქსიმუმის პრინციპი. შექმნილია პროგრამული პროდუქტები Matlab-ის გარემოში და მისივე გამოყენებითი პროგრამების პაკეტების საშუალებით ხდება იმ რიცხვითი თუ ოპტიმალური მეთოდების ალგორითმების რეალიზაცია, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია მოდელის მხარეთა აქტიურობის აგება და სამშვიდობო მხარისთვის განსაკუთრებული პირობების დადგენა.

საიმედოება და საფუძვლიანობა. მიღებული შედეგების საიმედოება და საფუძვლიანობა განპირობებულია აპრობირებული ანალიზური, რიცხვითი, ოპტიმიზაციისა და ოპტიმალური მართვის მათემატიკური თეორიის მეთოდების გამოყენებით.

ნაშრომის აპრობაცია. დისერტაციის ძირითადი შედეგები მოხსენიებულ და განხილულ იქნენ: საქართველოს მათემატიკოსთა მეხუთე ყრილობაზე (ბათუმი/ქუთაისი, 9-12 ოქტომბერი, 2009, გვ. 85); საერთაშორისო კონფერენციაზე "ინფორმაციული და გამოთვლითი ტექნოლოგიები" მიძღვნილი ინფორმატიკის ქართული სამეცნიერო სკოლის თვალსაჩინო

წარმომადგენლების, პროფესორების: ელენე დევანოსიძის და მურმან წულაძის ხსოვნისადმი (თბილისი, 2-6 მაისი, 2010 წელი, პროგრამა, გვ. 6); სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აკადემიური პერსონალის სამეცნიერო კონფერენციაზე (პროგრამა, თბილისი, მაისი-ივნისი, 2010 გვ. 14, 15); საქართველოს მათემატიკოსთა კავშირის I საერთაშორისო კონფერენციაზე (ბათუმი, 12-19 სექტემბერი, 2010, სამუშაო პროგრამა გვ. 17); აკადემიკოს ი. ფრანგიშვილის დაბადების 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე "საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა" (თბილისი, 1-4 ნოემბერი, 2010 წ., მოხსენებათა თეზისები გვ. 39, 196); მე-18-ე საერთაშორისო კონფერენციაზე "რთული სისტემების უსაფრთხოების მართვის პრობლემები" (მოსკოვი, 21,22 დეკემბერი, 2010 წელი, შრომები გვ. 221); საქართველოს საპატრიარქოს წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის სამეცნიერო-მეთოდურ სემინარზე "ინფორმაციული ტექნოლოგიები და კომპიუტერული მოდელირება" (თბილისი 27 ივნისი, 2011); საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის 70 წლისთავისადმი და მისი პირველი პრეზიდენტის ნიკოლოზ მუსხელიშვილის დაბადების 120 წლისთავისადმი მიძღვნილ საერთაშორისო კონფერენციაზე "უწყვეტი ტანის მექანიკის და მასთან დაკავშირებული ანალიზის ამოცანები" (თბილისი, 9-14 სექტემბერი, 2011 წელი, თეზისები გვ. 153); საქართველოს მათემატიკოსთა კავშირის II საერთაშორისო კონფერენციაზე (ბათუმი, 15-19 სექტემბერი, 2011 წელი, პროგრამა გვ. 12); მე-19-ე საერთაშორისო კონფერენციაზე "რთული სისტემების უსაფრთხოების მართვის პრობლემები" (მოსკოვი, დეკემბერი 2011 წელი, შრომები გვ. 185); საქართველოს საპატრიარქოს წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის და ცხუმ-აფხაზეთის მეცნიერებათა აკადემიის მათემატიკოსთა სამეცნიერო კონფერენციაზე მიძღვნილ პროფესორ რევაზ აბსავას ხსოვნისადმი (თბილისი, 9-10 თებერვალი, 2012 წელი, პროგრამა გვ. 6); საქართველოს საპატრიარქოს წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის სამეცნიერო-მეთოდურ სემინარზე "ინფორმაციული ტექნოლოგიები და კომპიუტერული მოდელირება" (თბილისი, 21 მაისი 2012 წელი).

ავტორის პუბლიკაციები დისერტაციის თემაზე. დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია 13 პუბლიკაცია - სტატიაში, მათ შორის ოთხი გამოსულია უცხოეთში (ერთი აშშ-ში, სამი რუსეთში). სტატიები გამოქვეყნებულია ჩვეულებრივ და ელექტრონულ რეფერირებად და რეცენზირებად სამეცნიერო ჟურნალებში.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. დისერტაცია შედგება შესავალის, ოთხი თავის, დასკვნის, გამოყენებული ლიტერატურის სიისა და 4 დანართისაგან. ძირითადი ტექსტი (შესავალი, ოთხი თავი, დასკვნა) გამოცემულია 119 გვერდზე. სულ დამატებიანად ნაშრომი მოიცავს 178 გვერდს. დანართში მოცემულია 21 ლისტინგი და 86 ნახატი, რომლებიც ახდენენ შედეგების ილუსტრირებას. გამოყენებული ლიტერატურის სია მოიცავს 46 დასახელებას.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

შესავალში განხილულია კვლევითი თემის აქტუალობა და მნიშვნელობა; დასახულია კვლევის მიზანი და დასმულია ამოცანები; მოყვანილია თავების ჩამონათვალი და მოკლედ აღწერილია მიღებული შედეგები და პრაქტიკული მნიშვნელობები; განხილულია კვლევითი თემის გარშემო არსებული პუბლიკაციები.

პირველი თავის - ინფორმაციული ომის წრფივი უწყვეტი მათემატიკური მოდელები - 1.1 პარაგრაფში აგებულია ინფორმაციული ომის ზოგადი, წრფივი, უწყვეტი მათემატიკური მოდელი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემის სახით, განხილულია მისი მდგრადობის, ანუ სამშვიდობო სტაბილიზაციის პირობები.

$N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ ფუნქციები პირველი-ორი ანტაგონისტური და მესამე მშვიდობისმყოფელი მხარეების მიერ გავრცელებული ინფორმაციის რაოდენობა აღინიშნება დროის t მომენტში. $\alpha_1, \alpha_3, \beta_2, \beta_3 \geq 0, \gamma_i \geq 0$

$i = \overline{1,3}$ α_2, β_1 - მუდმივი სიდიდეებია. საწყისი პირობებია

$$N_1(0) = N_{10}, N_2(0) = N_{20}, N_3(0) = N_{30}, \quad (1)$$

ინფორმაციული ომის პროცესი აღიწერება სისტემით

$$\begin{cases} \frac{dN_1(t)}{dt} = \alpha_1 N_1(t) + \alpha_2 N_2(t) - \alpha_3 N_3(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \beta_1 N_1(t) + \beta_2 N_2(t) - \beta_3 N_3(t) \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \gamma_1 N_1(t) + \gamma_2 N_2(t) + \gamma_3 N_3(t) \end{cases} \quad (2)$$

(1)-(2) სისტემისთვის დადგენილია, რომ კოეფიციენტის მატრიცა

არაა გურვიცის და არ ხდება ინფორმაციული ომის სტაბილური დასრულება: ანუ არაა სამართლიანი $N_1(t), N_2(t), N_3(t) \rightarrow 0$, როცა $t \rightarrow \infty$.

დადგენილია ინფორმაციული ომის დასრულების პირობები:

თეორემა. (1)-(2) ინფორმაციული ომი იმ პირობებში, როცა $D < 0$,

$$\varphi_i(N_{30}, N_{10}, N_{20}, \nu, \lambda, t_0) \nu_i^1 < 0 \quad i = 1, 2, 3 \quad (3)$$

სრულდება, სამივე $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ ფუნქცია გადის ნულზე - ინფორმაციული ომი მთავრდება.

(1) სისტემის მახასიათებელი განტოლების დისკრიმინანტია D , $C_i = \varphi_i(N_{30}, N_{10}, N_{20}, \nu, \lambda, t_0)$, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ საკუთრივი მნიშვნელობებია, ν_j^i , $i, j = 1, 2, 3$ საკუთრივი ვექტორების კოორდინატებია. რიცხვითი მეთოდებით ნაპოვნია ინფორმაციული ომის დასრულება კონკრეტული საწყისი პირობებისთვის და მოდელის კონკრეტული პარამეტრებისთვის. განხილულია ზოგადი, წრფივი, უწყვეტი მათემატიკური მოდელის შემთხვევა ცხრიდან ექვსი განსხვავებული კოეფიციენტებისათვის და ნაპოვნია მათემატიკური მოდელის, კომის ამოცანის ზუსტი ანალიზური ამოხსნები.

1.2 პარაგრაფში განხილულია ინფორმაციული ომის მოწინააღმდეგის იგნორირების არაპრევენციული მათემატიკური მოდელი, როგორც კერძო შემთხვევა ზოგადი, წრფივი, უწყვეტი მათემატიკური მოდელისა, სადაც $\alpha_3 = \beta_3 = \beta$, $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$, $\alpha_2 = \beta_1 = \gamma_3 = 0$ და $N_{30} = 0$. α - აგრესიულობის მაჩვენებელია, β და γ - სამშვიდობო მზაობის და აქტიურობის.

$$\begin{cases} \frac{dN_1(t)}{dt} = \alpha N_1(t) - \beta N_3(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \alpha N_2(t) - \beta N_3(t) \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \gamma N_1(t) + \gamma N_2(t) \end{cases} \quad (4)$$

ამოხსნილია (4) სისტემა საწყისი პირობებისთვის, დადგენილია პირობები, რომლისთვისაც მშვიდობისმყოფელ მხარეს შეუძლია მოახდინოს ანტაგონისტურ მხარეებზე ზემოქმედება, რათა მათ დაასრულონ ინფორმაციული ომი. ამის გარდა განსაზღვრულია მოდელის ზოგიერთი პარა-

მეტრის მნიშვნელობათა ის სიმრავლე, რომლისათვისაც ინფორმაციული ომი არ დასრულდება. აღნიშნული პირობები შესწავლილია პროგრამულ დონეზე Matlab-ის გარემოში: შედგენილია პროგრამების ტექსტები, გათვლები წარმოებულია საწყისი და მოდელის პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის და მიღებულია შედეგების ვიზუალიზაცია, რაც წარმოდგენილია ნაშრომის დანართში. ყველა სხვა შემთხვევაშიც პროცესების კომპიუტერული შესწავლა მოხდა Matlab-ის გარემოში, შედგენილია პროგრამების ტექსტები.

1.3 პარაგრაფში კვლევა ჩატარდა ინფორმაციული ომის მოწინააღმდეგის იგნორირების მათემატიკური მოდელის პრევენციული შემთხვევისთვის $N_{30} > 0$. დადგენილია პირობები ანუ მოდელის ზოგიერთი პარამეტრის მნიშვნელობათა ის სიმრავლე, რომლისთვისაც მშვიდობისმყოფელ მხარეს შეუძლია მოახდინოს ანტაგონისტურ მხარეებზე ზემოქმედება, რათა მათ დაასრულონ ინფორმაციული ომი. კერძოდ თუ კი $D =$

$$\alpha^2 - 8\beta\gamma > 0, N_{10} = N_{20}, N_{30} > \frac{2\gamma N_{10}}{\lambda_2}, \text{ სადაც } \lambda_1 = \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 8\beta\gamma}}{2}, \lambda_2 = \frac{\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 8\beta\gamma}}{2},$$

ანუ საერთაშორისო ორგანიზაციები პრევენციის რა-

ოდენობას N_{30} გარკვეული სიდიდისაა, მაშინ 3-ვე $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ ფუნქცია გადის ნულზე - ანუ ინფორმაციული ომი დასრულდება. თუ კი, ანტაგონისტურ მხარეებს არათანაბარი სასტარტო პირობები აქვთ, მაგალითად $N_{10} > N_{20}$, თუ

$$F(t) = \frac{N_{10} - N_{20}}{2} e^{\lambda_1 t} - \frac{\beta}{\sqrt{D}} \left[\left(N_{30} - \frac{\gamma}{\lambda_2} (N_{10} + N_{20}) \right) e^{\sqrt{D}t} - \left(N_{30} - \frac{\gamma}{\lambda_1} (N_{10} + N_{20}) \right) \right]$$

მაშინ დამტკიცებული

ლემა 1. არსებობს N_{30} ისეთი მნიშვნელობები, რომლისთვისაც $F(t)$ ფუნქცია t_0 - მინიმუმის წერტილში არადადებითია: $F(t_0) \leq 0$ -ის საფუძველზე, როცა $N_{30} > \frac{\gamma(N_{10} + N_{20})}{\lambda_2} + \frac{N_{10} - N_{20}}{2\beta}$ $\lambda_1 = \bar{N}_{30}$, სამივე

მხარე ასრულებს ინფორმაციულ ომს - $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ ფუნქციები გადიან ნულზე. თუ კი ($N_{10} < N_{20}$), მაშინ პირველი და მეორე მხარეები ცვლიან როლებს და გვაქვს სიმეტრიული შედეგები $N_1(t)$ და $N_2(t)$ - სთვის. $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma = 0$ და $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma < 0$ შემთხვევისთვისაც განსაზღვრულია პირობები პრევენციაზე და სამშვიდობო აქტიურობაზე. დადგენილია, რომ, ინფორმაციული ომი დასრულდება - $N_1(t), N_2(t)$ და $N_3(t)$ ფუნქციები ნულზე გადიან შესაბამისი N_{30} (პრევენციის) და γ (სამშვიდობო აქტიურობის) შერჩევით. აღნიშნული პირობები და მხარეთა აქტიურობა ინფორმაციულ ომში შესწავლილია პროგრამულ დონეზე Matlab -ის გარემოში, გათვლები წარმოებულა საწყისი და მოდელის პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის და მიღებულია შედეგების ვიზუალიზაცია, რომლებიც წარმოდგენილია სადისერტაციო ნაშრომის შესაბამის დანართში.

მეორე თავში - ინფორმაციული ომის დისკრეტული წრფივი მოდელები - აგებულია დისკრეტული მოდელები და განხილულია ცალ-ცალკე ინფორმაციული ომის მოწინააღმდეგის იგნორირების დისკრეტული მათემატიკური მოდელის:

$$x_0, y_0, z_0, z_n \Big|_{n=1} = z_1, \quad z_1 = \gamma(x_0 + y_0) \quad (5)$$

საწყისი პირობების და

$$\begin{cases} x_{n+1} - x_n = \alpha x_n - \beta z_n \\ y_{n+1} - y_n = \alpha y_n - \beta z_n \\ z_{n+1} - z_n = \gamma(x_n + y_n) \end{cases} \quad (6)$$

სხვაობიანი განტოლებათა სისტემის სახით, არაპრევენციული (2.1 პარაგრაფი $z_0 = 0$) და პრევენციული (2.2 პარაგრაფი $z_0 > 0$) შემთხვევები. ამოხსნილია სხვაობიანი განტოლებათა სისტემა (6) პრევენციული და არაპრევენციული შემთხვევებისთვის. $z_0 > 0$ სთვის და ფუნქციისთვის

$$F(t) = \left(\frac{x_0 - y_0}{2} \left(\frac{\alpha + 1}{\lambda_2} \right)^t - \frac{\beta}{\sqrt{D}} \left(A \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^t - B \right) \right),$$

დამტკიცებულია

ლემა 2. არსებობს z_0 -ის ისეთი მნიშვნელობები, რომლისთვისაც $F(t)$ ფუნქცია t_0 - მინიმუმის წერტილში უარყოფითია: $F(t_0) < 0$; და მისი

საშუალებით დადგენილია ყველაზე მაღალი აგრესიულობის შემთხვევაში ინფორმაციული ომის დასრულების პირობები: $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma > 0$ და $(x_0 > y_0)$ -სთვის, თუ კი პრევენციისთვის სამართლიანია

$$z_0 > \frac{\gamma(x_0 + y_0)}{\lambda_2^*} + \frac{x_0 - y_0}{2\beta} \sqrt{D} \log_{\lambda_1/\lambda_2} \left(\frac{\alpha + 1}{\lambda_2} \right) = \bar{z}_0 \quad (7)$$

ამ შემთხვევაში პირველი მხარე, ისევე როგორც მეორე და მესამე მხარეები, ასრულებს ინფორმაციულ ომს. განხილულია სხვადასხვა აგრესიულობის დონის შემთხვევაში ინფორმაციული ომის დასრულების პირობებში. კერძოდ, $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma = 0$ შემთხვევაში ანტაგონისტურმა მხარეებმა დაიწყეს ინფორმაციული ომი არათანაბარი სასტარტო პირობებით $(x_0 > y_0)$,

$$F(t) = x_0 + y_0 + (x_0 - y_0)a^t - \left(\beta z_0 - \frac{2\beta\gamma}{\alpha}(x_0 + y_0) \right) t \left(\frac{2}{\alpha + 2} \right) - \text{სთვის}$$

დამტკიცებულია **ლემა 3. არსებობს ისეთი t^* , რომლისთვისაც $F(t^*) < 0$** ; ლემის საშუალებით დადგენილია ინფორმაციული ომის დასრულების პირობები. ეს უკანასკნელი და მხარეთა აქტიურობა შესწავლილია პროგრამულ დონეზე Matlab-ის გარემოში, გათვლები წარმოებულია საწყისი და მოდელის პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის და მიღებულია შედეგების ვიზუალიზაცია, რომლებიც წარმოდგენილია სადისკრეტაციო ნაშრომის დანართში.

მესამე თავში განხილულია ინფორმაციული ომის არაწრფივი უწყვეტი მოდელები. აგებულია ინფორმაციული ომის ორი არაწრფივი უწყვეტი მათემატიკური მოდელი; **3.1 პარაგრაფში** მოწინააღმდეგის იგნორირების მოდელისთვის

$$\begin{cases} \frac{dN_1(t)}{dt} = \alpha N_1(t) - \beta N_1(t)N_3(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \alpha N_2(t) - \beta N_2(t)N_3(t) \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \gamma N_1(t) + \gamma N_2(t) \end{cases} \quad (8)$$

$$\alpha, \beta, \gamma > 0 \quad N_1(0) = N_{10} \geq 0, N_2(0) = N_{20} \geq 0, N(0) = N_{30} \geq 0 \quad (9)$$

ანალიზურად შესწავლილია შესაბამისად დასმული კომის ამოცანები, ნაპოვნია მისი ზუსტი ამონახსნები:

$$N_3(t) = \frac{\alpha + k}{\beta} + \frac{2k}{\beta(Ce^{kt} - 1)}, \quad N_1(t) = N_{10}(C - 1)^2 \frac{e^{kt}}{(Ce^{kt} - 1)^2},$$

$$N_2(t) = N_{20}(C - 1)^2 \frac{e^{kt}}{(Ce^{kt} - 1)^2}, \quad C = \frac{N_{30}\beta - \alpha + k}{N_{30}\beta - \alpha - k} \text{ და}$$

$$k = \sqrt{(\beta N_{30} - \alpha)^2 + 2\beta\gamma(N_{10} + N_{20})} > 0$$

$k > |N_{30}\beta - \alpha|$. ნაჩვენებია, რომ ინფორმაციული ომი სრულდება ნებისმიერი პრევენციისთვის, ხოლო მხარეთა აქტიურობა, პიკზე გასვლა, განიხილება პირობით; როცა $N_{30} < \frac{\alpha}{\beta}$, $N_1(t)$ იწყებს ჯერ ზრდას, აღწევს

მაქსიმუმს, ხოლო შემდეგ მცირდება და ასიმპტოტურად ზემოდან უახლოვდება ნულს. კოორდინატა სათავის სიახლოვეს გრაფიკს აქვს თავისებური მარყუჟი. იგივე პროცესი სრულდება მეორე მხარისთვის;

თუ კი, $N_{30} > \frac{\alpha}{\beta}$ როცა $|C| > 1$, $N_1(t)$, ისევე როგორც $N_2(t)$ თავიდანვე

იწყებს კლებას და ასიმპტოტურად ზემოდან უახლოვდება ნულს. ინფორმაციული ომის დასრულების ხასიათი, მხარეთა აქტიურობა შესწავლილია პროგრამულ დონე-ზე Matlab-ის გარემოში, გათვლები წარმოებულია საწყისი და მოდელის პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის და მიღებულია შედეგების ვიზუალიზაცია, რომლებიც წარმოდგენილია სადისერტაციო ნაშრომის შესაბამის დანართში.

3.2 პარაგრაფში აგებულია და შესწავლილია ძლიერი და სუსტი მოწინააღმდეგეების ინფორმაციული ომის მთემატიკური მოდელი.

$$\begin{cases} \frac{dN_1(t)}{dt} = \alpha N_1(t) - \delta N_1(t)N_2(t) - \beta N_3(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \alpha N_2(t) + \delta N_1(t)N_2(t) - \beta N_3(t) \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \gamma(N_1(t) + N_2(t)) \end{cases} \quad (10)$$

სადაც $\alpha, \delta, \beta, \gamma$ მათემატიკური მოდელის პარამეტრებია,

$$N_1(0) = N_{10}, \quad N_2(0) = N_{20}, \quad N(0) = N_{30} \quad (11)$$

ინფორმაციული ომის საწყისი პირობებია.

თუ $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma > 0$, მაშინ

$$N_3(t) = \frac{\gamma(N_{10} + N_{20}) - \lambda_2 N_{30}}{\sqrt{D}} e^{\lambda_1 t} - \frac{\gamma(N_{10} + N_{20}) - \lambda_1 N_{30}}{\sqrt{D}} e^{\lambda_2 t}$$

$$\varphi(t) \equiv N_1(t) + N_2(t) = \beta \frac{\gamma(N_{10} + N_{20}) - \lambda_2 N_{30}}{\lambda_2 \sqrt{D}} e^{\lambda_1 t} - \beta X$$

$$X \frac{\gamma(N_{10} + N_{20}) - \lambda_1 N_{30}}{\lambda_1 \sqrt{D}} e^{\lambda_2 t} \quad (12)$$

$$\frac{d}{dt} N_1(t) = (\alpha - \delta\varphi(t))N_1(t) + \delta N_1^2(t) - \beta N_3(t) \quad (13)$$

განტოლება (13) ამოიხსნება Matlab-ის გარემოში ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლების (სისტემის) ამომხსნელი (სოლვერი) ode45 -ის საშუალებით, რომელიც რუნგე-კუტას მე-4-ე და მე-5-ე რიგის სიზუსტის ერთიჯიან ცხად მეთოდებზეა დაფუძნებული. ამის შემდეგ (12) -დან მოიძებნება მეორე მხარის აქტიურობა.

თუ კი მესამე მხარე მიმართავს არასაკმარისი დონის პრევენციას და სრულდება პირობა $N_{30} \leq \frac{\gamma(N_{10} + N_{20})}{\lambda_2}$, მაშინ არცერთი მხარე არ

ასრულებს ინფორმაციულ ომს. ხოლო თუ კი ადგილი ექნება პირობას

$$N_{30} > \frac{\gamma(N_{10} + N_{20})}{\lambda_2} \quad (14)$$

მაშინ შესაძლებელია, რომ დასრულდეს ინფორმაციული ომი:

$N_1(t) + N_2(t) \rightarrow -\infty$, როცა $t \rightarrow +\infty$. მსგავსი სურათია თუ $D =$

$\alpha^2 - 8\beta\gamma = 0$, ან $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma < 0$ -ებისთვის, მაშინ ვლდებულობთ ზემოთ მიღებული შედეგების ანალოგიურ შედეგებს კონკრეტული პირობებისთვის

მეოთხე თავში განხილულია ექსტრემალური ამოცანები, რომლებიც წარმოიშვება ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელებში. ექსტრემალური ამოცანები მიზნად ისახავენ სამშვიდობო პროცესით ინფორმაციული ომის დასრულებას მინიმალურ დროში ან მცირე ეკონომიკური რესურსების გამოყენების პირობებში. **4.1 პარაგრაფში** დასმულია და გა-

დაწყვეტილია მინიმიზაციის ამოცანა ინფორმაციულ ომში მოწინააღმდეგის იგნორირების მათემატიკური მოდელის ერთი შემთხვევისათვის

$$t^* = f(\gamma, N_{30}) = \frac{1}{\sqrt{D}} \left[\ln \frac{-2\gamma N_{10} + \lambda_1 N_{30}}{-2\gamma N_{10} + \lambda_2 N_{30}} - \ln \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) \right] \rightarrow \inf \quad (15)$$

შეზღუდვებით არგუმენტებზე

$$\frac{2\gamma N_{10}}{\lambda_2} < N_{30} \leq M \quad (16)$$

$$0 < \gamma \leq K \quad (17)$$

სადაც M , K დადებითი ნამდვილი რიცხვებია. ლემა 5-ის ძალით (14)-(16) ამოცანა წარმოიდგინება მინიმიზაციის ამოცანად მართკუთხა არეზე და ამოხსნილია ოპტიმიზაციის მეთოდით Matlab-ის გარემოში არაწრფივი მინიმიზაციის პროგრამა fmincon -ს გამოყენებით.

4.2 პარაგრაფში, დასმულია ინფორმაციული ომის დასრულების ამოცანა მცირე დანახარჯებისთვის დინამიური პროცესისთვის

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = a_{11}x_1(t) + a_{12}x_2(t) - b_1u_1(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = a_{21}x_1(t) + a_{22}x_2(t) - b_2u_2(t) \end{cases} \quad (18)$$

$$x_1(0) = x_{10}; x_2(0) = x_{20} \quad (19)$$

სადაც $u(t)$ მართვაა. განხილულია ასევე ინფორმაციული ომის უსწრაფესად დასრულების მართვის ამოცანა, მაქსიმუმის პრინციპის გამოყენებით მიღებულია ოპტიმალური მართვის აუცილებელი და საკმარისი პირობები კონკრეტული შემთხვევებისათვის.

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = a_{11}x_1(t) + a_{12}x_2(t) + v_1 \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = a_{21}x_1(t) + a_{22}x_2(t) + v_2 \end{cases} \quad (19)$$

განხილულია სინთეზის ამოცანა (19) სისტემისათვის, სადაც შემოტანილია ახალი მართვა $v_1 = -b_1u_1(t)$; $v_2 = -b_2u_2(t)$. ნაჩვენებია, თუ რა შემთხვევაში შეიძლება ამა თუ იმ საწყისი მდგომარეობიდან კოორდინატთა სათავეში მოხვედრა - გამოკვლეულია სისტემის მართვადობა.

ნაჩვენებია, რომ ოპტიმალური მართვის ამოცანა ინფორმაციული

ომის მოწინააღმდეგის იგნორირების მათემატიკური მოდელირების შემთხვევაში, სადაც მართვად სისტემას აქვს სახე:

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = \alpha x_1(t) - \beta u_1(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = \alpha x_2(t) - \beta u_2(t) \end{cases} \quad (20)$$

ვერ გადაწყდება მაქსიმუმის პრინციპით, მაშინ როცა ეს საკითხი გადაწყვეტილია პირველ თავში, სადაც დინამიური პროცესი - ინფორმაციული ომი აღიწერება ორიგინალური მათემატიკური მოდელით. ამდენად შეიძლება ითქვას, რომ პირველ და მეოთხე თავებში შემოთავაზებული მიდგომები ერთმანეთს ავსებენ.

დასკვნა

სადისერტაციო ნაშრომში მიღწეულია დასახული მიზნები - გადაწყვეტილია რიგი ამოცანა პროფ. თემურ ჩილაჩავას მიერ შემოთავაზებული ინფორმაციული ომის მოდელირების ახალი მიმართულებიდან - ინფორმაციული ნაკადების მათემატიკური მოდელები.

ნაშრომში აგებულია ორ ანტაგონისტურ მხარეთა შორის ინფორმაციული ომის ზოგადი, წრფივი და არაწრფივი უწყვეტი; დისკრეტული მათემატიკური მოდელები. ინფორმაციული ომის პროცესების კვლევამ მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელებით, ანალიზური და რიცხვითი მეთოდებით, აჩვენა, რომ სამშვიდობო ორგანიზაციები, რომელთა ჩართულობაც ინფორმაციულ ომში აღწერილია მოდელში, მიმართავენ საკმარისი რაოდენობის პრევენციას ან გაზრდიან სამშვიდობო აქტიურობის მაჩვენებელს, შეუძლიათ თავისი მოქმედებით ჩააქრონ ყველაზე უფრო მძაფრი ინფორმაციული ომი. კერძოდ, როცა ინფორმაციული ომის პრევენციულ მოდელში, $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma > 0$ და ანტაგონისტურ მხარეებს არათანაბარი სასტატო პირობები აქვთ ($N_{10} \neq N_{20}$), თუკი

მესამე მხარე მიმართავს პრევენციას $N_{30} > \frac{\gamma(N_{10} + N_{20})}{\lambda_2} + \frac{N_{10} - N_{20}}{2\beta} \lambda_1 =$

N_{30} , მაშინ 3-ვე $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ ფუნქცია გადის ნულზე - ანუ

ინფორმაციული ომი დასრულდება. ინფორმაციული ომის დასრულების პირობები, სათანადო პრევენციის შერჩევით მიღებულია შემოთავაზებული მოდელებისთვის ინფორმაციული ომის დაწყების სხვადასხვა რეჟიმების გათვალისწინებით. ამასთან გამოკვლეულია, რომ თუ კი სამშვიდობოები არ მიმართავენ პრევენციას, მაგალითად მოწინააღმდეგის იგნორირების არაპრევენციულ წრფივ უწყვეტ და დისკრეტულ მოდელებში, ინფორმაციული ომის ჩაქრობა ვერ ხერხდება.

კომპიუტერული გათვლები და გამოთვლითი ექსპერიმენტები ჩატარებულია MATLAB-ის გარემოში. გათვლები წარმოებულია საწყისი და მოდელის პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის, მიღებულია შედეგების ვიზუალიზაცია, ისინი წარმოდგენილი არიან ნაშრომის ოთხ დანართში.

ამდენად ნაშრომში მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მშვიდობისმყოფელების როლი ინფორმაციული ომის ჩაქრობაში არსებითია და თუ ისინი სათანადო დონის (ამ სათანადო დონის განსაზღვრა კი შესაძლებელია წარმოდგენილი ნაშრომის საფუძველზე) აქტიურობას წარმოაჩენენ, მათ შეუძლიათ ყველაზე მძაფრი ინფორმაციული ომის ჩაქრობაც კი. მათემატიკურმა მოდელებმა აჩვენა, რომ სწორედ საერთაშორისო ორგანიზაციების ძალისხმევის შედეგად შესაძლებელია ორ ანტაგონისტურ სახელმწიფოს შორის საინფორმაციო ომის შეჩერება, რათა შემდგომში მოვლენები ცხელ ფაზაში, ანუ საბრძოლო ვითარებაში არ გადაიზარდოს. ამდენად, ზუსტი მათემატიკური კვლევების შედეგებმა აჩვენეს, რომ იმ შემთხვევაში, თუ საერთაშორისო ორგანიზაციები აღმოჩნდებიან მოწოდების სიმალლეზე და ომის ცხელ ფაზაში გადაზრდის საშიშროებამდე შეიმუშავენ პრევენციულ ზომებს, წინასწარ გააკეთებენ დამამშვიდებელ განცხადებებს, შესაძლებელია შეიარაღებული დაპირისპირების თავიდან აცილება.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული ნაშრომების ჩამონათვალი

1. ჩილაჩავა თ., კერესელიძე ნ. „აგრესორი–მსხვერპლის“ ინფორმაციული ომის არაწრფივი მათემატიკური მოდელი. ცხუმ–აფხაზეთის მეცნიერებათა აკადემიის შრომების კრებული, ტ.2, 2011, გვ. 5-14.
2. ჩილაჩავა თ., კერესელიძე ნ. საინფორმაციო ომის მათემატიკური მოდელირება. Georgian Electronic Scientific Journal: Computer Science and Telecommunications 2010|No. 1(24), გვ. 78-105.
3. Чилачава Т., Кереселидзе Н. Математическое моделирование информационных войн. Журнал Информационные войны. 2011. №1(17), стр. 28-35.
4. Чилачава Т., Кереселидзе Н. Нелинейная математическая модель информационной войны. Проблемы управления безопасностью сложных систем. Труды 19-ой Международной конференции. Москва, декабрь 2011 г, стр. 185-188.
5. Чилачава Т., Кереселидзе Н. Оптимизационная задача математической модели информационной войны. Тезисы докладов. Международная научная конференция «Информационные и компьютерные технологии, моделирование, управление» посвященная 80-летию со дня рождения И.В. Прангишвили. Грузия, Тбилиси, 01-04 ноября, 2010, стр. 196 – 197.
6. Чилачава Т., Кереселидзе Н. Оптимизационная задача непрерывной математической модели превентивной информационной войны. Проблемы управления безопасностью сложных систем. Труды 18-ой Международной конференции. Москва, декабрь 2010 г, стр. 221-226.
7. Chilachava T., Kereselidze N. About one mathematical model of the information warfare. Fifth congress of mathematicians of Georgia. Abstracts of contributed talks. Batumi/Kutaisi, October 9-12, 2009, p. 85.
8. Chilachava T., Kereselidze N. Continuous linear mathematical model of preventive information warfare. Sokhumi State University Proceedings, Mathematics and Computer Sciences, 2009, № 7, p. 113 – 141.
9. Chilachava T., Kereselidze N. Continuous nonlinear mathematical model of information warfare. International conference continuum mechanics and related problems of analysis to Celebrate the 70th Anniversary of the

- Georgian National Academy of Sciences & the 120th birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili. Book of abstracts. Tbilisi, September 9 – 14, 2011, p. 155-156.
10. Chilachava T., Kereselidze N. General continuous linear mathematical model of information warfare. Abstracts II International conference of Georgian mathematical union, Dedicated to the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili. Book of abstracts. Batumi, September 15 – 19, 2011, p. 117-118
 11. Chilachava T., Kereselidze N. Mathematical and computer model of preventive information warfare. Georgian mathematical union. First international conference. Book of abstracts. Batumi, September 12-19, 2010, p. 75 – 76.
 12. Chilachava T., Kereselidze N. Non-preventive continuous linear mathematical model of information warfare. Sokhumi State University Proceedings, Mathematics and Computer Sciences, 2009, № 7, p. 91 – 112.
 13. Chilachava T., Kereselidze N. Optimizing problem of mathematical model of preventive information warfare. Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80th Anniversary of I.V. Prangishvili. USA, Imprint: Nova, 2011, https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=26035&osCsid=23686bd53ba0b01ecf51093491912c37

Грузинский университет им. Св. Андрея Первозванного при
Патриархии Грузии
Школа (факультет) физико-математическая и компьютерных
наук
Направление компьютерных технологий и математического
моделирования

На правах рукописи

Нугзар Кереселидзе

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЙН

Компьютерные науки 04.01.04

Автореферат

научной работы, представленной на соискание академической
степени доктора информатики

Тбилиси
2012

Диссертационная работа выполнена в Грузинском Университете им. Св. Андрея Первозванного при Патриархии Грузии, в школе (на факультете) физико-математической и компьютерных наук, по направлению компьютерные технологии и математическое моделирование

Научный руководитель: **Темур Чилачава**, доктор физико-математических наук, профессор.
Официальные рецензенты: **Илья Тавхелидзе**, доктор физико-математических наук, профессор.
Виссарион Дочвири, доктор физико-математических наук, профессор.
Тамаз Обгадзе, доктор технических наук

Защита диссертации состоится 24 сентября 2012 г. в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационной комиссии школы (факультета) физико-математической и компьютерных наук, Грузинского Университета им. Св. Андрея Первозванного при Патриархии Грузии.

Адрес: 0162, г. Тбилиси, ул. Ильи Чавчавадзе д. 53^а, в зале заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Грузинского Университета им. Св. Андрея Первозванного при Патриархии Грузии, по адресу: 0162, г. Тбилиси, ул. Ильи Чавчавадзе д. 53^а.

Автореферат разослан 28 июня 2012 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Манана Качахидзе
доктор физико-математических наук, профессор

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Высокие темпы глобальных технологических изменений и информатизации в мире, породили информационные войны - новый тип противостояния между государствами. На этот вызов ведущие мировые державы стали разрабатывать и принимать национальные доктрины информационных войн. В них, с целью информационной безопасности уделяется должное внимание вопросам научного исследования разных сторон информационных войн и различными методами. Исследование информационных войн математическими методами является весьма перспективным и эффективным. В частности, математическое моделирование информационных войн, которое подразумевает создание модели с помощью математических соотношений на первом этапе, далее ее алгоритмизацию и наконец, создание соответствующих программ, что является недорогим, но универсальным и эффективным инструментом для исследователя. Эта триада математического моделирования, позволяет с помощью вычислительного эксперимента оценить адекватность созданной математической модели информационных войн с реальностью, и при положительном результате, возможно получения количественных и качественных показателей исследуемого объекта в результате компьютерного эксперимента с моделью.

В исследовании математическими методами информационных войн, либо близких к ней тем, следует отметить научные достижения ученых всего мира: Богданов А. М., Джармо В., Джормака Дж., Измоденова К. В., Карес Дж., Маревцева Н. А., Михайлов А. П., Мохор В.В., Пугачева Е. Г., Самарский А. А., Соловенко К. Н. , Чилачава Т. И. и др. Профессором Темуром Чилачава предложено новое направление в моделировании информационных войн – математические модели информационных потоков.

Целью работы является построение адекватной математической модели информационных войн и ее исследование, нахождение аналитических и численных решений моделей, установление условий обострения и погашения информационной войны. Для достижения поставленной цели в работе решаются задачи анализа математических моделей компьютерными и математическими методами теории дифференциальных и разностных уравнений, оптимизации, численного анализа, теории оптимального уп-

равления.

Положения, выносимые на защиту.

1. Непрерывные линейные и нелинейные математические модели противостояния двух сторон информационными потоками в информационной войне при участии третьей – миротворческой стороны.

2. Линейные дискретные математические модели противостояния двух сторон информационными потоками в информационной войне при участии третьей – миротворческой стороны.

3. Результаты исследований математических моделей информационных войн на наличие режимов (условия) обострения либо затухания информационных войн.

4. Результаты исследований по оценке влияния параметров математических моделей информационных войн на оптимальное решение завершения информационной войны.

Научная новизна:

1. Включение третьей – миротворческой стороны в непрерывные линейные и нелинейные математические модели противостояния двух сторон информационными потоками в информационной войне.

2. Включение третьей – миротворческой стороны в линейные дискретные математические модели противостояния двух сторон информационными потоками в информационной войне.

3) При исследовании математических моделей информационных войн впервые установлены условия обострения и затухания информационных войн.

4) Получены аналитические и численные выражения решений активности сторон в информационной войне.

Теоритическая и практическая значимость. Представленные в общем виде математические модели информационных войн, в теоретическом плане интересны и тем, что с учетом заинтересованности и включенности международных сообществ в преодолении и предотвращении кризисов, в моделях помимо антагонистических сторон включена и миротворческая сторона, которая призывает стороны к уменьшению агрессии. С помощью предлагаемых математических моделей информационных войн, на основе наблюдений и анализа, уже на ранней стадии информационных атак, возможно, установить истинные намерения каждой из сторон, характер развития или подавления информационной войны. В частности, на основе наблюдений за информационной войной на ранней стадии, возможно

установление значений параметров модели (индексов агрессивности, миротворческой готовности и активности). Математическая модель информационной войны позволяет сделать важный вывод о том, что международные организации, которые постоянно бдительны и оперативно контролируют свои действия, могут потушить любую информационную войну, которая ведется между странами, пусть даже по мощи и информационному оружию очень разных. При этом стратегия и тактика третьей миротворческой стороны должны основываться на результатах анализа и рекомендаций математической модели информационных войн.

Методы исследования. В работе для решения поставленных задач применялись методы и принципы построения математических моделей; методы решения линейных и нелинейных дифференциальных уравнений, разностных линейных уравнений, оптимизаций и численного решения; принципа максимума оптимального управления. Разработаны программные продукты в среде Matlab, с помощью которых устанавливается активность сторон, и выводятся особые условия подавления информационной войны для миротворческой стороны.

Достоверность и обоснованность. Достоверность и обоснованность полученных результатов основаны на использовании апробированных аналитических, численных, оптимизационных методов и математической теории оптимального управления.

Апробация работы. Основные результаты диссертации и отдельные приложения обсуждались и докладывались на: Пятом съезде математиков Грузии (Батуми/Кутаиси, 9-10 октября, 2009 г., тезисы, стр. 85); Международной конференции «Информационные и вычислительные технологии», организованной Институтом Вычислительной Математики им. Н. Мухелишвили, Грузинским университетом им. Св. Андрея Первозванного при Патриархии Грузии, посвященной памяти ярких представителей Грузинской научной школы по информатике Елены Деканосидзе и Мурмана Цуладзе (Тбилиси, 2-6 май 2010 г. программа, стр. 6); Научной конференции сотрудников Сухумского государственного университета (Тбилиси, май-июнь, 2010 г., программа, стр. 14,15); I международной конференции союза математиков Грузии (Батуми, 12-19 сентября, 2010 г. Программа, стр. 17); Посвященной 80-летию со дня рождения академика И. Прангишвили международной научной конференции «Информационные и компьютерные технологии, моделирование, управление» (Тбилиси, 1-4 ноября, 2010 г.

тезисы стр. 39,196); «Проблемы управления безопасностью сложных систем» 18-ая Международная конференция (Москва, декабрь 2010 г. Труды стр. 221); Научно-методическом семинаре «Информационные технологии и математическое моделирование» Грузинского университета им. Св. Андрея Первозванного при Патриархии Грузии (Тбилиси, 27 июня 2011 г.); Международной конференции «Механика сплошной среды и связанные с нею вопросы», посвященной 70-и летию Академии Наук Грузии и 120-и летию ее первого Президента Нико Мухелишвили (Тбилиси, 9-14 сентября, 2011 г. Тезисы стр. 153); II международной конференции Союза математиков Грузии (Батуми, 15-19 сентября 2011г. Программа стр. 153); «Проблемы управления безопасностью сложных систем» 19-ая Международная конференция (Москва, декабрь 2011 г. Труды стр. 185); Научно-методическом семинаре «Информационные технологии и математическое моделирование» Грузинского университета им. Св. Андрея Первозванного при Патриархии Грузии (Тбилиси, 21 мая 2012 г.);

Публикации автора по теме диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в 13 статьях, в том числе 4 за рубежом (в США и России). Статьи опубликованы в обычных и электронных рецензируемых и реферируемых научных журналах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, четырех приложений. Основной текст (введение, четыре главы, заключение) изложен на 119 страницах. В целом, с учетом приложения, диссертация изложена на 178 страницах. В приложениях 21 листинга, 86 рисунков, иллюстрирующих полученные результаты. Список использованной литературы включает 46 наименований.

Краткое содержание работы

Во введении рассмотрена актуальность и значимость темы исследования, сформулированы цели и задачи исследования. Приводится краткое описание глав диссертации, полученных основных результатов и их практическое значение; Рассмотрены публикации касательно исследуемой темы.

В §1.1. первой главы – линейные непрерывные математические модели информационной войны – построена общая линейная непрерывная математическая модель информационной войны в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений, исследована ее устойчивость – условия миротворческой стабилизации. Функции $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ означают количество распространенной информации первыми двумя антагонистическими и третьей – миротворческой сторонами в момент времени t . $\alpha_1, \alpha_3, \beta_2, \beta_3 \geq 0, \gamma_i \geq 0 \quad i = \overline{1,3}$ α_2, β_1 – постоянные величины. Начальные условия:

$$N_1(0) = N_{10}, N_2(0) = N_{20}, N_3(0) = N_{30}, \quad (1)$$

Процесс информационной войны описывается системой

$$\begin{cases} \frac{dN_1(t)}{dt} = \alpha_1 N_1(t) + \alpha_2 N_2(t) - \alpha_3 N_3(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \beta_1 N_1(t) + \beta_2 N_2(t) - \beta_3 N_3(t) \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \gamma_1 N_1(t) + \gamma_2 N_2(t) + \gamma_3 N_3(t) \end{cases} \quad (2)$$

Для системы (2) установлено, что ее матрица не является Гурвицевой и следовательно, не происходит стабильное завершение информационной войны т.е. не выполняются $N_1(t), N_2(t), N_3(t) \rightarrow 0$, при $t \rightarrow \infty$.

Установлены условия завершения информационной войны:

Теорема. Информационная война (1)-(2) при условии, что $D < 0$ и

$$\varphi_i(N_{30}, N_{10}, N_{20}, \nu, \lambda, t_0) \nu_i^1 < 0 \quad i = 1, 2, 3 \quad (3)$$

завершается, т.е. все три функции $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ выходят на нуль.

D является дискриминантом характеристического уравнения системы (1), $C_i = \varphi_i(N_{30}, N_{10}, N_{20}, \nu, \lambda, t_0)$, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ собственные значения, ν_j^i , $i, j = 1, 2, 3$ координаты собственных векторов. Для конкретных значений начальных условий и параметров модели, численными методами установлены условия прекращения информационной войны сторонами. Для

общей линейной непрерывной математической модели информационной войны, при независимо подбираемых шести коэффициентов из девяти, найдены точные аналитические решения соответствующей задачи Коши.

В §1.2 рассмотрена математическая модель непревентивной информационной войны игнорирования противника, как частный случай общей линейной непрерывной математической модели, где $\alpha_3 = \beta_3 = \beta$,

$\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$, $\alpha_2 = \beta_1 = \gamma_3 = 0$ и $N_{30} = 0$. α - показатель агрессивности, β и γ - миротворческой готовности и активности.

$$\begin{cases} \frac{dN_1(t)}{dt} = \alpha N_1(t) - \beta N_3(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \alpha N_2(t) - \beta N_3(t) \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \gamma N_1(t) + \gamma N_2(t) \end{cases} \quad (4)$$

Найдены точные аналитические решения системы (4) для начальных условий; выведены условия при которых миротворческая сторона способна так воздействовать на антагонистические стороны, чтобы они завершили информационную войну. Для некоторых параметров модели определены множества их значений, при которых информационная война не завершается. Условия завершения или продолжения информационной войны исследованы на программном уровне в среде Matlab. Составлены программы, произведены расчеты для различных начальных условий и значений параметров модели. Полученные результаты визуализированы, они представлены в приложении номер один диссертации.

В §1.3 исследование проведено для математической модели превентивной информационной войны игнорирования противоположной стороны, когда $N_{30} > 0$. Установлены условия для превенции, а для некоторых параметров модели определены множества их значений, при которых миротворческая сторона может повлиять на антагонистические стороны, в плане принуждения их к завершению информационной войны. В

частности, если $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma > 0$, $N_{10} = N_{20}$, $N_{30} > \frac{2\gamma N_{10}}{\lambda_2}$, где $\lambda_1 =$

$$\frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 8\beta\gamma}}{2}, \lambda_2 = \frac{\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 8\beta\gamma}}{2}, \text{ т.е. количество превенции}$$

определенная величина - N_{30} , то все три функции $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ выходят на нуль – информационная война завершается. Если у антагонистических сторон неравные стартовые позиции, например $N_{10} > N_{20}$, и

$$F(t) = \frac{N_{10} - N_{20}}{2} e^{\lambda_2 t} - \frac{\beta}{\sqrt{D}} \left[(N_{30} - \frac{\gamma}{\lambda_2} (N_{10} + N_{20})) e^{\sqrt{D}t} - \right.$$

$$\left. - (N_{30} - \frac{\gamma}{\lambda_1} (N_{10} + N_{20})) \right] \text{ тогда в силу доказанной}$$

Леммы 1. Существует такое значение для N_{30} , при которой функция

$$F(t) \text{ в точке минимума } t_0 \text{ - неположительна: } F(t_0) \leq 0, \text{ когда } N_{30} > \frac{\gamma(N_{10} + N_{20})}{\lambda_2} + \frac{N_{10} - N_{20}}{2\beta} \lambda_1 = \bar{N}_{30}, \text{ все три стороны завершают инфор-}$$

мационную войну - функции $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$ выходят на нуль. Если ($N_{10} < N_{20}$), то стороны меняются ролями и имеем схожие результаты для

$$N_1(t) \text{ и } N_2(t). \text{ Для случаев } D = \alpha^2 - 8\beta\gamma = 0 \text{ и } D = \alpha^2 - 8\beta\gamma < 0$$

определены условия для превенции и миротворческой активности:

информационная война завершается – функции $N_1(t), N_2(t)$ и $N_3(t)$

выходят на нуль, при подборе соответствующих N_{30} (превенции) и γ

(миротворческой активности). Условия завершения или продолжения

информационной войны исследованы на программном уровне в среде

Matlab – составлены программы, произведены расчеты при различных

начальных условиях и значениях параметров модели, полученные

результаты визуализированы и помещены в приложениях диссертации.

Во второй главе – дискретные линейные математические модели информационной войны – построены дискретные модели и по отдельности рассмотрены для математической модели информационной войны игнорирования противника: - с начальными условиями

$$x_0, y_0, z_0, z_n|_{n=1} = z_1, z_1 = \gamma(x_0 + y_0) \quad (5)$$

и системой разностных уравнений

$$\begin{cases} x_{n+1} - x_n = \alpha x_n - \beta z_n \\ y_{n+1} - y_n = \alpha y_n - \beta z_n \\ z_{n+1} - z_n = \gamma(x_n + y_n) \end{cases} \quad (6)$$

непревентивные (§2.1 $z_0 = 0$) и превентивные (§2.2 $z_0 > 0$) случаи. Найдены решения системы разностных уравнений (6) для превентивного и непревентивного случая. Для $z_0 > 0$ и функции

$$F(t) = \left(\frac{x_0 - y_0}{2} \left(\frac{\alpha + 1}{\lambda_2} \right)^t - \frac{\beta}{\sqrt{D}} \left(A \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^t - B \right) \right), \text{ доказана Лемма 2.}$$

Существует такое значение для z_0 , при котором функция $F(t)$ в точке минимума t_0 отрицательна: $F(t_0) < 0$; и с ее помощью установлено, что при самой высокой агрессивности сторон, условием завершения информационной войны является, выполнение неравенства для превенции

$$z_0 > \frac{\gamma(x_0 + y_0)}{\lambda_2^*} + \frac{x_0 - y_0}{2\beta} \sqrt{D} \log_{\lambda_1/\lambda_2} \left(\frac{\alpha + 1}{\lambda_2} \right) = \bar{z}_0 \quad (7)$$

при $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma > 0$ и $(x_0 > y_0)$. При этом первая сторона, также, как и остальные две, завершает информационную войну. Рассмотрены также условия завершения информационной войны для различных уровней агрессивности: в частности при $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma = 0$, если антагонистические стороны начали информационную войну при различных стартовых позициях $(x_0 > y_0)$, то для функции

$$F(t) = x_0 + y_0 + (x_0 - y_0)a^t - \left(\beta z_0 - \frac{2\beta\gamma}{\alpha}(x_0 + y_0) \right) t \left(\frac{2}{\alpha + 2} \right)$$

доказана **Лемма 3. Существует такое t^* , при которой $F(t^*) < 0$** ; С помощью Леммы 3 установлены условия завершения информационной войны. Условия завершения или продолжения информационной войны исследованы на программном уровне в среде Matlab – составлены программы, произведены расчеты при различных начальных условиях и значениях параметров модели, полученные результаты визуализированы и помещены в приложении 2 диссертации.

В третьей главе – непрерывные нелинейные математические модели

информационной войны – построены две непрерывные нелинейные математические модели. В § 3.1 для модели игнорирования противника

$$\begin{cases} \frac{dN_1(t)}{dt} = \alpha N_1(t) - \beta N_1(t)N_3(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \alpha N_2(t) - \beta N_2(t)N_3(t) \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \gamma N_1(t) + \gamma N_2(t) \end{cases} \quad (8)$$

$$\alpha, \beta, \gamma > 0 \quad N_1(0) = N_{10} \geq 0, N_2(0) = N_{20} \geq 0, N_3(0) = N_{30} \geq 0 \quad (9)$$

аналитически исследована соответствующая задача Коши и найдены точные решения:

$$N_3(t) = \frac{\alpha + k}{\beta} + \frac{2k}{\beta(Ce^{kt} - 1)}, \quad N_1(t) = N_{10}(C - 1)^2 \frac{e^{kt}}{(Ce^{kt} - 1)^2},$$

$$N_2(t) = N_{20}(C - 1)^2 \frac{e^{kt}}{(Ce^{kt} - 1)^2}, \quad C = \frac{N_{30}\beta - \alpha + k}{N_{30}\beta - \alpha - k} \gg 1$$

$$k = \sqrt{(\beta N_{30} - \alpha)^2 + 2\beta\gamma(N_{10} + N_{20})} > 0$$

$k > |N_{30}\beta - \alpha|$. Показано, что информационная война завершается при любой превенции, однако выход на пик активности определяется условием: когда $N_{30} < \frac{\alpha}{\beta}$, $N_1(t)$ начинает расти, достигает максимума

активности, а затем убывает, в близости начала координат график имеет своеобразную петлю. Тот же процесс наблюдается и для второй стороны.

Если $N_{30} > \frac{\alpha}{\beta}$, когда $|C| > 1$, $N_1(t)$, также как и $N_2(t)$ с самого начала

уменьшается и сверху асимптотически приближается к нулю. Условия завершения или продолжения информационной войны исследованы на программном уровне в среде Matlab – составлены программы, произведены расчеты при различных начальных условиях и значениях параметров модели, полученные результаты визуализированы и помещены в приложении 3 диссертации.

В §3.2 построена и исследована математическая модель сильного и

слабого соперников.

$$\begin{cases} \frac{dN_1(t)}{dt} = \alpha N_1(t) - \delta N_1(t)N_2(t) - \beta N_3(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \alpha N_2(t) + \delta N_1(t)N_2(t) - \beta N_3(t) \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \gamma(N_1(t) + N_2(t)) \end{cases} \quad (10)$$

где $\alpha, \delta, \beta, \gamma$ параметры математической модели,

$$N_1(0) = N_{10}, \quad N_2(0) = N_{20}, \quad N_3(0) = N_{30} \quad (11)$$

начальные условия информационной войны.

Если $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma > 0$, то

$$\begin{aligned} N_3(t) &= \frac{\gamma(N_{10} + N_{20}) - \lambda_2 N_{30}}{\sqrt{D}} e^{\lambda_1 t} - \frac{\gamma(N_{10} + N_{20}) - \lambda_1 N_{30}}{\sqrt{D}} e^{\lambda_2 t} \\ \varphi(t) \equiv N_1(t) + N_2(t) &= \beta \frac{\gamma(N_{10} + N_{20}) - \lambda_2 N_{30}}{\lambda_2 \sqrt{D}} e^{\lambda_1 t} - \beta X \\ &\quad X \frac{\gamma(N_{10} + N_{20}) - \lambda_1 N_{30}}{\lambda_1 \sqrt{D}} e^{\lambda_2 t} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\frac{d}{dt} N_1(t) = (\alpha - \delta\varphi(t))N_1(t) + \delta N_1^2(t) - \beta N_3(t) \quad (13)$$

Уравнение (13) решено в среде Matlab, при помощи решателя (солвера) системы обыкновенных дифференциальных уравнений ode 45, который основан на одношаговом явном методе Рунге-Куты с точностью четвертого и пятого порядков. Затем из (12) находим активность второй стороны.

Если третья сторона прибегнет к недостаточной превенции и выполняется $N_{30} \leq \frac{\gamma(N_{10} + N_{20})}{\lambda_2}$, то ни одна из сторон не завершает

информационную войну. Если же имеет место условие

$$N_{30} > \frac{\gamma(N_{10} + N_{20})}{\lambda_2} \quad (14)$$

то, тогда возможно завершение информационной войны:

$$N_1(t) + N_2(t) \rightarrow -\infty, \quad \text{когда } t \rightarrow +\infty.$$

Аналогичная ситуация при

$D = \alpha^2 - 8\beta\gamma = 0$, либо $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma < 0$, тогда имеем аналогичные результаты с теми результатами, которые были получены выше.

В четвертой главе – экстремальные задачи в математических моделях информационной войны – рассмотрены экстремальные задачи, которые возникают в математических моделях информационной войны. Целью экстремальных задач является завершение информационной войны миротворческим процессом за минимальное время либо при использовании минимальных экономических ресурсов. В § 4.1 поставлена и решена задача минимизации для одного случая математической модели информационной войны игнорирования противника.

$$t^* = f(\gamma, N_{30}) = \frac{1}{\sqrt{D}} \left[\ln \frac{-2\gamma N_{10} + \lambda_1 N_{30}}{-2\gamma N_{10} + \lambda_2 N_{30}} - \ln \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) \right] \rightarrow \inf \quad (15)$$

При ограничениях для аргументов

$$\frac{2\gamma N_{10}}{\lambda_2} < N_{30} \leq M \quad (16)$$

$$0 < \gamma \leq K \quad (17)$$

где M, K положительные действительные числа. В силу леммы 5 задача (15)-(17), представляется задачей минимизации на прямоугольнике и решена методом оптимизации в среде Matlab программой нелинейной минимизации `fmincon`.

В §4.2 поставлена задачи завершения информационной войны при наименьших затратах для динамической системы

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = a_{11}x_1(t) + a_{12}x_2(t) - b_1u_1(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = a_{21}x_1(t) + a_{22}x_2(t) - b_2u_2(t) \end{cases} \quad (18)$$

$$x_1(0) = x_{10}; x_2(0) = x_{20} \quad (19)$$

где $u(t)$ вектор управления. Рассмотрена также задача оптимального управления - наискорейшего завершения информационной войны. Применяя метод максимума Понтрягина, получены необходимые и достаточные условия оптимального управления для конкретного случая.

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = a_{11}x_1(t) + a_{12}x_2(t) + v_1 \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = a_{21}x_1(t) + a_{22}x_2(t) + v_2 \end{cases} \quad (20)$$

Для системы (20), в которую введены новые управления $v_1 = -b_1 u_1(t)$; $v_2 = -b_2 u_2(t)$ рассмотрена задача синтеза. Показано, при каких условиях возможно попадание в начало координат из определенной точки фазового пространства – исследована управляемость системы.

Показано, что задача оптимального управления для математической модели информационной войны игнорирования противника, где управляемая система имеет вид

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = \alpha x_1(t) - \beta u_1(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = \alpha x_2(t) - \beta u_2(t) \end{cases} \quad (21)$$

не может быть решена с помощью принципа максимума Понтрягина, тогда как эта задача решена в первой главе, где динамическая система описывается оригинальной математической моделью. По сути, подходы, предложенные в первой и четвертой главах, дополняют друг друга.

Заключение

В диссертации достигнуты поставленные цели. Решены ряд научных задач из предложенных профессором Темуром Чилачава нового направления в моделировании информационных войн – математические модели информационных потоков.

В диссертации построены общие линейные и нелинейные непрерывные, дискретные математические модели информационной войны. Исследование процессов информационной войны методами математического и компьютерного моделирования; аналитическими и численными методами, показало, что если миротворческие организации, включенность которых в информационной войне отражена в предлагаемых математических моделях, используют в своей активности достаточно – необходимое количество превенции, то они смогут погасить даже самую ожесточен-

ную информационную войну. В частности, когда у сторон высокая агрессивность и разные стартовые позиции в превентивной модели: $D = \alpha^2 - 8\beta\gamma > 0$ и ($N_{10} \neq N_{20}$), то в том случае, когда миротворческая сторона прибегнет к такой превенции, что $N_{30} > \frac{\gamma(N_{10} + N_{20})}{\lambda_2} +$

$$\frac{N_{10} - N_{20}}{2\beta} \lambda_1 = \bar{N}_{30},$$

то тогда все три функции $N_1(t), N_2(t), N_3(t)$

выходят на нуль, т.е. информационная война завершается.

Для предложенных математических моделей информационных войн получены условия завершения информационной войны, с помощью подбора соответствующей превенции с учетом различных режимов начала информационных атак. Вместе с тем исследовано, что если миротворческая сторона не прибегнет к превенции, например в линейных непрерывных и дискретных непревентивных математических моделях информационной войны игнорирования противника, то им не удастся погасить информационную войну.

Компьютерные расчеты и вычислительные эксперименты проведенные в среде MATLAB подтверждают возможности и принцип подавления информационной войны – с помощью увеличения превенции и миротворческой активности третьей стороной. Расчеты произведены для различных начальных условий и параметров модели; полученные результаты визуализированы и представлены в четырех приложениях.

Полученные результаты, изложенные в диссертации, позволяют заключить, что роль миротворцев в погашении информационной войны существенна и если они проявят в миротворческой деятельности соответствующий уровень активности (определение этого соответствующего уровня возможно на основе предложенной диссертации), то смогут погасить даже самую ожесточенную информационную войну. Математические модели показали, что усилиями международных организаций возможно прекращение информационной войны между антагонистическими государствами, чтобы развитие событий не переросло в «горячую» фазу, т.е. в боевые действия. Результаты точного математического исследования, показывают, что если международные организации окажутся на должной высоте, и до перерастания информационной войны в «горячую» фазу, прибегнут к превентивным мерам, своевременно и с необходимой настойчивостью призо-

вут антагонистические стороны к прекращению агрессивной риторики, то возможно предотвращение военного противостояния.

Список опубликованных работ на тему диссертации

1. Чилачава Т.И., Кереселидзе Н. Г. Нелинейная математическая модель информационной войны «агрессор - жертва». Сборник трудов Научной Академии Цхум-Абхазии. Т.2, 2011г. стр . 5-14, на грузинском языке.
2. Чилачава Т.И., Кереселидзе Н. Г. Математическое моделирование информационной войны. Georgian Electronic Scientific Journal: Computer Science and Telecommunications 2010|No. 1(24), pages 78-105. на грузинском.
3. Чилачава Т. И., Кереселидзе Н.Г. Математическое моделирование информационных войн. Журнал Информационные войны. 2011. №1(17), стр. 28-35.
4. Чилачава Т. И., Кереселидзе Н.Г. Нелинейная математическая модель информационной войны. Проблемы управления безопасностью сложных систем. Труды 19-ой Международной конференции. Москва, декабрь 2011 г, стр. 185-188.
5. Чилачава Т. И., Кереселидзе Н.Г. Оптимизационная задача математической модели информационной войны. Тезисы докладов. Международная научная конференция «Информационные и компьютерные технологии, моделирование, управление» посвященная 80-летию со дня рождения И.В. Прангишвили. Грузия, Тбилиси, 01-04 ноября, 2010, стр. 196 – 197.
6. Чилачава Т. И., Кереселидзе Н.Г. Оптимизационная задача непрерывной математической модели превентивной информационной войны. Проблемы управления безопасностью сложных систем. Труды 18-ой Международной конференции. Москва, декабрь 2010 г, ст. 221-226.
7. Chilachava T., Kereselidze N. About one mathematical model of the information warfare. Fifth congress of mathematicians of Georgia. Abstracts of contributed talks. Batumi/Kutaisi, October 9-12, 2009, pg. 85.
8. Chilachava T., Kereselidze N. Continuous linear mathematical model of preventive information warfare. Sokhumi State University Proceedings, Mathematics and Computer Sciences, 2009, № 7, p. 113 – 141.

9. Chilachava T., Kereselidze N. Continuous nonlinear mathematical model of information warfare. International conference continuum mechanics and related problems of analysis to Celebrate the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili. Book of abstracts. Tbilisi, September 9 – 14, 2011, p. 155-156.
10. Chilachava T., Kereselidze N. General continuous linear mathematical model of information warfare. Abstracts II International conference of Georgian mathematical union, Dedicated to the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili. Book of abstracts. Batumi, September 15 – 19, 2011, p. 117-118
11. Chilachava T., Kereselidze N. Mathematical and computer model of preventive information warfare. Georgian mathematical union. First international conference. Book of abstracts. Batumi, September 12-19, 2010, p. 75 – 76.
12. Chilachava T., Kereselidze N. Non-preventive continuous linear mathematical model of information warfare. Sokhumi State University Proceedings, Mathematics and Computer Sciences, 2009, № 7, p. 91 – 112.
13. Chilachava T., Kereselidze N. Optimizing problem of mathematical model of preventive information warfare. Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80th Anniversary of I.V. Prangishvili. USA, Imprint: Nova, 2011,
https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=26035&osCsid=23686bd53ba0b01ecf51093491912c37

ნუგზარ კერესელიძე
ინფორმაციული ომის მათემატიკური მოდელირება
ავტორეფერატი

Кереселидзе Нугзар Григорьевич
Математическое моделирование информационных войн
автореферат