

Abstracts of Dissertations

Institute of Information and
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF
SCIENCES



1 / 2018



**RESOLVE CONFLICT
SITUATIONS WITH
AGENT-BASED
MODELLING**

Shpend Ismaili

**РЕШАВАНЕ НА
КОНФЛИКТНИ СИТУАЦИИ С
МОДЕЛИРАНЕ БАЗИРАНО
НА АГЕНТИ**

Шпенди Исмаили

Автореферати на дисертации

Институт по информационни и
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Поредицата „Авториферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат авториферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

Редактори

Генадий Агре

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Райна Георгиева

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Даниела Борисова

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите

*The series **Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences** presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

Editors

Gennady Agre

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Rayna Georgieva

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Daniela Borissova

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract of PhD Thesis

RESOLVE CONFLICT SITUATIONS WITH AGENT-BASED MODELLING

Shpend Ismaili

Supervisor: Prof. Stefka Fidanova

Approved by Supervising Committee:

Prof. Ivan Dimov

Prof. Krasimir Atanasov

Prof. Sotir Sotirov

Prof. Stefka Fidanova

Assoc. Prof. Olimpia Roeva



**INSTITUTE OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Department of Parallel Algorithms

Studying the phenomena of social systems through ABM have the largest application in the last decade. Modeling human beings is a great challenge because of the instability, the unpredictability and the ability to carry out the independent actions that is in the nature of man. When this behavior is modeled, it should be taken into account that the realization of daily activities is influenced not only by the situation, the ability and the education, but also by the psychological and physiological condition.

The reason for using agent-based modeling is usually that maneuvering with certain attributes in real life would either be impossible or cost too high. The perceived social conflicts here arise because of the different intersections where one party seeks to maintain its privileges as a member of central government while the other side in conflict attempts to change its social position. This change tends to be realized through public gatherings where it will show its dissatisfaction. During these protests there are three types of actors here that are modeled on agents; active agents, policemen, and calm agents who do not have an attitude about their positions, but in certain cases know that they also present their own frustrations to central government. To implement modeling through agents of such conflicting situations we will use a 2D mesh in which we place agents that can interact and make decisions about further actions.

In order to enable agents to interact with each other through the environment defined as a gathering area, they should choose specific strategies and be able to evolve based on the created situations. Choosing such strategies will be based on the theory of the game, the theory of "the prisoner dilemma" specifically with IPD, which, though simple, helps to make fair decisions in a very complex situation. The same game predicts that the player is able to evolve elections in opposition to the opponents' choices that appear here as a strategy.

Agent movement logic is represented by generalized networks (GN) and index matrices (IMs) that describe the states and transitions of the respective agents. This gives us a complete picture of this movement.

Since attributes describing agents cannot be fixed values, but they can have a dynamic value, then it would be more reasonable to describe such situations through *FuzzyIntuitionistic* (IF) logic. This logic allows us to make decisions in case of lack of information or when the information we have is incomplete. Agents using this logic appear as an IF agent.

The aims of the first chapter are the dissertation goals and the tasks to be solved. To achieve this global objective, it is necessary to: study and identify the groups of factors that affect human performance (positive or negative) by confronting the development of events as well as developing a pattern of social conflicts within groups identified as key. This model is realized with the help of software simulation tools, which allow maneuvering with the attributes in the proposed model.

The use of modeling and computer simulation applied enables complex phenomena to be analyzed and understood. Computer simulations enable you to maneuver with the

behavior of the modeled phenomena that we study, by changing the *environment* and their internal attributes, and by examining the consequences in a controlled environment. This method is useful in many situations where such tasks in real life would have higher costs or would be impossible to accomplish.

The research that is described in this paper is multidisciplinary and combines concepts and methods from different spheres as they are; Multi-agent systems, gaming theory, evolutionary algorithms, sociology, psychology, general networks, and fuzzy intuitionist communities.

The main purpose of this research is to design and develop a model to present conflicting situations and to analyze dynamic links in detecting conflicting situations and evolving agents' behavior in the pattern of conflict situations.

The main task of this research is:

1. to be made the abstract representation of man's behavior in conflicting situations as a result of interactions between individuals using the theory of games specifically IPD and experimental algorithms (where the abstract representation of one's behavior in conflict situations can be modeled as the result between individuals using theory of game specifically IPD and co-evolutionary algorithms)
2. The situation of agents in conflict situations and their movement can be manifested by GN.
3. IF logic can be applied in order to represent more realistically human behavior which is very unclear.

The application of ABM can be seen as a new method of research through which we explore behavior at the microscopic level and draw conclusions at a macroscopic level.

The earned results may be useful for:

- To the research, this research proposes an agent-based model that supports decision-making and interaction of (conflicting situations). The model and the results obtained are valid in comparison to other similar models and contribute to the development of better models and more complete and precious human behavioral analysis. The experiences and limitations that we may encounter during the evaluation process can also be valid for researchers of the same interest by analyzing and replicating the model presented to improve the current results.
- To the social community, Development of software tools for analyzing and manipulating the behaviors of conflicting actors for different situations that will support social conflict management with an additional useful tool in resolving such situations.

Chapter 2 aims at providing the reader with knowledge of **complex systems** and features that characterize it. Bearing in mind that systems are made up of a larger number of entities that are in interaction with other entities as well as the environment or systems. These complex systems that present extensive interdisciplinary research attempt to clarify how a large number of relatively simple entities are organized without the use of intercepting controls for the common purpose in which complex behaviors are applied. Then, the concepts of complex adaptive systems (CASs) are given since common features of more systems, but not all, are the adaptation of complex systems, which describes the ability to learn and change the behavior of an entity by optimizing some features or sizes over time. CAS ideas and models are essentially evolutionary, backed by modern biological views on adaptation and evolution. So, CAS is a complex dynamic system that is capable of adapting to the environment, changes and evolving into it. It is important to note that describing the concept that it is not possible to separate the system from its environment. Instead, it is better to explore the concept of the system that is closely related to all other systems. In this context, change is seen as co-evolution with all other systems, rather than adapting to a distinct and changing environment.

The methods used in this dissertation to study complex systems are *agent-based modeling* (ABM) to develop the computer simulation model for system behavior and complex network model development to analyze interaction of system entities from real or artificially generated data. This type of modeling is a computer model that describes specific agents, their states, and their behavior. ABM is a model that represents community of agents and their behaviors. Complex systems are often characterized by having scattered components as well as scattered knowledge about their activities. Agents represent entities that are integral to complex systems and are in permanent interaction with other agents and the environment where they are operating respectively.

This chapter also presents the basic concepts of the IF logic which we will use in dissertation. The reason for using this logic is that data given to human or social systems are not exactly certain. Social systems are really complex adaptive systems. Modeling of these systems is accomplished with ABM, respectively realized by some agents, which can be of different types in the environment we are considering. Observing agents can help analyze the collective behavior and evolution trend of the system.

We have applied **IFlogic** since man's nature is guided by the desires, beliefs and knowledge he possesses then it would be very difficult to present himself through the fixed (fixed) knowledge. Logic IF operates with "intuitionistic fuzzy sets," "fuzzy variables," "fuzzy numbers," "fuzzy relationships." The idea of combining the fuzzy modeling intuitionist logic based on ABM agents has enormous potentials that are unexplored at this moment or are very little explored. Agents based on IF logic we have presented as an IF agent are agents that can perform unequivocally qualitative resonances with incomplete and unclear knowledge in an environment that contains linguistic variables. In fuzzy

computational sciences the agents are defined as software agents that implement fuzzy logic.

In our case, agents that are implemented to solve a problem with unambiguous parameters will use fuzzy intuitive logic and agents who will use this logic will call it "intuitionistic fuzzy agents" or "IF agent". Thus, an agent can be presented as a quandary (four-ranked) described by the following equation:

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

where P represents the function of perception (observation) of an agent; D is the decision making function to interpret the observed event; Act is the function of agent actions; and KB is the content of the knowledge found in its memory, which presents rules for drawing conclusions and fuzzy values for the respective domain (observed event, internal state, etc.).

The rules for making the decision given to the agents are defined by the triple:

$$R = \langle Ev, cond, Act \rangle$$

where Ev is a fuzzy event that agent IF can perceive; $cond$ is a fuzzy set of commodities that is also attached to the inner values of the IF agent which in our case is α_i ; and Act is a set of shares that agent α_i performs.

A system based on IF agent $S\alpha$ is defined by the quartet:

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

where A is a set of IF agents, I is the IFS of the interplay between the IF agents found in A , R is the IF rollout community that fuzzy agents of A can play, and O is the IF community respectively the organizations designated for the IF agents A .

In most agent-based systems, the behavior of an agent that interacts with other system agents consists of three stages: receiving information from another agent or perceiving a change in its environment, interpreting this event, and deciding on actions to be taken carried out taking into account other agents, sends a message, or performs an action that modifies the environment. Each IF agent plays a predetermined role limited by its IF powers and is formalized by IF decision-making rules.

The following chapter provides a review of **game theory and evolutionary algorithms** that we will use to solve the problem we are considering.

In the **theory of games**, or in the theory of strategic interactions, the situation in which the agents' situation directly depends on the choice of other agents is analyzed. Gaming theory works only in cases where people play rationally. We use the Dilemma of the Inmate. To define a game you need: Players, Each Player's Strategies, Each Player's Profits. Each player has two strategies: cooperate (C) and defect (D). Usually, all important information is written in matrix form, which is called matrix payoff.

Then in this chapter are given the concepts for **evolutionary algorithms**. Basic evolutionary algorithms are realized, so that in the first step as the case initially initializes the initial population of the solution. In the second step is assessed the fitness of each member of the population. The fitness function enables the process of evolution to be

managed in the right direction, specifically reflecting the nature of the environment to which individuals (potential solutions) need to adapt. The main parameters of the operation of an evolutionary algorithm are [K.Youksel et al.]:(1) Representation of individuals; (2) Initial population; (3) Fitness Function; (4) Selection of Parents; (5) Change operators.

The method of experimental algorithms is a very current and very natural research method that can be applied when the spaces are very complex or it is very difficult to create an adequate function for a particular purpose. This method is characterized by what interactions from different populations evolve from fitness. In our case where we apply game theory and evolving their strategies, co-evolutionary algorithms (CEAs) allow for solving problems. In this case, the fitness of an individual in the population is dependent on the fitness of the individual with whom it is compared and the changes in the distribution of the population that have co-evolved affect the change of all individuals of that population. By using experimental algorithms, individuals improve their strategies depending on the competitive strategy of the individual. Coevolution can be defined as induced evolutionary evolution between two or more species or populations. In order to avoid uncertainties in the different ways of evolving individuals, the following definitions are presented:

Objective Measurement: Measurement that evaluates an individual independently of any other individual, except the effects of escalation and normalization.

Subjective measurement: measurement that is not objective.

Internal measurements: measurements that influence the direction of evolution in any way.

External measurements: measurements that cannot influence the direction of evolution in any way.

Now, based on the definitions above, we can define CAE more accurately

The **co-evolutionary algorithm** is an evolutionary algorithm which, for the sake of fitness, uses subjective measurements.

CEA provides analysis of a scenario with repeated interactions and modeling of social systems.

Adapting strategies to the IPD game that is formulated by examining a predetermined earnings matrix that specifies the profit a player takes for choosing the strategy that he and his opponent respectively make. The game is played when both players choose between two alternative choices on a series of moves (ie, repeated interactions). When the game is repeated during many rounds, players can adopt the strategy in the game, where a response is based on what happened in the previous moves and should note that co-operation (D) is not necessarily the best solution to Playing. Instead, many studies have shown that co-operation in the game will be a viable strategy.

In the fourth chapter are given the basic concepts to describe **conflicting situations** and the application of game theory and evolutionary algorithms for selecting agent

strategies in this conflict. Conflicts in society in most cases occur for two reasons: misunderstanding and different interests. In the first case it can come as a result of the fact that not all agents have the same information. Thus each agent can make different conclusions based on different assumptions. In the second case, the information is complete with each agent but, disagreement comes as agents have different desires, beliefs or purposes.

Social systems are quite complex and unpredictable, consisting of communities of individuals who interact with each other, evolving autonomously and motivated by their beliefs, their goals, and the state of their social environment.

The modeling of these systems will be accomplished through the ABM, which consists of communities of autonomous software entities (agents) interacting with each other and with their environment. These agents are autonomous, reactive, proactive and social. We provide the framework for most ABM modeling of social systems that represent artificial societies in which three different groups of agents that are in interaction.

In society, there may often be dissatisfaction that may also trigger reactions from people's groups to respond to the causes of these dissatisfaction. The form of reaction can also be organized in an organized or spontaneous way (through social networks). The same situation will happen if we are dealing with groups of citizens reacting in the form of protests against central government, where even violent confrontations may occur. The protest, for the case we are considering, is the result of poverty, quarreling, loss of legitimacy of central power, greed and other factors that influence people to cluster to manifest their dissatisfaction. These will also be the parameters that we will use when we analyze the individual's position in society. In these protests there will be conflict, ie confrontation between the activists against the central authorities, confrontations between groups that demand change and those who protect them.

During the design of ABM modeling we have taken into account: Purpose-meaning modeling sphere (type of modeled phenomenon), profit matrix, agenttypes -(attributes, rules, reactive or deliberative) and environment (homogeneous or inorganic), BasicTimeCycle - Time Cycle, Sequence of Operators, Synchronous Activation or Asynchronous Agents, ModelResults - Phenomena Clarification, Degree of Developing Properties (Time, Percentage of Protesting Agents, Time of Event, etc.), Observation - Use of Empirical Informations for Parameterization, Power and Model Restrictions, ExplorationEffort- gaps between the model's results and real events.

In this chapter we will focus on the design and spatial development of agent evolution, to study the macro-dynamics of crowd behavior that in certain situations may escalate, causing violence by civilians or by police officers who are loyal to the central power. These interactions will be presented as the theorem of the game theory and the co-evolutionary algorithm.

The agent evolution framework of the model we are using represents agents and the environment as a result of mutual interaction between agents of different groups as well as

agents and the environment. So the model will have one; an evolutionary mechanism that evolves agents into the dependence of reciprocal interactions; the environment that represents the space on which the agents are located, the empirical rules that are set for the environment and the agents. In the model all three different types of agents are specified: calm civil, activists, policeman. Agents of the relevant group, activist or police will evolve their strategies based on the number and type of agents that are present and the learning process. Based on these values we will compile the payoff matrix for the agents of the respective groups. Each group seeks to have as much profits based on the knowledge they possess. These profits that will win will depend on the strategy they choose. For this case will depend on the number of one group compared to the other group. Each player (agent) has the opportunity to cooperate (C) or deffect (D). This notion varies for different types of agents. **Activists** will have the value: C if the active agent will not be an aggressive activist eg. not doing violence, not challenging policemen, or not encouraging peaceful civilians to join the crowd; will have value D for other cases. **Policemen** will have the value of: C when they should protect civilians, do not attack to arrest an activist, D to actively pursue protestors to arrest them.

The fifth chapter presents a **model of social conflict**, respectively the protest that we have presented through three types of agents who are calm, calm policeman and another type of imprisoned agents. Symbolically, there are: red circles (active), green (silent), star (policemen), black circles (prisoners). The presented model is composed of three different components: agents, empirical rules and the environment. So, for the modeling of the concrete situation we create more agents that interact with each other and coexist in artificial society, from a computer structure. The event to be simulated is made up of a group of people who may be individuals affected by different attributes. As a result of these attributes they can be active, remain calm or during intercourse with the cop can even be imprisoned. Agents are heterogeneous depending on the relevant characteristics that determine their status (calm, active, imprisoned or policeman). Once the model is initialized, it processes in a three-step iterative process: agents move into space, interact with other agents, and update their beliefs.

The most accurate description of the attributes that characterize the agents would significantly affect the accuracy of the model that represents the situation we want to consider. The accuracy of modeling agent attributes is crucial for the closest description of entities that in four cases will be the man himself and the behavior in a rioting situation that arises as a result of social conflicts. We will use the attributes of [Epstain 2012]. **Hardship** and **greed**, which appear as idealized components in the modeling process that measure the tendency for non-coping agents to join the revolted crowd or not. The attribute affecting the status of a civil agent is perceived-hardship $H = U(0,1)$, which is given a case value in the interval (0,1). Another very important attribute is the government-**legitimacy** L that represents a uniform distribution between 0 and 1, $L = U(0,1)$, which refers to the perception of the central government's legitimacy. The value of

grievance is the amount of anti-government sentiment that a civilian has. ***Grievance***(G) are defined as the function of H and L in the form: $G = H(1 - L)$. The very important parameter that an individual will associate with the crowd or not is the ***netrisk*** to an agent. This is shaped by three dimensions - the tendency to get rid of, the likelihood of being caught and the third dimension is the judgment after imprisonment, respectively the term of the prison. ***Risk Disagreement***, $R_A = U(0,1)$ represents the readiness and the capacity of an agent is subject to stress. Here is another parameter that evaluates the ***probability of arrest*** (P) by the police who depends on the number of Officers (NC) and the number of active protesters (NA) and it is calculated with the formula:

$$P = 1 - e^{-k \frac{NC}{NA}}$$

where NC / NA - presents the Report of the Officers 'and Activists' number (NC / NA)
k constant which is always smaller than 1, since the agent is calculated as active when it counts P.

Based on the attributes defined for civil agents, the risk-aversion R_A and the probability P (P) can calculate the net risk (N), a value between 0 and 1 which is kept constant for each Civil and derived from a uniform distribution ($N = U(0,1)$),

$$N = R_A P$$

If the difference of the tendency to revolt (difficulty) G and net risk (N) is greater than a threshold value, defined as *AThreshold*, then the quiet civilian agent will become active, if it does not remain calm.

If the active agent is in the vicinity of a police officer then to the next round, he will be jailed and will remain arrested for a certain number of episodes. If there are other silent agents near him, in eight patches that restrict the agent, one of them is randomly selected as a target to communicate. If their disagreements are similar, then a friendship between the two Civilians is created. This link will remain for a certain number of future shifts in the absence of future communications.

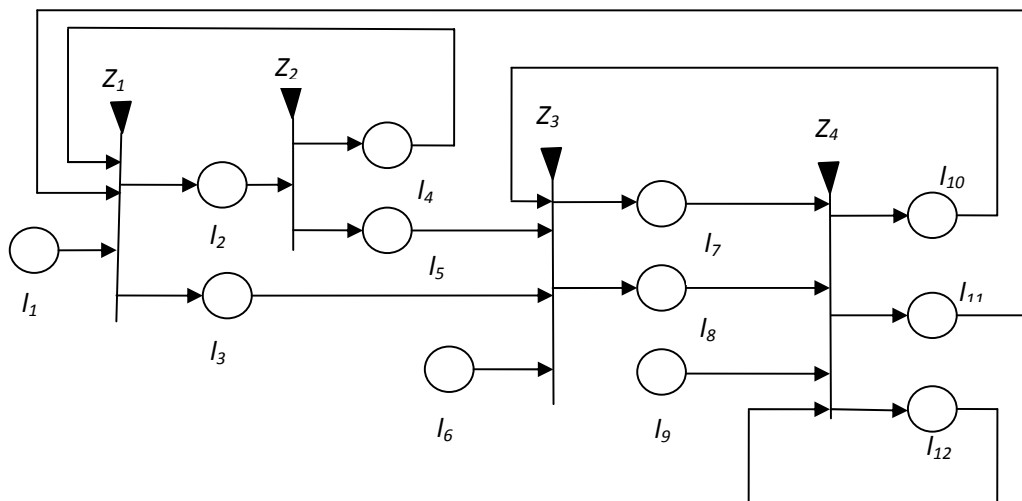
The simulation of agent behavior has been carried out depending on the number of agents NC officers, active agendas NA probability of detention, respectively risk, as well as the impact of difficulties (G) and legitimacy L. Depending on the attributes values mentioned above, the evolution also depends the status of agents. The simulation is done using the *NetLogo* program that uses the *turtles* representing agents and can be visualized and simulated the event of protest in which agents who are initially quiet will change their respective state of mind, will evolve their strategies to dependency from dissatisfaction and net risk to arrests. A threshold value is determined by *AThreshold* = 0.2. With the help of this model we can operate with the abovementioned attributes and study how the situation in the field can be changed. These changes in real life would be nearly impossible. The concept of modeling itself does not imply presenting a real situation as such would be quite complex. So to present the model of a conflict between civilians and central government

defenders, we consider only some attributes that we think will help solve the concrete problem and the results would be useful.

In Chapter Six we present the **Generalized Net (GN)** application to have a clearer picture of the movement of the agendas in the 2D network. In 1982 K. T. Atanasov [K. T. Atanasov, 1982] proposed a new definition of networks for modeling and analyzing different types of dynamic systems, referred to as general networks. Let's first give the GN concepts that are based on the basic concepts: place, relationship. These nets are characterized by a static structure, dynamic elements called tokens and temporal components where: The static **structure** of GN is characterized by transition. The **tokens** are described with the various features that feature play the role of network memory. The **temporal constants** are of the three types: the initial moment in which the line starts to function, the elemental time scale and the duration of the operation. Formally, every transition is described by a seven-tuple

$$Z=\{L',L'',t_1,t_2,r,M,\}$$

Starting from the logic of civil agents depending on their status as a prisoner or not, he continues to move on the basis of the values that present the dissatisfaction and the risk of being imprisoned. Based on an Athreshold value we have created a network that gives the movement that made a policeman or civilian agent as well as a matrix of indexes and corresponding transitions. Our slate seems to be:



Where the respective paces are: l_1 - civilian without a certain position, l_2 - civilian is detained, l_3 - civilian is free, l_4 - the term of imprisonment has not expired, l_5 - the term of imprisonment has expired, l_6 - active civilian, l_7 - will be peaceful civilian, l_9 - police officer, l_{10} - peaceful civilian, l_{11} - prisoner, l_{12} - random movement of the police in his area of monitoring. For this case we have four transitions Z_1, Z_1, Z_1, Z_1 .

In the seventh chapter, **the application of the IF logic for conflict resolution with ABM** could enable the most complex descriptive descriptions of complex adaptive social systems that are often inadequately described and often incomplete information. IFS logic is characterized by the use of linguistic variables, which have words as values or parameters as the words are closer to human intuition rather than numbers, ie this method uses for calculations words rather than numbers. In the case of social conflicts, we have an environment that is unsecure and uncertain in some aspects. Most of the attributes that people describe do not have a clear boundary or this boundary depends on the interpretation or context, eg. angry is a prisoner. These can be represented by an IFS that describes the man himself and gives him a degree of membership of non-realization or indeterminacy of concrete attributes.

As the agents move to the 2D mesh, then the agent's move to such mesh will be determined by the formula given by [Atanassov K.T., 1999]

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

m represents the movements that the relevant agent can perform and n presents all the moves available to the given network. Based on this, the mobility chances would depend on the position of the agent on the grid or neighbors around him. Now define the three following numbers that correspond to three situations.

In the agent's network we have:

- police agents a_p with a member $f_1^p, f_2^p, f_3^p, \dots, f_{a_p}^p$,
- active agents a_a with a member $f_1^a, f_2^a, f_3^a, \dots, f_{a_a}^a$,
- peaceful civil agents a_m with a member $f_1^p, f_2^p, f_3^p, \dots, f_{a_m}^p$,

Let $\varphi(f^x, t)$ be the number of possible moves at the moment t of agent f^x where $x \in \{a, p, m\}$. Let $\varphi_u(f^x, t)$, $\varphi_h(f^x, t)$ and $\varphi_i(f^x, t)$ be the number of possible moves (at the moment t we examine) in the mesh. It is obvious that $\varphi_u(f^x, t) + \varphi_h(f^x, t) + \varphi_i(f^x, t) = \varphi(f^x, t)$.

we define:

$$\mu_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_u(f_i^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f_i^x, t)} ; \quad \nu_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_h(f_i^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f_i^x, t)} ; \quad \pi_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_i(f_i^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f_i^x, t)} ;$$

it is clear that $\mu_x(t) + \nu_x(t) + \pi_x(t) = 1$, order pair $(\mu_x(t), \nu_x(t))$, is an intuitionist fuzzy estimate in the network where the agents are located at the moment t .

Then using the IF law we have defined some relationships that different types of agent can create.

In the model we present, communication between agents is also possible. During this communication when exchanging messages using IF logic, one can see if the agents are

similarity or not with the communicating agent. This similarity will be obtained using the distance negation (where the distance represents the difference between the agents) and the IFOWA operator, where we can determine the weight based on the importance we think they have. Thus, it is possible to determine how many agents are communicating.

List of publications about dissertation

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 Fuzzy Sets on agent Based Modeling, *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, IF 0.251, (submitted)



АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по
научна специалност “Информатика“

РЕШАВАНЕ НА КОНФЛИКТНИ СИТУАЦИИ С МОДЕЛИРАНЕ БАЗИРАНО НА АГЕНТИ

Шпенди Исмаили

Ръководител: Проф. Стефка Фиданова

Научно жури:

**Проф. Иван Димов
Член. кор. Красимир Атанасов
Проф. Сотир Сотиров
Проф. Стефка Фиданова
Доц. Олимпия Роева**



**Институт по информационни и
комуникационни технологии
Секция „Паралелни алгоритми“**

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 интуиционистична 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 предложения 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 and Zhou, 2006] [Traum et al., 2007]; трениране и обучение, [Martinez-Miranda et al., 2008], [Core et al., 2006]; приложения за електронно здравеопазване [Bickmore and Pfeifer, 2008], [Tartaro and Cassell, 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 and Troitzsch, 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 институционалистичните 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-пълен 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, (submitted)

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 коеволуция (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 (логика If). 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 логиката IF 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. Логиката IF 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 логика IF сме представили като агенти IF, 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* (агентите IF). 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 E., et all, 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 α_i ; и Act е множеството от действията, които агентът α_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 α_i ; и Act е множеството от действията, които агентът α_i извършва.

Една система, която е базирана на IF агенти S_α 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) Функцията фитнес; (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, фитнесот на индивида от популация е зависна функция от фитнесот 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 [P. W. 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 САЕ :

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 епизоди, 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 възприетията (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 цивилните, 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
b)	полицайте	сътрудничат	1,5	3,3
		не сътрудничат	4,4	5,1
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 тогава 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 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, JM, et al 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 .

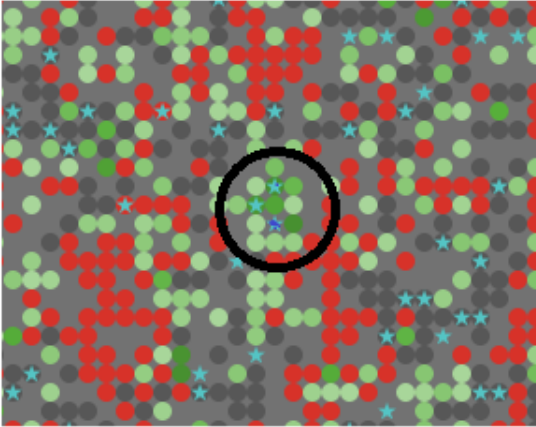
На базата на дефинираните атрибути за гражданите, несъгласието с опасността (*risk-aversion* R_A) и вероятността от арест (*estimated-arrest-probability* P) можем да изчислим нетната стойност на опасността (N), една стойност между 0 и 1, която се запазва константа за всеки гражданин и се извежда от уравнението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

$$N = RP$$

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

Ако активният агент има в близост някой полицаи тогава в следващия кръг (епизод) той ще бъде вкаран в затвора и ще остане там за определен брой епизоди. 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 тогава се създава приятелство между двамата граждани. Тази връзка ще остане за определен брой бъдещи епизоди 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 $Athreshold = 0.2$.

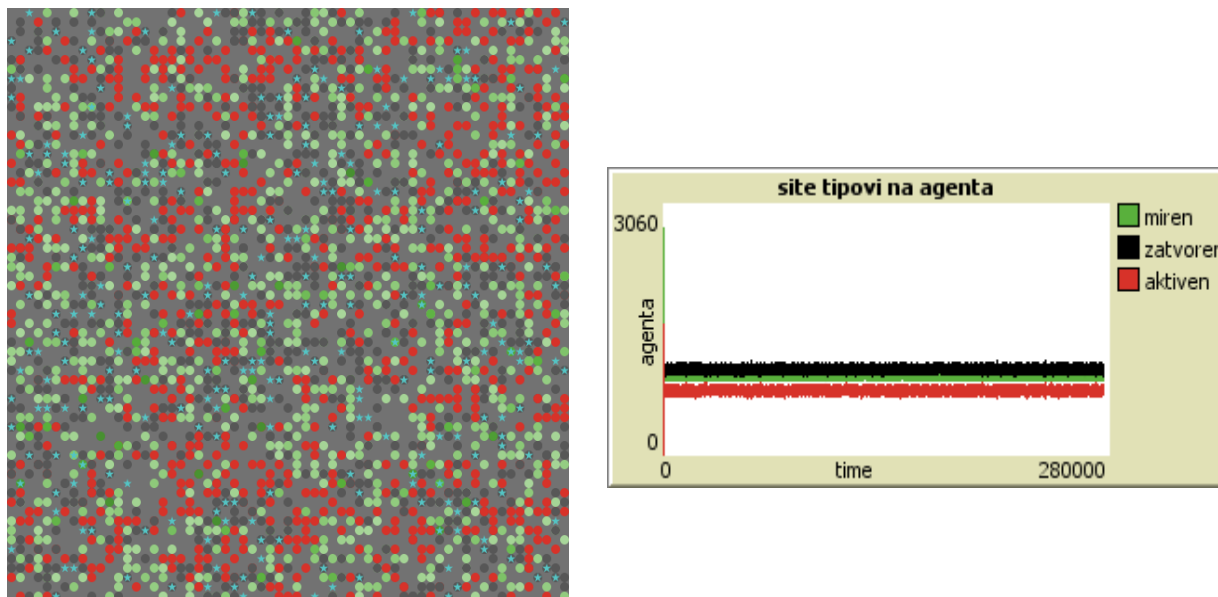


Фигура 5.1 Представяне на полицая, който няма свободен патч

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 кръга (епизода), което означава, че времето за освобождаването на един агент-затворник са 20 епизода. Ако този брой е по-голям (по-малък) тогава 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 епизода.

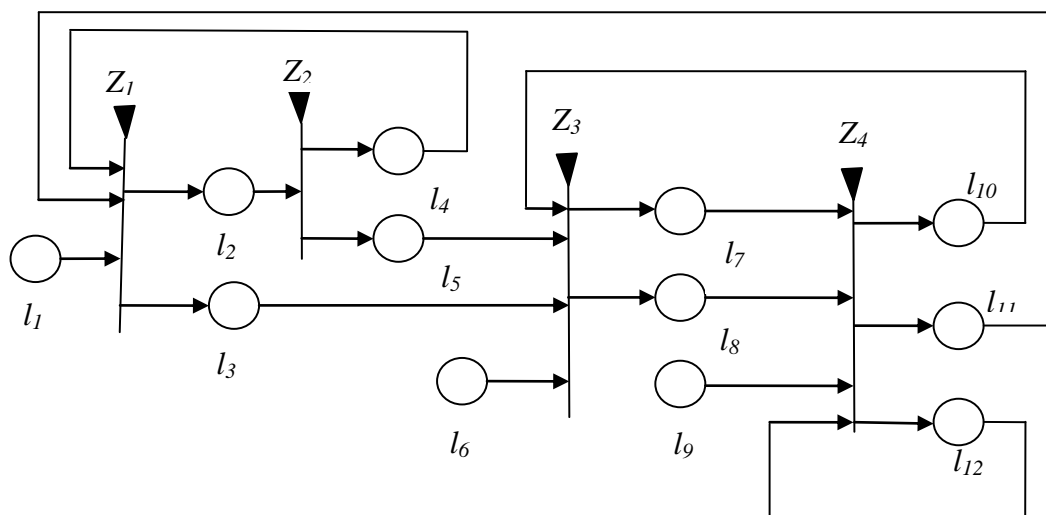
С помощта на този модел можем да работим с посочените по-горе атрибути и да проучим как това може да промени положението в зоната. Тези промени в реалния живот биха били почти невъзможни. Самата концепцията за моделиране няма впредвид представянето на реална ситуация тъй като това би било доста сложно. 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 1982 г. К. Т. Атанасов [К. Т. Атанасов, 1982] 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: $Z = \langle L, L', t_1, t_2, r, M, \rangle$

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 матрицата на индексите 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 логиката IF, 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 логиката IF, 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-Тогава (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 K.T., 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 $f_1^m, f_2^m, f_3^m \dots, f_{a_m}^m$,

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

$$\mu_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_u(f^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f^x, t)} ; \quad v_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_h(f^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f^x, t)} ; \quad \pi_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_i(f^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f^x, t)} ;$$

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

Нека да вземем за пример една мрежа 10×10 , която се състои от 100 *patch-a*, в които са поставени 8 агенти полицаи, 10 активни цивилни и 8 мирни цивилни [Ismaili S., Fidanova S, a1], [Ismaili S., Fidanova S, 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:

$$\mu_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_u(f^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f^x, t)} = \frac{\varphi_{u_{b0}} + \varphi_{u_{b1}} + \varphi_{u_{a3}} + \varphi_{u_{a4}} + \varphi_{u_{b6}} + \varphi_{u_{d7}} + \varphi_{u_{f8}} + \varphi_{u_{j5}}}{\varphi_{b0} + \varphi_{b1} + \varphi_{a3} + \varphi_{a4} + \varphi_{b6} + \varphi_{d7} + \varphi_{f8} + \varphi_{j5}} = \frac{2+3+2+3+1+0+1+2+2+0+1+5}{6+5+4+4+2+3+6+5+4+4+5+6} = \frac{22}{54} = 0.407$$

$$v_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_h(f^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f^x, t)} = \frac{\varphi_{h_{b0}} + \varphi_{h_{b1}} + \varphi_{h_{a3}} + \varphi_{h_{a4}} + \varphi_{h_{b6}} + \varphi_{h_{d7}} + \varphi_{h_{f8}} + \varphi_{h_{j5}}}{\varphi_{b0} + \varphi_{b1} + \varphi_{a3} + \varphi_{a4} + \varphi_{b6} + \varphi_{d7} + \varphi_{f8} + \varphi_{j5}} = \frac{2+3+1+1+6+3+3+1}{6+5+4+4+2+3+6+5+4+4+5+6} = \frac{20}{54} = 0.370$$

$$\pi_x(t) = \frac{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi_i(f^x, t)}{\sum_{i=1}^{a_x} \varphi(f^x, t)} = \frac{\varphi_{i_{b0}} + \varphi_{i_{b1}} + \varphi_{i_{a3}} + \varphi_{i_{a4}} + \varphi_{i_{b6}} + \varphi_{i_{d7}} + \varphi_{i_{f8}} + \varphi_{i_{j5}}}{\varphi_{b0} + \varphi_{b1} + \varphi_{a3} + \varphi_{a4} + \varphi_{b6} + \varphi_{d7} + \varphi_{f8} + \varphi_{j5}} = \frac{1+1+1+1+1+2+4+1}{6+5+4+4+2+3+6+5+4+4+5+6} = \frac{12}{54} = 0.222$$

По подобен начин сме открили 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 сасходни агентите, които комуникират. Въз основа на тези прилики те също така могат да завържат и приятелства помежду си. Следователно сме успели да направим размиването (фузификацията) на някои стойности и взаимоотношения, за да достигнем до създаването на приятелство между агенти, ако те са подобни и съответно близки.

Цитирана литература

[A. Shannon, et al 1996] A. Shannon, J. Sorsich, K. Atanassov, Generalized Nets in Medicine, "Prof. M. Drinov" Academic Publishing House, So_a, 1996.

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

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

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

[Axelrod, R., 1997b] Axelrod, R.: The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global Polarization, *The Journal of Conflict Resolution*, vol. 41, pp. 203—226 (1997)

[Axelrod, R., 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.

[B. Beaufils, et al. 1998] B. Beaufils, P. Mathieu, and J. P. Delahaye, "Complete classes of strategies for the classical iterated prisoner's dilemma," in *Proceedings of Evolutionary Programming VII*, LNCS 1447, Springer-Verlag, 1998, pp. 33–41.

[B. Salles, 2001] B. Salles, "Constructing progressive learning routes through qualitative simulation models in ecology," in *Proceedings of the International Workshop on Qualitative Reasoning, QR'01*, May 2001, pp. 82-89.

[B. Skyrms, 1992] B. Skyrms, "Chaos and the explanatory significance of equilibrium: Strange attractors in evolutionary game dynamics," in *Proceedings of the Biennial Meeting of Philosophical Science Association*, vol. 2, 1992, pp. 374-394.

[Bandini, S. et al, 2004] Bandini, S., Manzoni, S. and Vizzari, G., "Situated cellular agents: a model to simulate, crowding dynamics," *IEICE – Transactions on Information and Systems: Special Section on Cellular Automata*, vol. E87-D, no.3, pp. 669–676, 2004.

[Bickmore and Pfeifer, 2008] Bickmore T., Pfeifer L.: Relational Agents for Antipsychotic Medication Adherence. CHI'08 workshop on Technology in Mental Health Florence, Italy.

- [Bon, G.L.2002] Bon, G.L.: The Crowd: A Study of the Popular Mind, Dover Publications, 1895, transl. (2002).
- [C. Gershenson et al, 2012] C. Gershenson and N. Fernandez, "Complexity and information: measuring emergence, self-organization, and homeostasis at multiple scales," arXiv:1205.2026v2, 2012,.
- [C. R. Shalizi, 2006] C. R. Shalizi, "Methods and techniques of complex systems science: An overview", arXiv:nlin/0307015v4, 2006
- [C.-C. Chen, 2009] C.-C. Chen, "Complex Event Types for Agent-Based Simulation", phd, College of London University, 2009.
- [Chen H., et al 2016] Chen H., Rahwan I., Cebrian M., Bandit strategies in social search: the case of the DARPA red balloon challenge, EPJ Data Science, Vol. 5(1), 2016, p.20.
- [Cliff, D.et al, 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, P. et al 1998] Collier, P. and Hoeffler, A., "On the economic causes of civil war," Oxford Economic Papers, vol. 50, no.4, pp. 563-573, 1998.
- [Collier, P. et al, 2004] Berdal, M. and Malone, D. M. (eds.), Greed and Grievance: Economic Agendas in Civil Wars, Lynne Rienner Publishers, 2000.
- [Comminos, A., 2011] Comminos, A.: Twitter revolutions and cyber crackdowns. User-generated content and social networking in the Arab spring and beyond, Technical Report, Association of Progressive Communication (2011)
- [Core et al., 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), pp. 685-701. Nov 1, 2006.
- [D. B. Fogel, 1993], D. B. Fogel, "Evolving behaviors in the iterated prisoner's dilemma," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 1, no. 1, pp. 77-97, 1993.
- [D. B. Fogel, et al., 1995] D. B. Fogel, 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.
- [D. B. Fogel, et al., 1997] D. B. Fogel, G. B. Fogel, and P. C. Andrews, "On the instability of
- [D. Hales, 2004] D. Hales "Change Your Tags Fast! - A Necessary Condition for Cooperation?," in *Proceedings of the Joint Workshop on Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation*, July 2004, pp. 89-98.

[D. Helbing et al, 2011] D. Helbing and S. Balmelli, 2011] D. Helbing i S. Balmelli, “How to do agent-based simulations in the future: from modeling social mechanisms to emergent phenomena and interactive systems design”, 2011.

[D. Kraines, and V. Kraines, 1989] D. Kraines, and V. Kraines, “Pavlov and the prisoner's dilemma,” *Theory and Decision*, vol. 26, pp. 47-79, 1989.

[D. Peneva, et al 2006] D. Peneva, V. Tasseva, V. Kodogiannis, E. Sotirova, Generalized Nets as an Instrument for Description of the Process of Expert System Construction, In IEEE Intelligent Systems, 2006, 755 - 759.

[D.-F. Li, 2014] D.-F. Li, Decision and Game Theory in Management with Intuitionistic Fuzzy Sets, Studies in Fuzziness and Soft Computing 308, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

[Darwen and Yao (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, 1995.

[Davies, T. P., 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, n 1303, 2013.

[De S.K., et al 2001] De S.K., Biswas R., Roy A.R., An application of intuitionistic fuzzy sets in medical diagnostic, *Fuzzy sets and systems* 117(2), 2001, 209-213.

[Dejvi et al. (2011)] 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, n^o 1303, (2013).

[Epstein (2006)] Epstein, J. M. (2006). Agent-based computation models and generative social science. In J. M. Epstein, *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computation Modeling* (pp. 4-46). Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

[Epstein et al, 1996] J. M. Epstein i R. L. Axtell, *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*, MIT Press, 1996.

[Epstein, J. M. (2006)] Epstein, J. M. *Generative social science*. Princeton, NJ: Princeton University Press. *Papers*, vol. 56, no.4, pp. 563-595, 2004.

[Epstein, J. M., 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, pp. 7243—7250 (2002)

[F. Heylighen, 2008] F. Heylighen, “Complexity and self-organization,” u *ELIS*, Taylor & Francis, 2008.

[Faris, D., 2010] Faris, D.: *Revolutions Without Revolutionaries? Social Media Networks and Regime Response in Egypt*, Ph.D. Thesis, University of Pennsylvania (2010)

[Fidanova S., et al, 2011] Fidanova S., Atanassov K., Marinov P., Generalized Nets and Ant Colony Optimization, Bulg. Academy of Sciences Pub. Hous, 2011.

[Fogel D.B., 1993] Fogel D.B., 1993 "Evolving behaviors in the iterated prisoner's dilemma," IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 1993

[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, n^o 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.

[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 et al., 1999] Furnham A., Forde L., Kirsti F.: Personality and work motivation. In Personality and Individual Differences 26, pp. 1035-1043, 1999.

[G. Di Marzo Serugendo, 2006] G. Di Marzo Serugendo, M.-P. Gleizes, and A. Karageorgos, "Self-organisation and emergence in MAS: An overview," Informatica, vol. 30, 2006.

[G. Gigerenzer, R. Selten] G. Gigerenzer and R. Selten, *Bounded Rationality* Cambridge: The MIT Press, 2002

[G. Morvan] G. Morvan, "Multi-level agent-based modeling".

[Gilbert, N., & Troitzch, K., 2005] Gilbert, N., & Troitzch, K., 2005: Simulation for the social scientist. Open University Press.

[Goldstone, R. L. et al, 2005] Goldstone, R. L. and Janssen, M. A., "Computational models of collective behavior," Trends in Cognitive Sciences, vol. 9, no. 9, pp. 424-430, 2005.

[Grimm, V., et al, 2010] Grimm, V., U. Bergern, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J., Railsback, S. F.: The ODD protocol: A review and first update, Ecological Modelling, vol. 221, n^o 221, p. 2760-2768 (2010)

[Grossman, H., 1999.] Grossman, H., "Kleptocracy and revolutions," Oxford Economic Papers, vol. 51, no. 2, pp. 267-283, 1999.

[Gulden, T. R., 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.

[Gurr, T. R, 1970] Gurr, T. R, Why Men Rebel. New Jersey: Princeton University Press, 1970.

- [Gurr, T. R, 2000] Gurr, T. R., *People Versus States: Minorities at Risk in the New Century*. Washington,DC: United States Institute of Peace Press, 2000.
- [Hofbauer, J. et al, 1998] Hofbauer, J. and Sigmund, K., *Evolutionary games and population dynamics*.Cambridge University Press, 1998.
- [Hugues, J.et al, 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, A., 2004] Ilachinsky, A.: *Artificial War. Multiagent-Based Simulation of Combat*, World Scientific (2004)
- [J. Alexieva, et al 1991] J. Alexieva, E. Choy, E. Koycheva, Review and bibliography on generalized nets theory and applications, In *A Survey of Generalized Nets* (E. Choy, M. Krawczak, A. Shannon and E. Szmids, Eds.), Ra_es KvB Monograph No. 10, 2007, 207{301. 2. K. Atanassov, *Generalized Nets*, World Scienti_c. Singapore, London, 1991.
- [J. Golbeck, 2002] J. Golbeck, "Evolving strategies for the prisoner's dilemma," *Advances in*
- [J. H. Holland, 1996] J. H. Holland, *Hidden order: How adaptation builds complexity*, Harper Collins Canada, Perseus Books, 1996.
- [J. Miller, 2009] J. Miller, *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*, Princeton UP, 2009.
- [Jager, W., et al, 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, n^o 3 (2001)
- [Jim 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, pp. 198—205 (2005).
- [K. Atanassov,1986] Atanassov K., *Intuitionistic duzzy sets*, *Fuzzy Sets and Systems* 20, 1986, 87-96.
- [K. Atanassov, 2007] K. Atanassov, *On Generalized Nets Theory*, Prof. M. Drinov Academic Publ. House, So_a, 2007.
- [K. Dooley, 1996] K. Dooley, "A nominal definition of complex adaptive systems", *The chaos network*, vol. 8, nr. 1, 1996.
- [K.F.Man et al., 2010] K.F.Man, K.S and Tang, S.Kwong, "Genetic Algorithms: Concepts and Designs" 2010.

- [K.Youksel et al.] K.Youksel, B.Bozkurt, H.Ketabdar: A Software platform for Genetic Algorithms based Parameter Estimation on Digital Sound Synthesizers, SAC" , ACM, 2 .
- [Kim, D.S. and Park, G.S.,2008] Kim, D.S., and Park, G.S.: „Modeling network instruction detection system using feature selection and parameters optimization“ , Ieice Transactions on Information and Systems, E91D, (4), f. 1050-1057, 2008.
- [Kim, J. W., et al 2011] Kim, J. W., Hanneman, R. A.: A Computational Model of Worker Protest, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, vol. 14(3), 2011
- [Kimi Hanneman (2011)] Kim, J. W., Hanneman, R. A.: A Computational Model of Worker Protest, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, vol. 14, n° 3 (2011).
- [L. J. Lin, 1992] L. J. Lin, "Self-improving reactive agents based on reinforcement learning, planning and teaching," *Machine Learning*, vol. 8, issue 3-4, pp. 293-321, May 1992.
- [Lemos C. et al, 2014] Carlos Lemos, Helder Coelho, Rui J. Lopes “Agent-based modeling of social conflict, civil violence and revolution: state-of-the-art-review and further prospects”2014
- [Li D., et al 2016] Li D., Yuan L., Hu Y., Zhang, X., Large-scale crowd motion simulation based on potential energy _eld, J. of Huazhong University of Science and Technology, Vol. 44(6), 2016, pp. 117-122.
- [Li, X. and Magill, W.] Li, X. and Magill, W., “Modeling fire spread under environmental influence using a cellular automaton approach,” *Complexity International*, accepted.
- [Licklider, R.,1995] Licklider, R., “The consequences of negotiated settlements in civil wars, 1945-1993,”*American Political Science Review*, vol. 89, no.3, pp. 681-690, 1995.
- [Lubas R., et al, 2016] Lubas R., Was J., Porzycki J., Cellular Automata as the basis of effective and realistic agent-based models of crowd behavior, *Journal of Supercomputing*, Vol. 72(6), 2016, pp. 2170-2196.
- [M. A. K. Niazi, 2011a] M. A. K. Niazi, “Towards a novel unified framework for developing formal, network and validated agent-based simulation models of complex adaptive systems,” 2011.
- [M. A. Maloof, and R. S. Michalski, 2002] M. A. Maloof, and R. S. Michalski, “Incremental learning with partial instance memory,” in *Proceedings of the 13th International Symposium on Foundations of Intelligent Systems*, 2002, pp. 16-27.
- [M. A. Niazi et al, 2011] M. A. Niazi i A. Hussain, “Sensing Emergence in Complex Systems,” *IEEE Sensors*, vol. 11, nr. 10, page 2479-2480, 2011.
- [M. E. J. Newman, 2011] M. E. J. Newman, “Complex systems: A survey”, *Am. J. Phys.*, vol. 79, page. 800-810, 2011

- [M. Gell-Mann, 1995] M. Gell-Mann, "What is complexity?," Complexity, vol. 1, br. 1, 1995.
- [M. Krawczak, 2006] M. Krawczak, A Novel Modeling Methodology: Generalized Nets, Arti_cial Intelligence and Soft Computing, LNCS 4029, Springer,2006, 1160 - 1168.
- [M. Luck et al., 2005] M. Luck et al., "Agent Technology: Computing as Interaction. A Roadmap for Agent Based Computing," AgentLink III, 2005
- [M. Mitchell, 2009] M. Mitchell, "Complexity: A Guided Tour," Oxford UP, 2009.
- [M. Mitchell, 2008] M. Mitchell, "Five questions" u Complexity: 5 Questions, Automatic Press, 2008
- [M. Prokopenko,et al,2009] M. Prokopenko, F. Boschetti i A. J. Ryan, "An information-theoretic primer on complexity, self-organisation and emergence", Complexity, vol. 15, nr. 1, page.11-28, 2009.
- [Makowsky, M. D., et al 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.
- [Maloof, M. A., et al, 2002] Maloof, M. A. and Michalski, R. S., "Incremental learning with partial instancememory," in Proceedings of the 13th International Symposium on Foundations of Intelligent Systems, 2002, pp. 16-27.
- [Marinov, E., et al 2016] Marinov, E., Atanassov, K., Vassilev, P., Su, J., Directed intuitionistic fuzzy neighbourhoods, 2016, 2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems, IS 2016 - Proceedings, 544-549.
- [Marinov, E., et al 2016] Marinov, E., Vassilev, P., Atanassov, K., On separability of intuitionistic fuzzy sets, 2016, Advances in Intelligent Systems and Computing, 401.
- [Marinov, E., et al 2016] Tsvetkov, R., Vassilev, P., Intuitionistic fuzzy inclusion indicator of intuitionistic fuzzy sets, 2016, Studies in Fuzziness and Soft Computing, 332, 41-53.
- [Martínez-Miranda et al., 2008] Martínez-Miranda, J., Jung, B., Payr, S., Petta, P.: The Intermediary Agent's Brain: Supporting Learning to Collaborate at the Inter-Personal Level. In Proceedings of the 7th Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems AAMAS'08, Volume 3, pp 1277 – 1280 IFAAMAS 2008.
- [McLellan,1971] McLellan, D., The Thought of Karl Marx: An Introduction. New York: Harper & Row,1971.
- [Myerson, R. B., 1997] Myerson, R. B., Game Theory: Analysis of Conflict. Harvard University Press, 1997.
- [N. Boccara, 2010] N. Boccara, Modeling Complex Systems, Springer, 2010.

[N. Meuleau, and C. Lattaud, 1996] N. Meuleau, and C. Lattaud, "The artificial evolution of cooperation," in *Lecture Notes in Computer Science*, J.-M. Alliot, E. Lutton, E. Ronald, M. Schoenauer, and D.Snyers, Eds. New York: Springer-Verlag, 1996, vol. 1063, in *Proceedings of the European Conference of Artificial Evolution*, pp. 159-180.

[N.R. Jennings, 2000] N.R. Jennings, "On Agent-Based Software Engineering," *Artificial Intelligence*, vol. 177, br. 2, 2000, page. 277-296.

[Nishizaki, I, et al 2004] Nishizaki, I., Sakawa, M. and Katagiri, H., "Influence of environmental changes on cooperative behavior in the Prisoner's Dilemma game on an artificial social model," *Applied Artificial Intelligence*, vol. 18, no.7, pp. 651-671, 2004.

[P. Darwen, and X. Yao, 1995] P. Darwen, and X. Yao "On evolving robust strategies for the iterated prisoner's dilemma," in *Progress in Evolutionary Computation*, ser. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1995, vol. 956, pp. 276-292.

[P. Darwen, and X. Yao, 1997] P. Darwen, and X. Yao, "Speciation as automatic categorical modularization," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 1, no. 2, 1997.

[P. Hingston, and G. Kendall, 2004] "Learning versus evolution in iterated prisoner's dilemma," in *Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation 2004 (CEC'04)*, Portland, Oregon, vol. 1, June 2004, pp. 364-372.

[P. Moscato, 1989] P. Moscato, "On evolution, search, optimization, genetic algorithms and martial arts: Towards memetic algorithms," California Institute of Technology, Pasadena, California, USA, Tech. Rep. Caltech Concurrent Computation Program, Report. 826, 1989.

[Parikh, S. et al, 2000] Parikh, S. and Cameron, C., "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.

[Parrott, et al, 2000] Parrott, L. and Kok, R., "Use of an object-based model to represent complex features of ecosystems," presented at the Third International Conference on Complex Systems (ICCS), Nashua, New Hampshire, 2000.

[Patrick, L. L., 1995] Patrick, L. L., "Complexity: The science of change", in *In Context: A Journal of Hope Sustainability and Change*, vol. 40, Creating a Future We Can Live With, Gilman, R.C., WA: Context Institute, 1995, pp. 51.

[R. Dodder et al, 2000] R. Dodder i R. Dare, "Complex adaptive systems and complexity theory: Inter-related knowledge domains," u Research seminar in engineering systems, MIT, Boston, 2000.

[R. Hightower, et al. 1996] R. Hightower, S. Forrest, and A. Perelson, "The Baldwin effect in the immune system: learning by somatic hypermutation," in Belew, R.K. and

[R. Holzer et al, 2011] R. Holzer i H. De Meer, "Modeling and application of self-organizing systems - tutorial paper," SASO, 2011.

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

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

[Reynolds, C. W., 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.

[Rheingold, H., 2002] Rheingold, H.: Smart Mobs: The Next Social Revolution, Basic Books (2002).

[Ribagin, S., et al 2016] Ribagin, S., Roeva, O., Pencheva, T., Generalized Net model of asymptomatic osteoporosis diagnosing, 2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems, IS 2016 Proceedings, 7 November 2016, Pages 604-608.

[Richardson, G. P., 1991] Richardson, G. P., Feedback Thought in Social Science and Systems Theory. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania Press, 1991.

[Rubin & Mackowsky (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).

[S. Chan, 2001] S. Chan, "Complex Adaptive Systems" Research Seminar in Engineering Systems, MIT, Boston, 2001.

[S. Coakley, 2012] S. Coakley, M. Gheorghe, M. Holcombe, S. Chin, D. Worth i C. Greenough, "Exploitation of high performance computing in the FLAME agent-based simulation framework," HPCCC, 2012.

[S. Lloyd, 2001] S. Lloyd, "Measures of complexity: a nonexhaustive list", IEEE Control Syst. Mag., vol. 21, page. 7-8, 2001

[S. Y. Chong, and X. Yao, 2004] S. Y. Chong, and X. Yao "The Impact of Noise on Iterated Prisoner's Dilemma with Multiple Levels of Cooperation," in *Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation 2004 (CEC'04)*, Portland, Oregon, vol. 1, June 2004, pp. 348-355.

[S. Y. Chong, and X. Yao, 2005] S. Y. Chong, and X. Yao "Behavioral Diversity, Choices and Noise in the Iterated Prisoner's Dilemma," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 9, no. 6, pp. 540-551, 2005.

[Salamon T., 2011] Salamon T., Design of Agent-Based Models: Developing Computer Simulations for a Better Understanding of Social Processes, ISBN 978-80-904661-1-1, Bruckner Publishing, 2011.

[Sambanis, N.,2001] Sambanis, N., “Do ethnic and non-ethnic civil wars have the same causes? A theoretical and empirical inquiry (Part 1),” *Journal of Conflict Resolution*, vol. 45, no.3, pp. 259-

[Sawyer, R. K., 2003] Sawyer, R. K., “Artificial societies: Multiagent systems and micro-macro link insociological theory,” *Sociological Methods & Research*, vol. 31, no.3, 2003.

[Schelhorn, T. et al,1999] Schelhorn, T., O'Sullivan and Haklay, D., M, “STREETS: an agent-based pedestrianmodel,” *University College London, Centre for Advanced Spatial Analysis, WorkingPaper no.9*, 1999.

[Schelling, T. C., 1971] Schelling, T. C.: *Dynamic Models of Segregation*, *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 1, pp. 143—186 (1971).

[Schelling, T. C., 1978] Schelling, T. C., *Micromotives and Macrobehavior*, pp. 137-57, Norton, New York,1978.

[Shen and Zhou, 2006] Shen Z., Zhou S.: *Behavior Representation and Simulation for Military Operations on Urbanized Terrain. SIMULATION*. Vol. 82(9), Sep 1, 2006.

[Situngkir, H., 2004] Situngkir, H., “Epidemiology through cellular automata. Case of study: Avian influenzain Indonesia,” *Bandung Fe Institute, Indonesia, Department of ComputationalSociology, Working Paper*, 2004.

[Situngkir, H., 2004] Situngkir, H., “On massive conflict: Macro-micro link,” *Journal of Social Complexity*,vol. 1, no.4, pp. 1-12, 2004.

[Situngkir, H., et al, 2004] Collier, P. and Hoeffler, A., “Greed and grievance in civil war,” *Oxford EconomicPapers*, vol. 56, no.4, pp. 563-595, 2004.

[Situngkir, H.et al 2004] Situngkir, H. and Surya, Yohanes., “Agent-based Model Construction in FinancialEconomic System,” *Complexity Digest*, vol. 13, no.2, 2004.

[Sotirov S., et al 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, 401-414

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

[Sotirova E., et al 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, 389-399

[Stefanova-Pavlova, M. et al, 2017] Stefanova-Pavlova, M., Andonov, V., Stoyanov, T., Angelova, M., Cook, G., Klein, B., Vassilev, P., Stefanova, E., Modeling telehealth services with generalized nets, *Studies in Computational Intelligence*, 657, 2017, 279-290.

[Szmidt E., et al 2001] Szmidt E., Kacprzyk J., Intuitionistic fuzzy sets in some medical applications, *Note on IFS* 7(4), 2001, 58-64.

[Szmidt E., et al 2001] Szmidt E., Kacprzyk J., Medical diagnostic reasoning using a similarity measure for intuitionistic fuzzy sets, *Note on IFS* 10(4), 2004, 61-69.

[T. De Wolf et al,2005] T. De Wolf i T. Holvoet, "Emergence versus self-organization: Different concepts but promising when combined" u *Engineering self-organizing systems*, LNCS, vol. 3464, page 77-91, 2005.

[T. Deacon , 1997] T. Deacon, *The Symbolic Species: the Coevolution of language and human*

[T. Sasaki, and M. Tokoro, 1997] T. Sasaki, and M. Tokoro, "Adaptation towards changing environments: Why Darwinian in nature?" in Husbands, P., & Harvey, I. (Eds.), *Proceedings of the Fourth European Conference on Artificial Life (ECAL'97), Brighton, UK, 28-31 July, 1997*, pp. 145-153 Cambridge, MA. MIT Press / Bradford Books, Cambridge, MA.

[Tan, K. C. et al, 2001] Tan, K. C., Lee, T. H. and Khor, E. F., "Evolutionary algorithm with dynamic population size and local exploration for multiobjective optimization," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 5, no.6, pp. 565-588, 2001.

[Traum et al, 2005] David Traum, William Swartout, Stacy Marsella, and Jonathan Gratch. 2005. Fight, flight, or negotiate: Believable strategies for conversing under crisis. In 5th International Conference on Interactive Virtual Agents. Kos, Greece.

[Traum et al, 2007] David Traum, Antonio Roque, Anton Leuski, Panayiotis Georgiou, Jillian Gerten, Bilyana Martinovski, Shrikanth Narayanan, Susan Robinson, and Ashish Vaswani. 2007. Hassan: A virtual human for tactical questioning. In *Proceedings of the 8th SIGdial Workshop on Discourse and Dialogue*

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

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

[W. G. Flake,1998] W. G. Flake, *The computational beauty of nature: Computer explorations of fractals, chaos, complex systems, and adaptation*, MIT Press, 1998.

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

- [Wang W., 2013] Wang W., Liu X., Some Operations over Atanassov's Intuitionistic Fuzzy Sets Based on Einstein T-norm and T-conorm, *J. of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, Vol 21(2), 2013, 263-276.
- [Weibull, J., 1992] Weibull, J., *Evolutionary game theory*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- [Wiegand, R. P. et al, 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, R. P. et al, 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.
- [Wright A.H., 2011] A.H. Wright, "Genetic algorithms for real parameter optimization, in *Foundations of Genetic Algorithms*, J.E. Rawlins (Ed.), Morgan Kaufmann, f. 205-218, 2011.
- [Xia, H., et al, 2011] Xia, H., Wang, H., Xuan, Z.: *Opinion Dynamics: A Multidisciplinary Review and Perspective on Future Research*, *International Journal of Knowledge and Systems Science*, vol. 2, n^o 4, pp. 72—91 (2011)
- [Y. Bar-Yam, 2003] Y. Bar-Yam, *Dynamics of Complex Systems*, Westview, 2003.
- [Y. S. Ong, and A. J. Keane, 2004] "Meta-Lamarckian learning in memetic algorithms," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 8, no.2, pp. 99-110, 2004.
- [Yiu, S. Y., et al, 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.
- [Zadeh L.A., 1965] Zadeh L.A., *Fuzzy sets*, *Information and Control* 8, 1965, 338-353.

Abstracts of Dissertations

Number 1, 2018

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 1, 2018

Автореферати на дисертации