



**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ  
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ  
ТЕХНОЛОГИИ**

**Шпенди Исмаили**

**Решаване на конфликтни ситуации с моделиране базирано  
на агенти**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**НА ДИСЕРТАЦИЯ**

за присъждане на образователна и научна степен „доктор“

докторска програма „Информатика“

в професионално направление 4.6 „Информатика и компютърни науки“

Научен ръководител: проф. Стефка Фиданова

София, 2018 г.

Дисертационният труд е обсъден и допуснат до защита на разширено заседание на секция „Паралелни Алгоритми“ на ИИКТ-БАН, състояло се на 31.01.2018 г.

Дисертацията съдържа 151 стр., в които 31 фигури, 6 таблици и 7 стр. литература, включваща 100 заглавия.

Защитата на дисертацията ще се състои на .....2018 г. от 14:00 часа в зала 218 на блок 25А на ИИКТ-БАН на открито заседание на научно жури в състав:

1. Проф. Иван Димов - председател
2. Член. Кор. Красимир Атанасов
3. Профл Стефка Фиданова
4. Проф. Сотир Сотиров
5. Доц. Олимпия Роева

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в стая 215 на ИИКТ-БАН, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 25А.

Автор: ***Шпенди Исмаили***

Заглавие: ***Решаване на конфликтни ситуации с моделиране базирано на агенти***

## **Обща характеристика на дисертационния труд. Обзор на изследваната област и актуалност на темата.**

Компютърното моделиране е бързо развиваща се интердисциплинарна област, която намира все повече нови приложения при решаването на различни задачи от социалните, физиката, астрофизиката, химията, биологията, икономиката, психологията, и инженерни науки. . В тази теза е приложено моделирането на базата на агент АВМ, което представлява един нов подход към научните проучвания.

Изучаването на явленията на социалните системи чрез АВМ бележи значителен напредък през последното десетилетие. В изследването на [Epstein 2006] са представени атрибути, които могат да опишат неудовлетвореността в една социална система, която може да бъде от икономическо или политическо естество, следователно ще зависи от позицията на индивидите.

Дисертацията, която разглеждаме, има за цел да представи възможно най-точно естеството на човека, което е описано със специфични атрибути. Причината за използването на моделирането на базата на агенти обикновено се състои в това, че маневрирането с определени атрибути в реалния живот би било невъзможно или би струвало твърде скъпо. Така когато променяме определени атрибути в зависимост от ситуацията, която моделираме, и от средата, в която се случва събитието, можем да извлечем заключения, които според нас биха били полезни за изследователската и за социалната общност.

Явленията на социални конфликти тук са представени поради различните интереси, при които една от страните се стреми да запази привилегиите си като член на централната власт, докато другата страна в конфликта се опитва да промени социалното си положение. Тази промяна може да се осъществи чрез събирания на публични места, където да покажат недоволството си. По време на тези протести тук има три типа активни действащи лица, които тук са моделирани чрез агенти; активни агенти, полицаи и мирни граждани, които нямат отношение към позициите си, но в определени случаи знаят, че и те представят собствената си неудовлетвореност от централната власт. За да реализираме моделирането чрез

агенти в такива конфликтни ситуации, ще използваме една 2D мрежа, в която поставяме агенти, които могат да си взаимодействат и да вземат решения за по-нататъшните действия.

За да могат агентите след взаимодействието помежду си да се движат в средата, определена като зона за събиране, те трябва да избират конкретни стратегии и да могат да се развиват въз основа на създадените ситуации.

Изборът на такива стратегии ще се основава на теорията на игрите, теорията за "Дилемата на затворника" конкретно с IPD, която макар и проста спомага да се вземат правилните решения в много сложни ситуации. Същата игра предвижда, че играчът е в състояние да развива избори в зависимост от избора на опонентите, които тук се появяват като стратегия. Тази еволюция може да бъде представена чрез ко-еволюционни алгоритми. Ко-еволюционния алгоритъм е еволюционен алгоритъм за оценка на фитнес (предимство), който използва вътрешно субективно измерване, при което субективното измерване представлява измерването, която оценява личността в сравнение с друго лице, в допълнение към мащабираните ефекти и нормализирането и вътрешното измерване, тъй като те могат да повлияят по някакъв начин. В разглеждания случай този метод се прилага по отношение на стратегията, която активните агенти или полицаите трябва да изберат, да сътрудничат (C) или дефект (D), които имат различни съответстващи дефиниции. Логиката на движение на агентите са представени чрез общи мрежи (GN) и индексни матрици (IM), които описват състоянията и преходите на съответните агенти. Това ни дава пълна картина на това движение.

Тъй като атрибутите, които описват агентите не могат да бъдат с фиксирани стойности, но те могат да имат стойност, която е динамична, тогава би било по-разумно това да се опише чрез интуиционистки размита логика (IF). Тази логика ни позволява да вземаме решения в случай на липса на информация или пък когато информацията, която притежаваме, е непълна. Агентите, които използват тази логика, се представят като IF агенти.

## **Цели и задачи на дисертацията**

Основните цели пред докторанта са от научен, научно приложен и приложен характер.

Анализът на динамиката на тези групи при конфликти ще позволи по-добро разбиране на атрибутите (на индивидуално и глобално ниво), които ще окажат видимо влияние върху разрешаването на конфликтните ситуации. За да се постигне тази глобална цел, бяха формулирани следните задачи: Да се изучат и идентифицират групите от фактори, които влияят върху човешкото представяне (положително или отрицателно); Да се разработи модел на социалните конфликти в рамките на групите, определени като базова основа. Този модел се реализира с помощта на софтуерни инструменти за симулация, които позволяват да се подобри предложения модел.

## **Цели на дисертацията:**

Основната цел на това изследване е да проектира и разработи модел за представяне на конфликтни ситуации и да анализира динамичните връзки по отношение на:

- Откриване на конфликтните ситуации;
- Еволюция на поведението на агентите в модела на конфликтните ситуации.

Анализът на динамиката на тези групи при конфликти ще позволи по-добро разбиране на атрибутите (на индивидуално и глобално ниво), които ще окажат видимо влияние върху разрешаването на конфликтните ситуации.

За да се постигне тази глобална цел, бяха формулирани следните задачи:

1. Да се изучат и идентифицират групите от фактори, които влияят върху човешкото представяне (положително или отрицателно).
2. Да се разработи модел на социалните конфликти в рамките на групите, определени като базова основа. Този модел се реализира с помощта

на софтуерни инструменти за симулация, които позволяват да се подобри предложението модел.

**3.** Да се валидира модела чрез анализ на резултатите, за да се оцени коректността на модела и да идентифицират последващите допълнителни подобрения.

**Методология на изследването:** Метод на АВМ може да се разглежда като нов метод на изследване, чрез който изследваме поведението на микроскопично ниво и можем да направим заключение на макроскопично ниво.

Чрез третирането на човека и на различните групи като сложни системи отново и отново отскоро има някои модели и техники, които ясно показват, че някои ограничени модели каквито са моделиране на поведението на човека са възможни, както в бойните приложения [Shen, 2006], [Traum, 2007]; трениране и обучение, [Martinez-Miranda, 2008], [Core, 2006]; приложения за електронно здравеопазване [Bickmore, 20010], [Tartaro, 2008], [Martinez-Miranda, 2010], представяне на кризисни и извънредни ситуации [Kozina, 2007], [Nygren, 2007] 1992]; и т.н.

Този труд предлага използването на няколко софтуерни агенти за моделиране на взаимодействията на различните типове групи. Изследванията с АВМ помагат основно при анализа на изкуствените общества, в които всеки агент отговаря на индивидите, които съществуват в реалния живот, а взаимодействията между тях трябва да съответстват на взаимодействията между участниците в реалния свят [Gilbert, 2004]. Този тип модел е възможен заради опростяването на човешките характеристики и ограничаването на контекста, когато желаният модел на човешкото представяне има смисъл. Това опростяване на човешките и контекстуални характеристики заслужава да се приеме, че "моделът е опростяване, с по-малко детайли и по-малко сложно или всички заедно в други структури или системи" [Gilbert, 2005].

Моделът, който е разработен, се използва за маневриране с някои атрибути на индивидите. Изпълняват се редица симулации, откъдето се получава статистическа информация за определено поведение на групата. Получената по-

късно информация може да бъде използвана от ръководителите на кризи, за да вземат правилните (необходими) решения за окончателното уреждане на конфликтни ситуации.

Представени са инициативи за използване на IFS, което би било по-реалистично представяне на проблема, който разглеждаме, тъй като всички атрибути не могат да имат фиксирани стойности за различните агенти.

Дисертацията се фокусира главно върху АВМ като един модерен метод на изследване. Изследванията, описани в тази статия, са мултидисциплинарни и съчетават понятия и методи от различни сфери, каквито са: Мултиагентни системи, теория на игрите, еволюционни алгоритми, социология, психология, общите мрежи и интуитивни размити множества.

Получените резултати може да са полезни за:

- За изследователската общност (To the research), това изследване предлага един модел, базиран на агенти, който подпомага процеса на вземането на решения и взаимодействията, свързани с взаимодействието (конфликтни ситуации). Моделът се изпълнява със симулационни инструменти, което е доказано чрез сравняването на резултатите от работата на групата с резултатите от реални случаи. Моделът и получените резултати са валидни в сравнение с други подобни модели и допринасят за развитието на по-добри модели и по-пълнен анализ на човешкото поведение. Опитът и ограниченията, които може да срещнем по време на процеса на оценяване, също така могат да бъдат валидни и за изследователи с подобни интереси, като анализират и възпроизвеждат представения модел за подобряване на актуалните резултати.
- За социалната общност (To the social community): разработване на софтуерни инструменти за анализ и манипулиране на поведението на участниците в конфликта, за различни ситуации, които ще подпомогнат управлението на социалните конфликти с един допълнителен полезен инструмент в процеса на разрешаване на подобни ситуации.

## Приноси

- Приносите в тази дисертация са научноприложни. Изследванията, описани в тази статия, са мултидисциплинарни и съчетават понятия и методи от различни сфери, каквито са: Мултиагентни системи, теория на игрите, еволюционни алгоритми, социология, психология, обобщените мрежи и интуиционистки размити множества.
- 1.Предложен е модел с използването на обобщени мрежи за случаят на конфликтни ситуации;
- 2.Разработен е модел на конфликтни ситуации с използването на интуиционистки размити множества;
- 3.Разработен е модел за решаване на конфликтни ситуации с използването на теория на игрите и генетични алгоритми.

## Списък на публикациите свързани с дисертацията

1. Ismaili S., Fidanova S., Representation of Civilians and Police Officers by Generalized Nets for describing Software Agents in the Case of Protest, Advanced Computing in Industrial Mathematics, Studies of Computational Intelligence 728, K. Georgiev, I. Georgiev eds., Springer, ISBN 978-3-319-65529-1, 2018, pp. 71-78. SJR 0.187.
2. Ismaili S. Fidanova S., Application of IFS for Conflict Resolution Modelling and Agent Based Simulation, J. Bioautomation, SJR 0.250, (accepted)
3. Ismaili S., Fidanova S., Application of game theory and evolutionary algorithms in solving conflicts in social systems, J. Bioautomation, SJR 0.250, (accepted)
4. Ismaili S., Fidanova S., Application of Intuitionistic Fuzzy Sets on Agent Based Modeling, Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences, IF 0.251, (accepted)



## **Съдържание на дисертацията**

**Глава 2. Моделиране на сложни системи.** Глава 2 има за цел да представи на читателя познания за сложните системи и характеристики, които го характеризират. Като се има предвид, че системите се състоят от по-голям брой субекти, които взаимодействат с други субекти, както и с околната среда или системите. Тези сложни системи, които представляват едно широко интердисциплинарно изследване, се опитват да изяснят как се организират голям брой относително прости обекти, без да се използва посредник за осъществяването на контрол в името на общата цел, при която се прилагат сложни поведения.

**Раздел 2.2. Сложни адаптивни системи** Представени са определения за сложни адаптивни системи (CAS) като общите черти на повечето системи, но не всички, са адаптирането на сложни системи, които описват способността да се изучава и променя поведението на дадено лице чрез оптимизиране на някои функция или размер с течение на времето. Идеите и моделите на CAS са по същество еволюционни, подкрепени от съвременните биологични гледни точки за адаптацията и еволюцията. Така CAS е сложна динамична система, способна да се адаптира към околната среда, да се промени и да се развива в нея. Важно е да се отбележи, че описанието на концепцията не е възможно да отдели системата от нейната среда. Вместо това е по-добре да се проучи концепцията на системата, тясно свързана с всички други системи. В този контекст промяната се разглежда като коеволюция (co-evolution) с всички останали системи, вместо да се адаптира към различната и променяща се среда.

**Раздел 2.3. Моделиране на сложните системи.** Методите, използвани в тази дисертация за изучаване на сложните системи, са моделирането на базата на агенти (Agent-based modeling), разработването на модел за компютърна симулация за поведение на системата и разработване на сложен мрежов модел (complex networks) за анализиране на взаимодействията на елементите от системата с реални или изкуствено генерирани данни. Този тип моделиране е компютърен модел, който описва конкретните агенти, тяхното състояние и тяхното колективно поведение.

Частите на АВМ са общност от агенти и техните състояния, правилата, които ги регулират.

**Раздел 2.4. Моделиране което е базирано на агент (АМВ).** АВМ е един модел, който представлява множеството на агентите и техните поведения. Сложните системи често пъти се характеризират с това, че имат разпространени компоненти, както и познания за техните дейности. Агентите представляват единиците, които са съставна част на сложните системи и са в постоянна взаимовръзка с останалите агенти и средата, в която се намират и съответно действат. Те се състоят от три основни компоненти: код, данни и състояния. Кодът на агента е основният компонент (ядрото) на агента и съдържа основните функции на агентите. Данните на агентите са източници, съответно цялата информация, която те използват и която може би се генерира от страна на агентите.

**Раздел 2.5. Интуиционистки размита логика ( IF логика).** В този раздел е описана Fuzzy Logic, която ние ще използваме в дисертацията. Причината за използването на тази логика се състои в това, че данните, предоставени на човека или на социалните системи, не са съвсем сигурни.

**Раздел 2.6. Социалните системи и моделирането им.** Социалните системи са наистина сложни адаптивни системи, които имат способността да учат и да променят поведението на дадено същество, което представлява човека, като оптимизира някои функции с течение на времето. Това развитие на индивидуалното поведение в сравнение с другите индивиди и околната среда може да се разглежда като резултат от конкуренцията за ресурси между представителите на населението. В този смисъл парадигмата на агента обхваща индивидуалното благоденствие в социалните системи. Моделирането на тези системи се осъществява чрез АВМ от няколко агента, които могат да бъдат от различен тип в средата, в която ги наблюдаваме. Наблюдението на агентите може да помогне за анализ на колективното поведение и еволюционната тенденция на системата.

**Раздел 2.7. Приложение на IF логиката при моделирането на социалните системи.** Прилагаме IF логика, тъй като човешката природа се ръководи от желанията, вярванията и знанията, които притежава, тогава би било много трудно

да представим чрез фиксирани (неподвижни) знания. IF логиката работи с "интуитивни размити комплекти" (intuitionistic fuzzy sets), "размити променливи", "размити числа", "размити отношения". Идеята за комбиниране на интуитивна размита логиката за моделиране с размити агенти (ABM) дава огромни възможности, които до момента не са изследвани или са много малко проучени. Агентите, които се базират на IF логика сме представили като IF агенти, и те са агенти, които могат да изпълнят качествени резонанси с непълни и неясни познания в една среда, която съдържа езикови променливи.

**Раздел 2.8. Агентите, които се основават на логиката *intuitionistic fuzzy* (IF агентите).** Ние ще създадем агенти, които да представят по-ефективни решения, като използват логика, базираща се на интуиционистка размитост, по подобен начин, по който са създадени размитите агенти на Острос [Ostrosi, 2011]. Ще тръгнем от това, че всеки агент е поставен в среда (и), има определена роля, притежава познание, във връзка е със средата и останалите агенти, също така ако са поставени в MAS могат да се свързват в групи, които ние ще наричаме организации. Софтуерните агенти, които прилагат IF логика са интуиционистки размити агенти (агенти, които се базират на интуиционистки размита логика).

Една модулна система с агенти  $S\alpha$  ще бъде IF ако агентите, които я съставляват са IF. Това означава, че агентите на тази система имат IF познания, IF поведение, IF взаимодействия и ролите им използват IF логика. Един агент може да бъде представен като наредена четворка, която е описана от следното равенство:

$$\alpha_i = \langle P, D, Act, KB \rangle$$

където P представлява функцията на възприятието (наблюдението) на един агент; D е функцията на вземане на решение, която интерпретира наблюдаваната случка; Act е функцията на дейностите на агента; и KB е съдържанието на познанието, което се намира в неговата памет, което представлява правила за извеждане на изводите и размита стойност за съответния домейн (наблюдаваната случка, вътрешното състояние и т.н.).

Правилата за вземане на решение, които се дават на агентите са дефинирани от наредената тройка:  $R = \langle Ev, cond, Act \rangle$

Където  $Ev$  е множеството на случващото се, в което IF агентът може да възприема;  $cond$  е множеството на размитите условия, към които се прилагат и вътрешните стойности на IF агента, който в нашия случай е  $\alpha_i$ ; и  $Act$  е множеството от действията, които агентът  $\alpha_i$  извършва. Където  $Ev$  е множеството на случващото се, в което IF агентът може да възприема;  $cond$  е множеството на размитите условия, към които се прилагат и вътрешните стойности на IF агента, който в нашия случай е  $\alpha_i$ ; и  $Act$  е множеството от действията, които агентът  $\alpha_i$  извършва.

Една система, която е базирана на IF агенти  $S_\alpha$  е дефинирана от наредената четворка:

$$S_\alpha = \langle A, I, R, O \rangle$$

където  $A$  е една група от IF агенти,  $I$  е IFS на сътрудничеството между IF агенти, които се намират в  $A$ ;  $R$  е множеството на ролите, които IF агенти могат да играят; и  $O$  е IF множество съответстващо на определени организации за IF агентите на  $A$ .

При повечето системи, които са базирани на агенти, поведението на един агент който взаимодейства с други агенти на системата, се състои от три фази: 1) получава информация от един друг агент или възприема една промяна в неговата среда, 2) интерпретира тази случка и решава действията, които трябва да се предприемат, като се вземат в предвид и останалите агенти, 3) изпраща съобщение или извършва действие, което модифицира средата

**Глава 3. Теория на игрите и еволюционните алгоритми.** Представява постановка на задачата като заедно с това представя кратък преглед на познатите техники за решаване и някои известни проучвания на други автори.

**Раздел 3.1. Теория на игрите.** В теорията на игрите, или теорията на стратегическото взаимодействие, се анализират ситуации, в които състоянието на агентите зависи пряко от избора на други агенти. Теорията на игрите работи само когато хората играят рационално.

В тази дисертация ние се прилага теорията на Дилемата на затворника. За да се дефинира една игра е необходимо Играчи, Стратегии за всеки играч и Печалба на всеки играч. Всеки играч има две стратегии: да свидетелства (*cooperate*) (C) или да не свидетелства (*defekt*) (D). Обикновено, цялата необходима информация е записана под формата на матрица, която се нарича матрица на печалбите.

**Раздел 3.2. Еволюционни алгоритми.** Базовите еволюционни алгоритми се реализират така, че с първата стъпка в зависимост от случая се задейства първоначалната популация на избора. При втората стъпка се оценява приспособимостта на всеки член на поколението. Функцията фитнес прави възможен процесът на еволюцията да бъде направляван в нужната посока, което конкретно влияе върху средата, в която индивидите трябва да се адаптират. Често пъти до функцията фитнес се достига с метода на пробите и грешките, което изисква и време. След еволюцията се създава избора на новото поколение от популация чрез прилагането на механизмите на селекцията и операторите на вариацията. Механизмът на селекцията гарантира, че индивидите от популация, които имат по-голяма стойност на фитнес функцията си, имат по-големи шансове да оцелеят и да пренесат генетичния си материал до следващите поколения. Основните параметри на функционирането на един еволюционен алгоритъм са: (1) Представяне на индивидите; (2) Първоначално популация; (3) Фитнес функцията; (4) Избор на родители; (5) Оператори на промяната.

**Раздел 3.2.2. Коеволюционни алгоритми.** Метода на коеволюционните алгоритми е много актуален и много естествен изследователски метод, който може да бъде приложен, когато пространствата са много сложни или е много трудно да се създаде адекватна функция за определена цел. Този метод се характеризира с това как си взаимодействат различните популации и еволюират от фитнес. По време на прилагането на многоагентни системи за разрешаване на конфликтни ситуации се дава възможност за еволюция на агенти сложна въз основа на факта, че по-голямата част от проблема се решава в двойките агенти взаимодействащи помежду си. В нашия случай, където прилагаме теорията на игрите и еволюцията на техните стратегии, коеволюционните алгоритми (CEA) позволяват решаването на проблеми,

където е необходимо субективно измерване на фитнес. В този случай, фитнесът на индивида от популация е зависна функция от фитнесът на индивида с който той се сравнява и промените в разпределението на засегнатото популация кои коеволюираре засягат промяната на всички индивиди от тази популация.

**Раздел 3.2.2.1. Определение за коеволюция.** Чрез метода на коеволюционните алгоритми индивидите подобряват стратегиите с в зависимост от избраната стратегия на конкурентния индивид. Коеволюцията ще се определи на базата на [Price, 1991] като реципрочна еволюционна повлиян между два или повече вида или популации. За да се избегнат неясноти в начините на промяна на еволюцията на индивидите са представени следващите 4 определения:

**Обективно измерване:** измерване, което оценява индивида **по независим начин** от всеки друг индивид, освен ефектите от ефект на мащабиране (скалиране) и нормализирането.

**Субективно измерване:** измерване, което не е обективно.

**Вътрешно измерване:** измервания, които влияят върху **посоката на еволюцията** по всеки един начин.

**Външно измерване:** измервания, които не могат да повлияят по никакъв начин върху посоката на еволюцията.

Сега въз основа на определенията от 1-4 можем да дадем по-ясно определение за CAE :

**Коеволюционният алгоритъм** е еволюционен алгоритъм, който за да оцени фитнесът използва вътрешно субективно измерване.

СЕА предоставя анализ на един сценарий с повтарящи се взаимодействия и моделиране на социалните системи.

**Раздел 3.3. Адаптиране на стратегиите на IPD.** Играта IPD се формулира като се разгледа една предварително определена матрица на печалбите, която уточнява печалбата, която всеки един играч взема при избора съответно

стратегията, която той и противникът направиха. Играта се играе, когато и двамата играчи избират между два алтернативни избора на поредица от ходове. Когато играта се повтаря по време на много стъпки, играчите могат да адаптират стратегията в играта, където един отговор се базира на това, което се е случило в предишните ходове и трябва да отбележим, че липсата на не сътрудничество (D) не е непременно най-доброто решение за играта. Вместо това много проучвания показват, че сътрудничеството в играта ще бъде плодотворна стратегия.

**Глава 4. Конфликтната ситуация :** В тази глава са представени основните понятия за описването на една конфликтна ситуация, както и прилагането на теорията на игрите и еволюционните алгоритми към подбора на стратегиите на агентите в този конфликт.

**Раздел 4.1.Увод.** Конфликтите в обществото в повечето от случаите се случва по две причини: неразбиране и различни интереси: - В първия случай до нея може да се стигне в резултат на това, че не всички агенти разполагат с еднаква информация. По този начин всеки агент може да си изведе различни изводи, базирайки се на различни предположения; - Във втория случай информацията са еднакви при всеки един агент. Въпреки това несъгласието се проявява в резултат на това, че агентите имат различни желания, вярвания или цели. Социалните системи са достатъчно сложни и непредвидими. Те се състоят от общности от индивиди, които си взаимодействат като еволюират по един автономен начин, мотивирани от вярванията си, целите си, както и от състоянието на тяхната социална среда. Моделирането на тези системи се осъществява чрез АВМ, които се състоят от множества от автономни софтуерни единици (агенти), които си взаимодействат помежду си и със средата си. Тези агенти са автономни, реактивни, проактивни и социални, което означава, че сами могат да стигат до изводи и след това да действат, да реагират на базата на възприятията (информацията), които получават от средата, в която действат, да влияят върху нея като я променят така, че да я приспособят в името на постигането на собствените си цели; да бъдат социални, да делят ресурси с другите агенти за постигането на целите си по-лесно и по-бързо. В този смисъл парадигмата на агентите много добре обхваща индивидите в социалните системи.

Ние даваме рамка за моделиране с АВМ на социалните системи, които представляват изкуствено общество, в което действат три различни групи агенти. Тези групи са в конфликт и по време на създаването на модела е необходимо също така да имаме в предвид, че това явление е хетерогенно и многообразно.

**Раздел 4.2. Конфликтна ситуация.** В обществото често пъти могат да се представят неприятни ситуации, които да провокират реакция на групите от хора относно причините за тези неприятности. Същата ситуация би се получила и ако сме свързани с групи граждани, които реагират чрез протест срещу централната власт, където може да се стигне и до конфронтации и изблици на насилие. Протестите, за случая за който се използват, се появяват в резултат на бедност, сблъсъци, загубата на легитимност на върховната власт, алчност и други фактори, които влияят върху хората, за да ги накарат да се групират и да заявят своето несъгласие. Това са параметрите, които ние използваме когато анализираме позицията на индивида в обществото.

На тези протести ще се стигне до конфликт и съответно конфронтации между активистите срещу властта. Тези конфликти могат да се представят под много форми и се типизират според природата, нивото на участие и сериозността на конфликта. Индивидите, които участват в тези събития, представят колективно комплексно поведение като реализират различни дейности (могат да скандират, да протестираят кротко или да провокират насилствени конфронтации), които могат да се третират като спешни (в развитие), което е в резултат на общите правила за взаимодействие.

**Раздел 4.3. Теоретична рамка.** По време на проектирането на моделиране с АВМ сме взели в предвид: Целта (която подразбира сферата на моделиране (вида феномен, който се моделира)), Общността (видовете агенти (атрибути, правила, реактивни или обмислени) и средата (хомогенна или не)), Базов времеви цикъл (времеви цикъл, последователност на операторите, синхронно или асинхронно активизиране на агентите), Резултати на модела (разясняване на явленията, скала на чертите в развитие (време, % на агентите, които протестираят, продължителност на събитието и т.н.)), Наблюдение (употреба на емпирични информации за



параметризиране (валидиране)), Мощност и ограничения на модела (мощност на яснота; празноти (дупки) между резултатите на модела и реалните събития).

**Раздел 4.4. Представяне на еволюцията на агентите.** В този раздел се фокусираме върху проектирането и пространственото развитие на еволюцията на агентите с цел да изучим макро динамиката на поведението на тълпата, която в определени ситуации може да ескалира като причини насилие и върху гражданите от страна на полицията, която е лоялна към върховната власт. Тези интеракции ще представим като резултат от теорията на играта и коеволюционния алгоритъм.

Рамката на еволюцията на агентите на модела, който ще използваме, представя агентите и средата като резултат от взаимодействието между агентите от различните групи, както и агентите и средата. Следователно моделът ще има един еволюционен механизъм, който способства еволюцията на агентите в зависимост от реципрочните им взаимодействия; средата, която представя пространството, в което са поставени агентите, емпиричните правила, които са наложени за средата и агентите. В модела се уточняват общо 3 различни вида агенти: Спокойни граждани, /Активисти и /Полиция. Агентите от съответната група, активисти или полиция, ще еволюират стратегиите си на базата на броя и вида агенти, които са там, както и в зависимост от процеса на обучение. На базата на тези стойности ще изготвим и матрицата на печалбата (ang. *payoff matrix*) за агентите от съответните групи. Всяка група се опитва да има повече печалби на базата на познанията, които притежава. Тези ползи, които ще спечелят, зависят от стратегията, която са избрали. За всеки случай ще зависи какъв е броят на групата сравнен с другата група.

Един сет от три матрици на печалба отговаря на следните сценарии: броят на полицаите е равен, по-голям или по-малък от броя, който се приема за достатъчен за да осигури успешно навлизане сред активистите и са представени в таблицата (4.2.a-c). Всеки играч има възможност да сътрудничи (C) или не (D). Тази идея се променя за играта на различните агенти.

- Активистите ще имат следните стойности-C (сътрудничат) ако активният агент не е агресивен активист, например, не извършва насилие, не провокира

полицайте или не кара мирните граждани да се присъединяват към тълпата; Ще имат стойност D (липса на сътрудничество) за други случаи.

- Полицайте ще имат стойности: C (сътрудничат) когато трябва да защитят гражданите, не нападат за да арестуват активисти; D (липса на сътрудничество) да преследват активно протестиращите за да ги арестуват.

Всяка една група от агенти следва противоположни цели. Активистите имат за цел да създадат значително насилие, за да спечелят подкрепата от страна на мирните граждани и да подпалят (провокират) размирици с големи размери, но и да избегнат арестите. Полицайте имат за цел да потушат конфликта и да запазят гражданския ред в рамките на режима, като изпълняват ролята си на защитници на обществото и властта като минимизират загубите. Също така се взема в предвид и това, че полицайте са лоялни към върховната власт.

Таблица 4.1: Матрица на печалбите в случаите когато: броят на полицайте и този на активистите е (a) равен, (b) по-голям или (c) по-малък от предварително определения като референтен брой.

		активистите	сътрудничат	не сътрудничат
a)	полицайте	сътрудничат	4,4	0,6
		не сътрудничат	6,0	1,1

		активистите	сътрудничат	не сътрудничат
b)	полицайте	сътрудничат	1,5	3,3
		не сътрудничат	4,4	5,1

		активистите	сътрудничат	не сътрудничат
c)	полицайте	сътрудничат	4,1	4,4
		не сътрудничат	3,3	1,4

**Обосновка за различните печалби:** Матриците са изградени на базата на целта на всяка една група от агенти за увеличаване на печалбата им и намаляване на

загубите в различни ситуации. Разглеждаме сценарий, като се основаваме на горното определение за стойностите на матрицата на печалбите, когато полицаите са по-малко от активистите сравнено с референтния брой, подчертан по-горе, в едно определено пространствено поле на взаимодействие ще имаме следната обосновка.

➤ Ако двете групи са D активистите са победител поради по-големия си брой, докато полицаите ако нападнат ще извършат действието *sucker* (незрял, детински, непечеливш). Печалбите ще бъдат за агентите, полицаите ще имат печалба *sucker* (S), докато активистите ще бъдат наградени с печалба *temptation* (T).

➤ Ако двете групи са C, печалбите ще бъдат в полза на полицаите, тъй като тези активисти ще са изпуснали случая да се възползват от количественото си предимство спрямо полицаите. Печалбите ще бъдат: за активистите ще имаме *sucker* (S) докато за полицаите, които избягват контакти, тъй като са по-малко от референтната бройка, уточнена по-горе, ще има печалба *Temptation*(T).

➤ Ако полицаите са C и активистите са D ще имаме логическо равенство, тъй като полицаите поради неравностойната си бройка не нападат, а активистите нападат или комуникират с мирните агенти като използват числото си предимство. Изравнените печалби за двете групи ще бъдат *reward* (R).

➤ Ако полицаите са D и активистите са C то ще има наказание и за двете групи, тъй като те не извършват действия, които оправдават броя им разположен в пространството, в което трябва да действат. Печалбата за двете групи ще бъде *punishment (penalty)* (P).

**Раздел 4.5. Представяне на рамката на адаптиране и еволюция.** Избраните стратегии ще представим чрез генетичния алгоритъм (GA) в контекста на IPD. GA по същество е един коеволюционен алгоритъм (CEA) който еволюира стратегиите от коеволюционното учене.

#### **Раздел 4.6. Еволюция на стратегиите на агентите полицаи и активисти.**

След формирането на параметрите на изкуственото социално общество, което в конкретния случай представлява ситуация, в която две групи са в конфликт, е важно да се създадат насоките за агентите и тяхното най-добро представяне в стохастичните модели. Това става възможно чрез подобряването на стратегиите с течение на времето чрез еволюция и обучение. Еволюция на поведението на агентите, която се базира на броя на агентите активисти и на полицаите. В предложения модел коеволюцията е представена според аналогията за обмяна на идеи, в реалност, между агентите от различните групи. Чрез потока от информация в повече направления агентите със слаби стратегии се учат от тези с по-мощни като адаптират някои от по-добрите черти. Общото състояние на всяка една група се повишава като агентите разкриват повече компоненти от стратегиите на предишните поколения. Този допълнителен размер на реализацията подпомага анализа на интересните резултати във връзка с взаимодействието на агентите между различните сцени на коеволюцията с течение на времето.

**Глава 5. Модел на социалните конфликти.** Съществува конкретен модел на ситуацията, при която имаме социален конфликт и съответно протест, при което имаме работа с три типа агенти: активни, полицаи и мирни граждани, както и един вид агенти, които сме представили като затворници. Символично представяме полицаите със звезда, активните агенти с червен кръг, мирните граждани със зелен кръг, а затворниците с кръг в черен цвят.

**Раздел 5.1.Увод.** Представеният модел се състои от три различни компонента: агенти, емпирични правила и околна среда. И така за моделиране на конкретна ситуация ние създаваме повече агенти, които взаимодействат помежду си и съществуват съвместно в едно изкуствено общество, в една компютърна структура. Събитието, което ще симулираме се състои от група хора, които могат да бъдат физически лица, които са повлияни от различни атрибути. В резултат на тези атрибути те могат да бъдат активни, да останат мирни или по време на взаимодействието с полицаи може дори да попаднат в затвора.

**Раздел 5.2. Агенти.** Агентите са хетерогенни в зависимост от характеристиките, които определя техния статус (мирни, активни, затворници, полицаи). След като моделът е задвижен той се обработва в итеративен процес в три стъпки: Агентите се движат в пространството, Взаимодействат с останалите агенти, и Актуализират своите вярвания. Всеки вид агент извършва поне някои от тези задачи, но всеки агент може да ги извърши по различен начин.

**Раздел 5.4. Базови атрибути.** Описание на атрибутите, които характеризират агенти значително ще се отрази на точността на модела, който представлява ситуацията, която искаме да разгледаме. Точността на моделирането на агентите е от решаващо значение за най-точното описание на агентите като в този случай ще бъде самият човек и поведението му в ситуация на нестабилност, която се проявява в резултат на социални конфликти. Важен атрибут е **Оплакванията** и **алчността**, които се явяват като идеализирани компоненти в процеса на моделиране, измерват тенденцията дали агентите не-полицаи биха се присъединили към разбунтуваната тълпа или не. Атрибутът, влияещ върху статута на гражданите са възприетите **трудности** (*perceived hardship*)  $H = U(0,1)$ , на които се дава случайна стойност в интервала  $(0,1)$ . Друг много важен атрибут (параметър) е **легитимността** (*government - legitimacy*)  $L$ , която представлява равномерно разпределение между 0 и 1,  $L = U(0,1)$ , което се отнася до възприемането на легитимността на централната власт. Размерът на **жалбата** (*grievance*) представлява размера на настроеността срещу властта, който има един граждански гражданин [Epstein 2006]. **Жалбите** ( $G$ ) се дефинират като функция на  $H$  и  $L$  под формата:  $G = H(1 - L)$ . Много важен параметър, който индивидът ще свързва с тълпата или не, е **нетният риск**, който е разпределен за един агент. Това е оформено от три измерения - тенденцията да се поеме риска, вероятността да бъде хванат, а третото измерение е присъдата след влизането в затвора, и съответно срока на затвора. Несъгласието с риска,  $R_A = U(0,1)$  представлява готовността и капацитетът на агента да поеме риска.

**Раздел 5.5. Взаимодействия.** В нашия модел полицията и активните цивилни изграждат стратегии за победа над мирните граждани. Нашият модел включва комуникация между агентите, които могат да създават дори и приятелства.

**Раздел 5.5.1. Логика на мирните граждани.** Описва се логиката на мирните граждани, които активните агенти настоятелно се опитват да убедят да се присъединят към тълпата, докато полицаите се опитват да ги държат далеч от тълпата и да ги защитават.

**Раздел 5.5.2. Логика на полицаите.** Полицейските служители имат две функции - да защитават мирните цивилни граждани и да задържат активни агенти, ако техните стратегии, съответно съотношението на броя на активните полицаи и агенти, е благоприятно за тях.

**Раздел 5.5.3. Логика на гражданите.** Активните граждани имат за цел да увеличат броя си, като убеждават мирните граждани и избягват лишаването си от свобода. По време на движението те избягват позициите, близо до които има полицаи, придвижват се там, където има мирни граждани или се движат произволно и ако няма свободен патч те не се движат. Стратегиите, които избират (C или D), ще зависят от съотношението на броя им спрямо полицаите. Ако един гражданин е затворен той просто проверява дали срокът му на затваряне е изпълнен (*J-max-term*). Ако е изпълнен той се придвижва до един случаен празен патч, става видим (в зелен цвят) и взема решение за статуса си в зависимост от недоволството и опасността.

След комуникацията с мирен агент той взема решение дали трябва да бъде активен. Тази логика е аналогична на тази на Epstein (2006). Тук се представя и един друг параметър, който оценява вероятността от арест ( $P$ ) от страна на полицаите, който зависи от броя на полицаите ( $N_C$ ) и броя на активните протестиращи ( $N_A$ ) в рамките на *cVision* [Epstein, 2001] и се изчисляват по формулата: 
$$P = 1 - e^{-k \left( \frac{N_C}{N_A} \right)}$$

където  $N_C/N_A$  - представя отношението между броя на полицаите и активистите ( $N_C/N_A$ )

$k$  е константа, която винаги е по-малка от 1, тъй като агентът се приема за активен само когато се изчислява  $P$ .

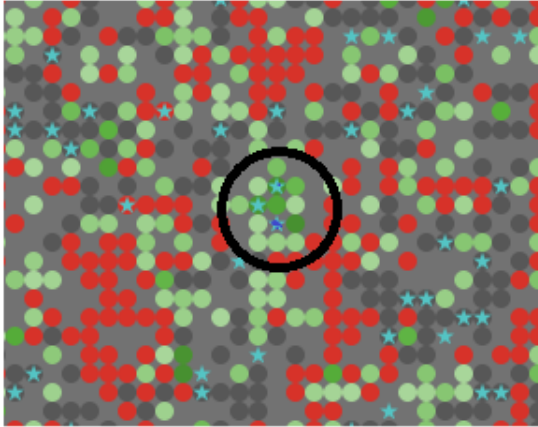
На базата на дефинираните атрибути за гражданите, несъгласието с опасността (*risk-aversion*  $R_A$ ) и вероятността от арест (*estimated-arrest-probability*  $P$ ) можем да изчислим нетната стойност на опасността ( $N$ ), една стойност между 0 и 1, която се запазва константа за всеки гражданин и се извежда от уравнението ( $N = U(0,1)$ ),

$$N = RP$$

Ако разликата в тенденцията за бунт (затруднение)  $G$  и нетната опасност ( $N$ ) е по-голяма от една пределна стойност, определена като *AThreshold*, то мирният гражданин ще стане активен, ако не е - остава мирен.

Ако активният агент има в близост някой полицаи то в следващия кръг (стъпка) той ще бъде вкаран в затвора и ще остане там за определен брой стъпки. Последната част от гражданската логика е комуникацията. Ако в околността има други граждани, в осем патча, които ограничават агента, един от тях се избира на случаен принцип като цел (таргет) за комуникация. Ако несъгласията им са близки то се създава приятелство между двамата граждани. Тази връзка ще остане за определен брой бъдещи стъпки при липса на комуникация в бъдещето.

**Раздел 5.6. Симулация на еволюцията в поведението на агентите.** Са представени симулация на поведението на агентите въз основа на зависимостта от броя на полицаите  $NC$ , активните граждани  $NA$ , вероятността от задържане, съответно риска, както и влиянието на трудностите ( $G$ ) и легитимността  $L$ . В зависимост от стойностите на атрибутите, споменати по-горе, зависи и еволюцията на състоянието на агентите. Симулацията се осъществява чрез програмата NetLogo, която използва *turtle*, където се представят агентите и може да се направи визуализация и симулация на протестите, в които агентите първоначално са мирни и след това променят състоянието си, съответно еволюира стратегията им в зависимост от недоволството и опасността да бъдат арестувани. Пределна стойност е определена от  $Athreshold = 0.2$ .



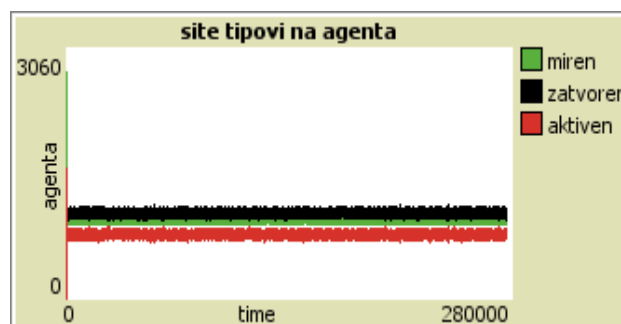
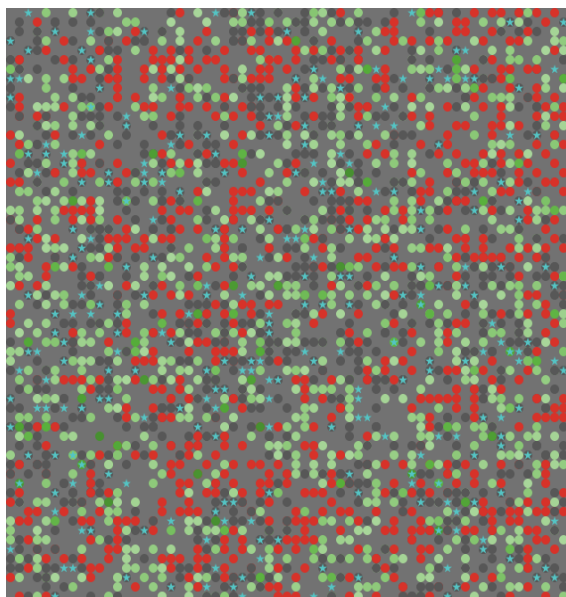
Фигура 5.1 Представяне на полицая, който няма свободен патч

На фигура 5.5 е представен случай, при който след 5000 кръга полицаят не се движи, тъй като няма свободен патч, всички са окупирани от гражданите. Около него (в съседство) се намират мирни граждани, които не променят състоянието си. Около тези мирни граждани в близост до полицая (който е в черно на фигура 5.5) състоянието на агентите в съседство еволюира с течение на времето. Те продължават да бъдат мирни въпреки, че са недоволни, което може да се забележи от промяната на цвета им (тъмно зелен). Това се случва поради използваните стратегии съгласно правилата за най-подходящите стратегии представени в глава 4.

При избухването на протеста фактор, който влияе е максималният срок на затваряне (*max-jail-term*), който в горната симулация сме приели, че е 20 стъпки, което означава, че времето за освобождаването на един агент-затворник са 20 стъпки. Ако този брой е по-голям (по-малък) то ще се намали (увеличи) и броя на активните агенти.

На фигура 5.2. може да се види, че след по-дълъг период на симулация броят на гражданите ще има малки колебания. Съответно броят им ще се променя според графиката по-горе, докато не се промени някой от атрибутите, които приемаме, че могат да се променят в зависимост от възприятията им за легитимност, нетен риск, срок на пребиваване в затвора, отношението полицаи/гражданин, визия.





Фигура 5.2. Представяне пространственото състояние и график на еволюцията на гражданите, мирни, затворници и активни, след 276942 стъпки.

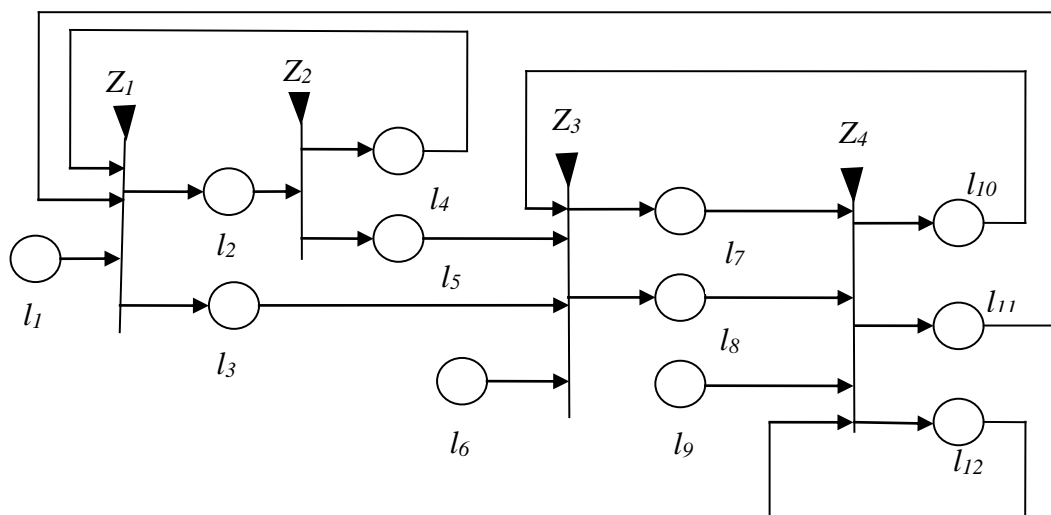
С помощта на този модел можем да работим с посочените по-горе атрибути и да проучим как това може да промени положението в зоната. Тези промени в реалния живот биха били почти невъзможни. Самата концепцията за моделиране няма впредвид представянето на реална ситуация тъй като това би било доста сложно. Ето защо, в сегашния модел на конфликтна ситуация между разгневени граждани и защитници на централната власт се разглеждат само няколко атрибути, за които ние вярваме, че ще подпомогнат разрешаването на конкретен проблем и биха дали полезни резултати.

**Глава 6. Приложение на обобщената мрежа в логиката на цивилните агенти и полицаите.** Представена логиката на агентите и полицаите чрез обобщените мрежи (GN), за да имаме по-ясна представа за движението на агентите в 2D мрежата, които се считат за разширения съответно като обобщение на мрежите на Petri. През 1983 г. К. Т. Атанасов [Атанасов, 1983] предлага нова дефиниция на мрежите за моделиране

и анализ на различните видове динамични системи, които нарича обобщени мрежи, които се основават на основните понятия: място, връзка.

**Раздел 6.1. Основни концепции за обобщена мрежа.** Тези мрежи се характеризират със статична структура, динамични елементи, наречени token и временни компоненти, където: Статичната **структура** на обобщена мрежа се характеризира с преход, **Ядрата** са описани с различни характеристики, които предполагат, че играят ролята на памет на мрежата, **Времевите константи** са три вида: начален момент, в който мрежата започва да функционира, основна времева скала и продължителност на операцията. Формално всеки преход е описан от следната седмица:  $Z = \langle L, L', t1, t2, r, M, \rangle$

**Раздел 6.2. Приложение на обобщена мрежа при описване движението на членовете в конфликтни ситуации.** Тръгвайки от логиката на движение на агентите в зависимост от статуса им, дали са в затвора или не, той продължава да се движи на базата на ценностите, недоволството и риска да бъдат вкарани в затвор. Въз основа на стойността Athreshold сме създали мрежа, която ни представя хода на мирните граждани или полицаите, както и определя индиксната матрица и съответните преходи. Нашата мрежа ще изглежда както следва:



Фигура 6.1 Обобщена мрежа при описване движението на членовете в конфликтни ситуации

Където съответните места са:  $l_1$  – гражданин, който няма статус,  $l_2$  – гражданин, който е затворник,  $l_3$  – гражданин, който е свободен,  $l_4$  – срокът на затвора не е завършил,  $l_5$  – срокът на затвора е завършил,  $l_6$  – активен гражданин,  $l_7$  – става мирен гражданин,  $l_8$  – става активен гражданин,  $l_9$  – полицай,  $l_{10}$  – мирен гражданин (който не е затворник),  $l_{11}$  – затворник,  $l_{12}$  – случаен патч, в който се движи полицаят (който се намира в рамките на обхвата му).

За този случай имаме четири прехода:  $Z_1, Z_1, Z_1, Z_1$ .

## **Глава 7. Приложение на IFS при разрешаване на конфликтите с АВМ.**

В тази глава ще използваме IF логиката, за да може по един по-реален начин да се опишат сложните социални адаптивни системи, които в повечето случаи са описани неточно и често пъти имаме непълна информация.

**Раздел 7.1. и Раздел 7.2.** Представяме основните идеи на IF логиката, които са дефинирани в раздел 2.5. IFS логиката се характеризира с използването на лингвистични променливи, които имат като параметри стойност или думи, защото думите са по-близо до човешката интуиция, а не числата, тоест този метод използва за изчисления думите, а не числата. Друг параметър при използването на fuzzy логика е използването на fuzzy размити правила. Тези правила се изграждат под формата "Ако-То (англ. *If - Then*)". В случая на социалните конфликти имаме среда, която разглеждаме, която не е ясна и не е сигурна в няколко аспекта. Много от атрибутите, които описват човека нямат ясна граница или тя зависи от интерпретацията или контекста, например, ядосан е един затворен агент. Това може да се представи от една IFS, която описва самия човек и му придава степен на членство или нечленство на конкретните атрибути.

Тук се дефинират t-норми и t-конорми, които ще ни помогнат да определим и другите оператори.

**Раздел 7.3. Възможности за движение на агентите в 2D мрежата като използват IFS.** Тъй като агентите се движат в мрежа 2D тогава възможността за движение на агентите в такава мрежа ще се представи чрез формулата дадена от [Atanassov, 1999]

$$\frac{m}{n} + \frac{n-m}{n} = 1$$

$m$  представлява движенията, които могат да се осъществят от съответните агенти и  $n$  представлява всички движения, които са на разположение в дадената мрежа. На базата на това възможностите за движение биха зависили от позицията на самия агент в мрежата или съседите около него.

Всяко движение може да се оцени като полезно (*useful*), вредно (*harmful*) или неутрално (*indifferent*). Сега да дефинираме три числа както следва по-долу, които да отговарят на три ситуации. В мрежата, в която действат агентите имаме:

- Агенти полицаи  $a_p$  с член  $f_1^P, f_2^P, f_3^P \dots, f_{a_p}^P$ ,
- Агенти активни цивилни  $a_A$  с член  $f_1^A, f_2^A, f_3^A \dots, f_{a_A}^A$ ,
- Агенти мирни цивилни  $a_m$  с член  $f_1^P, f_2^P, f_3^P \dots, f_{a_m}^P$ ,

Нека  $\varphi(f^x, t)$  е броят на възможните ходове в момент  $t$ , на агента  $f^x$  където  $x \in \{a, p, m\}$ .

Нека  $\varphi_u(f^x, t)$ ,  $\varphi_h(f^x, t)$  и  $\varphi_i(f^x, t)$  е броят на възможните ходове (в момент  $t$ , който ние разглеждаме) в мрежата. Ясно е, че  $\varphi_u(f^x, t) + \varphi_h(f^x, t) + \varphi_i(f^x, t) = \varphi(f^x, t)$ .

така ние дефинираме, сумирането е по възможните ходове:

$$\mu_x(t) = \frac{\sum \varphi_u(f^x, t)}{\sum \varphi(f^x, t)} ; \nu_x(t) = \frac{\sum \varphi_h(f^x, t)}{\sum \varphi(f^x, t)} ; \pi_x(t) = \frac{\sum \varphi_i(f^x, t)}{\sum \varphi(f^x, t)}$$

е ясно, че  $\mu_x(t) + \nu_x(t) + \pi_x(t) = 1$ , следователно подредената двойка  $\langle \mu_x(t), \nu_x(t) \rangle$  е една интуиционистки размита оценка в мрежата, в която са поставени агентите в момента  $t$ .

Нека да вземем за пример една мрежа  $10 \times 10$ , която се състои от 100 *patch-a*, в които са поставени 8 агенти полицаи, 10 активни цивилни и 8 мирни цивилни [Ismaili, 2018 a1], [Ismaili, 2018 a2]. Това ще бъде представено както следва:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
0		★		○		○	○			
1		★								
2		○		●	●	●	●	●		
3	★				●		○			○
4	★					●	●			
5				○	○	●	●			★
6		★					●			
7				★		●				
8						★				
9										

За 12-те активни агенти възможните движения са както следва:

d2 -> c1, c2, c3, d1, d3, e1

e2 -> d1, d3, e1, f1, f3

e3 -> d3, d4, e4, f3

f2 -> e1, f1, f3, g1

f4 -> e4, f3

f5 -> e4, e6, f6

f7 -> e6, e7, e8, f6, g7, g8

g2 -> f1, f3, g1, h1, h3

g4 -> f3, h3, h4, h5

g5 -> f6, h4, h5, h6

g6 -> f6, g7, h5, h6, h7

h2 -> g1, h1, h3, i1, i2, i3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
d2	e2	e3	f2	f4	f5	f7	g2	g4	g5	g6	h2
$\varphi=6$	$\varphi=5$	$\varphi=4$	$\varphi=4$	$\varphi=2$	$\varphi=3$	$\varphi=6$	$\varphi=5$	$\varphi=4$	$\varphi=4$	$\varphi=5$	$\varphi=6$
$\varphi_u=2$	$\varphi_u=3$	$\varphi_u=2$	$\varphi_u=3$	$\varphi_u=1$	$\varphi_u=0$	$\varphi_u=1$	$\varphi_u=2$	$\varphi_u=2$	$\varphi_u=0$	$\varphi_u=1$	$\varphi_u=5$
$\varphi_h=2$	$\varphi_h=1$	$\varphi_h=2$	$\varphi_h=1$	$\varphi_h=1$	$\varphi_h=3$	$\varphi_h=5$	$\varphi_h=1$	$\varphi_h=2$	$\varphi_h=3$	$\varphi_h=1$	$\varphi_h=0$
$\varphi_i=2$	$\varphi_i=1$	$\varphi_i=0$	$\varphi_i=0$	$\varphi_i=0$	$\varphi_i=0$	$\varphi_i=0$	$\varphi_i=2$	$\varphi_i=0$	$\varphi_i=1$	$\varphi_i=3$	$\varphi_i=1$

Като използваме формулите (1), (2), (3) ще имаме, сумирането е по възможните ходове:

:

$$\mu_x(t) = \frac{\sum \varphi_u(f^x, t)}{\sum \varphi(f^x, t)} = \frac{\varphi_{ud2} + \varphi_{ue2} + \varphi_{ue3} + \varphi_{uf2} + \varphi_{uf4} + \varphi_{uf5} + \varphi_{uf7} + \varphi_{ug2} + \varphi_{ug4} + \varphi_{ug5} + \varphi_{ug6} + \varphi_{uh2}}{\varphi_{d2} + \varphi_{e2} + \varphi_{e3} + \varphi_{f2} + \varphi_{f4} + \varphi_{f5} + \varphi_{f7} + \varphi_{g2} + \varphi_{g4} + \varphi_{g5} + \varphi_{g6} + \varphi_{h2}}$$

$$= \frac{22}{54} = 0.407$$

$$\nu_x(t) = \frac{\sum \varphi_h(f^x, t)}{\sum \varphi(f^x, t)} = \frac{\varphi_{hd2} + \varphi_{he2} + \varphi_{he3} + \varphi_{hf2} + \varphi_{hf4} + \varphi_{hf5} + \varphi_{uh7} + \varphi_{hg2} + \varphi_{hg4} + \varphi_{hg5} + \varphi_{hg6} + \varphi_{hh2}}{\varphi_{d2} + \varphi_{e2} + \varphi_{e3} + \varphi_{f2} + \varphi_{f4} + \varphi_{f5} + \varphi_{f7} + \varphi_{g2} + \varphi_{g4} + \varphi_{g5} + \varphi_{g6} + \varphi_{h2}}$$

$$= \frac{20}{54} = 0.370$$

$$\pi_x(t) = \frac{\sum \varphi_i(f^x, t)}{\sum \varphi(f^x, t)} = \frac{\varphi_{id2} + \varphi_{ie2} + \varphi_{ie3} + \varphi_{if2} + \varphi_{if4} + \varphi_{if5} + \varphi_{if7} + \varphi_{ig2} + \varphi_{ig4} + \varphi_{ig5} + \varphi_{ig6} + \varphi_{ih2}}{\varphi_{d2} + \varphi_{e2} + \varphi_{e3} + \varphi_{f2} + \varphi_{f4} + \varphi_{f5} + \varphi_{f7} + \varphi_{g2} + \varphi_{g4} + \varphi_{g5} + \varphi_{g6} + \varphi_{h2}}$$

$$= \frac{12}{54} = 0.222$$

По подобен начин сме пресметнали и за останалите видове агенти.

**Раздел 7.4.** В този раздел са представени взаимоотношенията, които могат да бъдат създадени между активните и мирни агенти, където се вижда колко са сходни те чрез сравнението на някои атрибути чрез използването на функции за подобие. В модела, който представяме, е възможна комуникация между агентите. По време на тази комуникация, по време на обмена на съобщения, чрез използването на IF логика може да се види дали агентите са подобни (similarity) или не с агента, с който общуват. Това сходство ще се получи с помощта на отрицанието на разстоянието (където разстоянието представлява разликата между агентите) и оператора IFOWA, където можем да определим тежестта на основата на значение, което ние мислим, че има. Така можем да определим колко са сходни агентите, които комуникират. Въз основа на тези прилики те също така могат да завържат и приятелства помежду си. Следователно сме успели да направим размиването (фъзификацията) на някои

стойности и взаимоотношения, за да достигнем до създаването на приятелство между агенти, ако те са подобни и съответно близки.

## Цитирана литература

[Allan R.J., 2009] Allan R.J., Survey of agent based modelling and simulation tools, 2009.

[Amblard, F., et al, 2010] Amblard, F., Geller, A., Neumann, M., A. Srbljinovic, A., Wijermans, N.: NATO Science for Peace and Security Studies, in Complex Societal Dynamics Security Challenges and Opportunities. Amsterdam: IOS Press, 2010 pp. 126—141.

[Atanassov K. 1983] Atanassov K., Intuitionistic fuzzy sets, VII ITKR Session, June 1983, (in Bulgarian). Reprinted: Int. J. Bioautomation Vol. 20(S1), 2016, pp. S1-S6.

[Atanassov K, 1986] Atanassov K., Intuitionistic fuzzy sets, Fuzzy Sets and Systems 20, 1986, pp. 87-96.

[Atanassov, 1991] Atanassov K., Generalized Nets, World Scientific. Singapore, London, 1991.

[Atanassov K., 2007] Atanassov K., On Generalized Nets Theory, Prof. M. Drinov Academic Publ. House, 2007.

[Atanassov, 2012] Atanassov K., On Intuitionistic fuzzy sets, Springer, 2012.

[Atanassov, 2016] Atanassov K, Generalized nets as a tool for the modelling of data mining processes, Innovative issues in Intelligent Systems, Springer, 2016, pp. 126-215.

[Atanassov, 2017] Atanassov K., On Intuitionistic fuzzy logic, Springer, 2017.

[Axelrod, 1981] Axelrod, R. & Hamilton, W.D., The evolution of cooperation. *Science* 211, 1981, pp. 1390–1396.

[Axelrod, 1987] Axelrod, R., The evolution of strategies in the iterated prisoner's dilemma, in Lawrence Davis (ed.) Genetic Algorithm and Simulated Annealing, London: Pitman, 1987, pp. 32-41.

[Axelrod, 1997] Axelrod, R., The Complexity of Cooperation. New Jersey: Princeton University Press, 1997.

[Axelrod, 2006] Axelrod, R., Agent-Based Modeling as a Bridge Between Disciplines, in Leigh Tesfatsion and Kenneth Judd (eds.), Handbook of Computational Economics, vol. 2: Agent-Based Computational Economics, New York: North-Holland, 2006, pp. 1565-84.

- [Bickmore, 2010] Bickmore T., Pfeifer L., Relational Agents for Antipsychotic Medication Adherence., *J. Interacting with Computers*, Vol. 22(4), 2010, pp. 276-288.
- [Cliff, 1995] Cliff, D., and Miller, G. F., Tracking the Red Queen: Measurements of adaptive progress in co-evolutionary simulations, in *Proceedings of the Third European Conference on Artificial Life*, 1995, pp. 200-218.
- [Collier, 2004] Berdal, M. and Malone, D. M. (eds.), *Greed and Grievance: Economic Agendas in Civil Wars*, Lynne Rienner Publishers, 2000.
- [Core, 2006] Core M., Traum D., Lane H. C., Swartout W., Gratch J., van Lent M., Marsella S.: Teaching Negotiation Skills through Practice and Reflection with Virtual Humans. *SIMULATION*. Vol. 82(11), 2006, pp. 685-701.
- [Darwen ,1995] Darwen P., Yao X., On evolving robust strategies for the iterated prisoner's dilemma, in *Progress in Evolutionary Computation*, ser. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 956, 1995, pp. 276-287.
- [Davies, 2013] Davies, T. P., Fry, H. M., Wilson, A. G., Bishop, S. R., A mathematical model of the London riots and their policing, *Scientific Reports*, Vol. 3(1303), 2013.
- [Dimitrov, 2015] Dimitrov K., Roeva O., Development of Generalized Nets for testing of different mathematical models of E.Coli cultivation process, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 322, 2015, pp. 657-668.
- [Dimitrov, 2017] Dimitrov K., Roeva O., Development of Generalized Nets for comparison of different models obtained using metaheuristic algorithms, *Issues in Intelligent Systems and Generalized Nets*, Vol. 13, 2017, pp. 109-118.
- [Dodder, 2000] Dodder R., Dare R., *Complex adaptive systems and complexity theory: Inter-related knowledge domains*, Research seminar in engineering systems, MIT, Boston, 2000, 14p.
- [Dooley, 1996] Dooley K., A nominal definition of complex adaptive systems, *The chaos network*, Vol. 8(1), 1996, pp. 2-3.
- [Epstein, 2006] Epstein, J. M., Agent-based computation models and generative social science. In J. M. Epstein, *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computation Modeling*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press., 2006, pp. 4-45.
- [Epstein, 1996] J. M. Epstein i R. L. Axtell, *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*, MIT Press, 1996.
- [Epstein, 2006a] Epstein, J. M. *Generative social science*. Princeton, NJ: Princeton University Press. *Papers*, Vol. 56(4), 2004, pp. 563-595.



- [Epstein, 2002] Epstein, J. M.: Modeling civil violence: An agent-based computational approach, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 99, 2002, pp. 7243—7250.
- [Faris, 2010] Faris, D.: Revolutions without Revolutionaries? Social Media Networks and Regime Response in Egypt, Ph.D. Thesis, University of Pennsylvania, 2010.
- [Fidanova, 2011] Fidanova S., Atanassov K., Marinov P., Generalized Nets and Ant Colony Optimization, Bulg. Academy of Sciences Pub. Hous, ISBN 978-954-322-473-9, 2011.
- [Furnham et al., 1999] Furnham A., Forde L., Kirsti F.: Personality and work motivation. In Personality and Individual Differences 26, 1999, pp. 1035-1043.
- [Flake W.G., 1998] Flake W.G., The computational beauty of nature: Computer explorations of fractals, chaos, complex systems, and adaptation, MIT Press, 1998.
- [Fogel D.B., et al., 1995] Fogel D.B., and G. B. Fogel, "Evolutionary stable strategies are not always stable under evolutionary dynamics," in *Evolutionary Programming IV*, J. McDonnell, R. Reynolds, and D. B. Fogel, Eds. Cambridge, MA: MIT Press, 1995, pp. 565-577.
- [Fogel D.B., et al., 1997] Fogel D.B., G. B. Fogel, and P. C. Andrews, "On the instability of evolutionary stable strategies, Biosystems, Vol. 44(2), 1997, pp. 135-152.
- [Fogel D.B., 1993] Fogel D.B., 1993 "Evolving behaviors in the iterated prisoner's dilemma," IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol. 1, no. 1, 1993, pp. 77-97
- [Fonoberova и др., (2012)]. Fonoberova, M., Fonoberov, V. A., Mezic, I., Mezic, J., Brantingham, P. J.: Nonlinear Dynamics of Crime and Violence in Urban Settings, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Vol. 15(1), 2012.
- [Frayn, C. M. et al , 2006] Frayn, C. M., Pryke, A. N. and Chong, S. Y., "Exploring the effect of proximity and kinship on mutual cooperation in the iterated prisoner's dilemma," in Proceedings of the Ninth Conference on Parallel Problem Solving from Nature, 2006, pp. 701-710.
- [Fu L., 2017] Fu L., Song W., Lo S., A fuzzy-theory-based method for studying the effect of information transmission on nonlinear crowd dispersion dynamics, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, Vol. 42, 2017, pp. 682-698.
- [Furnham, 1999] Furnham A., Forde L., Kirsti F.: Personality and work motivation. In Personality and Individual Differences 26, 1999, pp. 1035-1043.
- [Georgieva, 2015] Georgieva V., Roeva O., Pencheva T., Generalized Net model of physico-chemical wastewater treatment, J. of International Scientific Publications: Ecology 7 Safety, Vol. 9, 2015, pp. 468-475.

- [Georgieva, 2016] Georgieva V., Angelova N., Roeva O., Pencheva T., Simulation of parallel processes in wastewater treatment plan using generalized net integrated development environment, Proceedings of Bulgarian Academy of Sciences, Vol 69(11), 2016, 1493-1502.
- [Gilbert, 2005] Gilbert N., & Troitzch, K., Simulation for the social scientist. Open University Press. 2005.
- [Grimm, 2010] Grimm, V., U. Bergern, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giskee, J., Railsback, S. F.: The ODD protocol: A review and first update, Ecological Modelling, Vol. 221, 2010, pp. 2760–2768.
- [Gulden, 2002] Gulden, T. R., "Spatial and temporal patterns in civil violence Guatemala 1977-1986,"The Brookings Institution, Washington, DC, Center on Social and Economic Dynamics, Working Paper no.26, 2002.
- [Heylighen, 2008] Heylighen F., Complexity and self-organization, Taylor & Francis, 2008.
- [Holzer, 2011] Holzer R., De Meer H., Modeling and application of self-organizing systems - tutorial paper, In SASO'11, 2011, pp. 235-243.
- [Hofbauer, 1998] Hofbauer, J. and Sigmund, K., Evolutionary games and population dynamics. Cambridge University Press, 1998.
- [Holland, 1996] Holland J.H, Hidden order: How adaptation builds complexity, Harper Collins Canada, Perseus Books, 1996.
- [Hugues, 1998] Hugues, J., and Pollack, J. B., Coevolving the 'Ideal' trainer: Application to the discovery of cellular automata rules, in Proceedings of the Third Annual Genetic Programming Conference, 1998, pp. 519-528.
- [Ilachinsky, 2004] Ilachinsky, A.: Artificial War. Multiagent-Based Simulation of Combat, World Scientific, 2004.
- [Ilkova, 2015] Ilkova T, Petrov M., Roeva O., Carnitine role in human diseases pharmaceutical ways, optimization and generalized net description, J. of Int. Scientific Publications: Materials, Methods & Technology, Vol. 9, 2015, pp. 585-597.
- [Ismaili, 2018] Ismaili S., Fidanova S., Representation of Civilians and Police Officers by Generalized Nets for describing Software Agents in the Case of Protest, Advanced Computing in Industrial Mathematics, Studies of Computational Intelligence 728, K. Georgiev, I. Georgiev eds., Springer, ISBN 978-3-319-65529-1, 2018, pp. 71-78.
- [Ismaili, 2018, a1] Ismaili S. Fidanova S., Application of IFS for Conflict Resolution Modelling and Agent Based Simulation, J. Bioautomation, SJR 0.250, (accepted)
- [Ismaili, 2018, a2] Ismaili S., Fidanova S., Application of game theory and evolutionary algorithms in solving conflicts in social systems, J. Bioautomation, SJR 0.250, (accepted)

- [Ismaili, 2018, a3] Ismaili S., Fidanova S., Modeling Software Agents Applying Intuitionistic Fuzzy Logic, Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences, IF 251, (accepted)
- [Jager, 2001] Jager, W., R. Popping, R., van de Sande, H.: Clustering and Fighting in Two-party Crowds: Simulating the Approach-avoidance Conflict, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Vol. 4(3), 2001,
- [Jennings, 2000] N.R. Jennings N.R., "On Agent-Based Software Engineering," Artificial Intelligence", Vol. 177(2), 2000, pp. 277-296.
- [Doran, 2005] Doran, J.: Iruba: An Agent-Based Model of the Guerrilla War Process, Pre-Proceedings of the Third Conference of the European Social Simulation Association (ESSA), Koblenz, 2005, pp. 198-205.
- [Kim, 2008] Kim, D.S., and Park, G.S.: Modeling network intrusion detection system using feature selection and parameters optimization, Ieice Transactions on Information and Systems, E91D, (4), 2008, pp. f. 1050-1057.
- [Kim, 2011] Kim, J. W., Hanneman, R. A.: A Computational Model of Worker Protest, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Vol. 14(3), 2011
- [Lemos, 2018] Lemos C., Agent-based modeling of social conflict: from mechanism to complex behavior, Springer, 2018.
- [Luck, 2005] M. Luck. et al., Agent Technology: Computing as Interaction. A Roadmap for Agent Based Computing, AgentLink III, 2005
- [Marinov, 2016] Marinov, E., Atanassov, K., Vassilev, P., Su, J., Directed intuitionistic fuzzy neighbourhoods, IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems, 2016, pp. 544-549.
- [Marinov, 2016a1] Marinov, E., Vassilev, P., Atanassov, K., On separability of intuitionistic fuzzy sets, Advances in Intelligent Systems and Computing, 401, 2016, pp. 111-123.
- [Marinov, 2016a2] Tsvetkov, R., Vassilev, P., Intuitionistic fuzzy inclusion indicator of intuitionistic fuzzy sets, Studies in Fuzziness and Soft Computing, 332, 2016, pp. 41-53.
- [Miller J., 2009] Miller J., Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life, Princeton UP, 2009.
- [Niazi, 2011a] Niazi M.A.K., Towards a novel unified framework for developing formal, network and validated agent-based simulation models of complex adaptive systems, PhD Thesis, University of Stirling, UK, 2011.
- [Newman, 2011] M. E. J. Newman M.E.J., "Complex systems: A survey", Am. J. Phys., Vol. 79, 2011, pp. 800-810.
- [Niazi, 2011] M. A. Niazi M.A., Hussain A., "Sensing Emergence in Complex Systems," IEEE Sensors, Vol. 11(10), 2011, pp 2479-2480.
- [Nishizaki, 2004] Nishizaki, I., Sakawa, M. and Katagiri, H., "Influence of environmental changes oncooperative behavior in the Prisoner's Dilemma game on an artificial social model," Applied Artificial Intelligence, Vol. 18(7), 2004, pp. 651-671.

- [Parikh, 2000] Parikh S. and Allen W., Riot games: A theory of riots and mass political violence, presented at 7th Wallis Institute Conference on Political Economy, University of Rochester, New York, October, 2000, pp. 1-42.
- [Pencheva, 2016] Pencheva T., Roeva O., Shannon A., Generalized nets models of basic genetic algorithm operators, *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 332, 2016, pp. 305-325.
- [Perez, 2016] Perez J., Valdez F., Roeva O., Castillo O., Parameter adaptation of the bat algorithm using type-1 interval type-2 fuzzy logic and intuitionistic fuzzy logic, *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, Vol 22(2), 2016, pp. 87-98.
- [Reynolds, 1994] Reynolds, C. W., "Competition, Co-evolution and the Game of Tag," in *Proceedings of the Fourth International Workshop on Artificial Life*, Brooks, R. and Maes, P., Eds. Cambridge, USA: MIT Press, 1994, pp. 59-69.
- [Ribagin, 2016] Ribagin, S., Roeva, O., Pencheva, T., Generalized Net model of asymptomatic osteoporosis diagnosing, *IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems*, 2016, pp. 604-608.
- [Roeva, 2018] Roeva O., Atanassov K., Universal generalized net model for description of metaheuristic algorithms: verification with the bat algorithm, *Advances in intelligent systems and computing*, Vol. 643, 2018, pp. 244-255.
- [Rubin, 2011] Makowsky, M. D., Rubin, J.: An Agent-Based Model of Centralized Institutions, Social Network Technology, and Revolution, Working Paper 2011-05, Towson University Department of Economics, 2011.
- [Salles B., 2001] Salles B., "Constructing progressive learning routes through qualitative simulation models in ecology," in *Proceedings of the International Workshop on Qualitative Reasoning, QR'01*, 2001, pp. 82-89.
- [Sawyer, 2003] Sawyer, R. K., "Artificial societies: Multiagent systems and micro-macro link in sociological theory," *Sociological Methods & Research*, Vol. 31(3), 2003, pp. 325-363.
- [Schelling, 1978] Schelling, T. C., *Micromotives and Macrobehavior*, pp. 137-57, Norton, New York, 1978.
- [Shalizi, 2006] Shalizi C.R., "Methods and techniques of complex systems science: An overview", arXiv:nlin/0307015v4, 2006.
- [Shannon, 1996] Shannon A., Sorsich J., Atanassov K., *Generalized Nets in Medicine*, "Prof. M. Drinov" Academic Publishing House, So\_a, 1996.
- [Shen, 2006] Shen Z., Zhou S.: Behavior Representation and Simulation for Military Operations on Urbanized Terrain. *SIMULATION*. Vol. 82(9), 2006, pp. 593-607.
- [Situngkir, 2004] Situngkir, H., "On massive conflict: Macro-micro link," *Journal of Social Complexity* Vol. 1(4), 2004, pp. 1-12.
- [Sotirov, 2016] Sotirov S., Sotirova E., Werner M., Simeonov S., Hardt W., Simeonova N., Intuitionistic fuzzy estimation of the Generalized nets Model of Spatial-temporal Group

Scheduling Problems, Volume 332 of the series Studies in Fuzziness and Soft Computing, Springer, 2016, pp. 401-414.

[Sotirov, 2016a] Sotirov, S., Sotirova, E., Melin, P., Castilo, O., Atanassov, K., Modular Neural Network Preprocessing Procedure with Intuitionistic Fuzzy InterCriteria Analysis Method. In Flexible Query Answering Systems 2015, Springer International Publishing, 2016, pp. 175-186.

[Sotirova, 2016] Sotirova E., Bureva V., Sotirov S., A Generalized Net Model for Students Evaluation Process, Using InterCriteria Analysis Method, Volume 332 of the series Studies in Fuzziness and Soft Computing, Springer, 2016, pp. 389-399.

[Spears, 1991] Spears W.M. and K. A. De Jong K.A., "An Analysis of Multi-Point Crossover", In Foundations of Genetic Algorithms, J. E. Rawlins (Ed.), 1991, pp. 301-315.

[Stoyanov S., 2008] Stoyanov S., Ganchev I., Popchev I., O'Dorma, Service-oriented and agent-based approach for the development of InfoStation eLearning intelligent system architectures, In Proc. Of Int IEEE Conf. "Intelligent System", 2008, pp. 6-20.

[Stoyanov S., 2014] Stoyanov S., Valkanov V., Popchev I., Stoyanova-Doycheva A., Doychev E., A model of context-aware agent architecture, Compt. Rand. Acad. Bul. Sci., 67(4), 2014, pp. 487-496.

[Traum, 2007] Traum D., Roque A., Leuski A., Georgiou P., Gerten J., Martinovski B., Narayanan S., Robinson S., Vaswani A., Hassan: A virtual human for tactical questioning. In Proceedings of the 8th SIGdial Workshop on Discourse and Dialogue, 2007, pp. 71-74.

[Vassilev, 2012] Vassilev, P., Intuitionistic fuzzy sets with membership and non-membership functions of exponential type, IS'2012 - 2012 6th IEEE International Conference Intelligent Systems, Proceedings, 2012, pp. 145-149.

[Vassilev, 2017] Vassilev, P., Intuitionistic fuzzy sets generated by archimedean metrics and ultrametrics, 2017, Studies in Computational Intelligence, 657, pp. 339-378.

[Weibull, 1992] Weibull, J., Evolutionary game theory. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

[Wiegand, 2002a] Wiegand, R. P., Liles, W. C. and De Jong, K. A., "Analyzing Cooperative Coevolution with Evolutionary Game Theory," in Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation, 2002, pp. 1600-1605.

[Wiegand, 2002b] Wiegand, R. P., Liles, W. C. and De Jong, K. A., "Modeling Variation in Cooperative Coevolution Using Evolutionary Game Theory," in Foundations of Genetic Algorithms VII, 2002, pp. 203-220.

[Wiegand, 2003] Wiegand R.P., An Analysis of Cooperative Coevolutionary Algorithms. Ph.D. Thesis, George Mason University, 2003.

[Wright, 2011] A.H. Wright, "Genetic algorithms for real parameter optimization, in Foundations of Genetic Algorithms, J.E. Rawlins (Ed.), Morgan Kaufmann, f. 2011, pp. 205-218.

[Yiu, 2002] Yiu, S. Y., Gill, A. and Shi, P., "Investigating strategies for managing civil violence using the MANA agent based distillation," Land Warfare Conference, Brisbane, 2002.

[Youksel,2011] Youksel K., Bozkurt B., Ketabdar H.: A Software platform for Genetic Algorithms based Parameter Estimation on Digital Sound Synthesizers, In proc of SAC'11, 2011, pp. 1088-1089 .

[Zadeh, 1965] Zadeh L.A., Fuzzy sets, Information and Control 8, 1965, pp. 338-353.